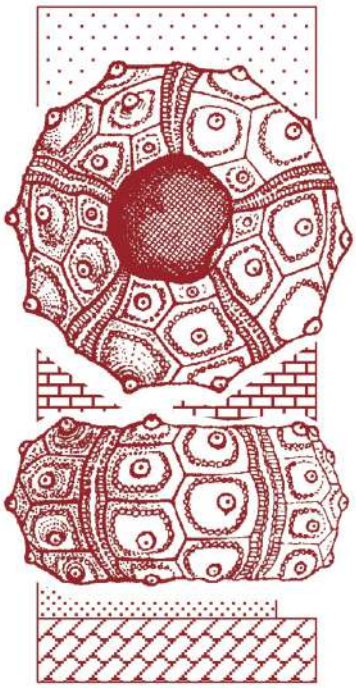
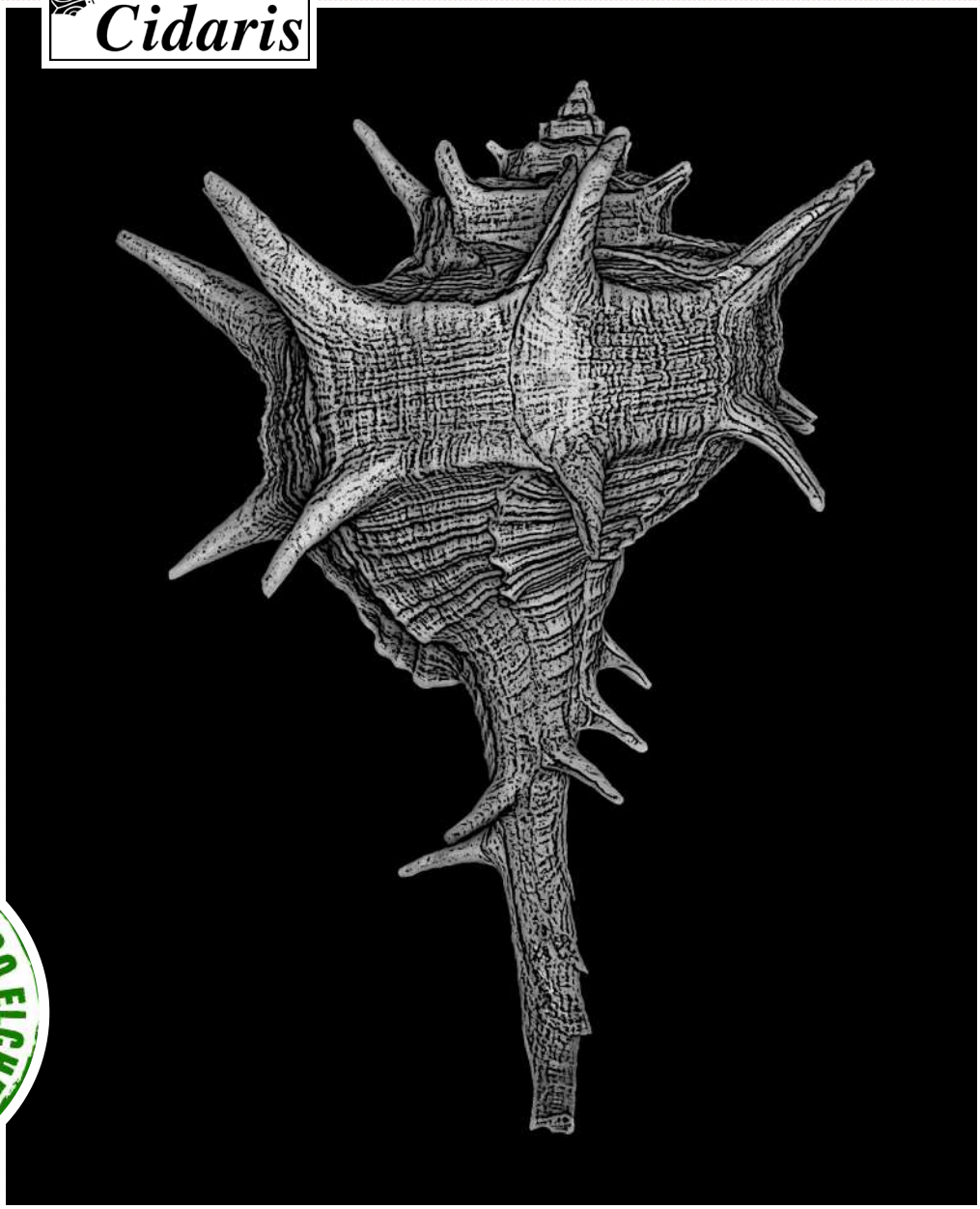


Cidaris

Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía

Núm. 32
2014

Fundación Cidaris



MUSEO PALEONTOLÓGICO DE ELCHE
MUPE
10 años

MUSEO PALEONTOLÓGICO DE ELCHE

SUMARIO

	Página
Editorial	*3*
Introducción al patrimonio geológico y paleontológico del paraje natural municipal del Clot de Galvany (Elche, Alicante). *Esteban José Sánchez Ferris, Ignacio Fierro Bandera, Ainara Aberasturi Rodríguez, José Navarro Pedreño y José Manuel Marín Ferrer.*	*5*
Aproximación al conocimiento de los paleosuelos de la provincia de Alicante. *José Navarro Pedreño y Jorge Mataix Beneyto.*	*21*
Ver (virtualmente), pero no tocar: los holotipos fantasma de la paleontología. *Enrique Peñalver.*	*33*
Contribución de la paleontología alicantina al conocimiento de los equinoideos fósiles (echinoidea). Una perspectiva histórica. *Carlos Sillero García y Juan López Jiménez.*	*43*
La colección Malacológica "Francisco Román" en el Museo Paleontológico de Elche (MUPE). *Francisco Vives Boix*	*57*
Una década del Museo Paleontológico de Elche. *Ainara Aberasturi Rodríguez, Ignacio Fierro Bandera y José Manuel Marín Ferrer*	*71*
Notas Breves	*81*
Noticias	*83*

DIRECCIÓN

José Manuel Marín Ferrer

•

SECRETARIO

Enrique López Lozano

•

EDICIÓN Y DISEÑO

Francisco Vives Boix

•

COLABORADORES

Esteban José Sánchez Ferris,
Ignacio Fierro Bandera,
Ainara Aberasturi Rodríguez,
José Navarro Pedreño,
José Manuel Marín Ferrer,
Jorge Mataix Beneyto,
Enrique Peñalver Mollá
Carlos Sillero García
Juan López Jiménez
Francisco Vives Boix

•

MAQUETACIÓN

Eva Albaladejo Martínez

•

Dep. Legal: A-738-1993

I. S. S. N.: 1134-5179

© Fundación Cidaris

•

CORRESPONDENCIA

Fundación Cidaris

Museo Paleontológico de Elche

Plaza San Juan

Apdo. de Correos 450

03203 Elche (Alicante) España

www.cidarismpe.org

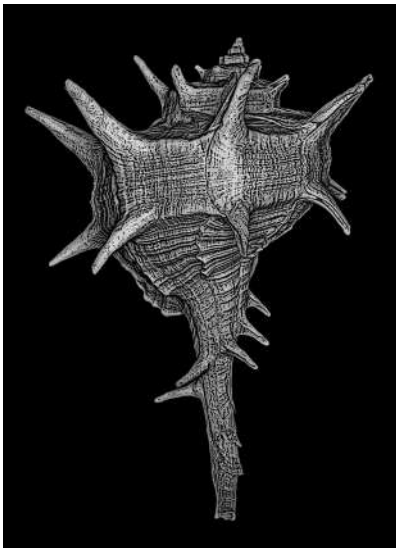
E-mail: info@cidarismpe.org

Cidaris

Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía

Núm. 32
2014

Portada:
"Vista dorsal de la concha del gasterópodo Bolinus brandaris*, imagen tratada digitalmente a partir de una fotografía, por Francisco Vives."*



Los artículos serán remitidos en un documento estándar (plantilla de referencia) disponible para su descarga en www.cidarismpe.org o solicitándolo en el siguiente correo electrónico: info@cidarismpe.org. Los artículos estarán redactados en castellano y la extensión máxima del trabajo no podrá sobrepasar las 15 hojas, incluyendo en el cómputo figuras, tablas y referencias bibliográficas.

Cada artículo será revisado, por dos revisores, y serán devueltos a los autores para su corrección.
Preparación del artículo:

a) Título. Breve e informativo. En mayúscula (Times New Roman, tamaño 14, negrita, texto centrado, espaciado 12 puntos anterior y 12 puntos posterior, interlineado sencillo).
Title (Times New Roman, tamaño 12, cursiva, texto centrado, espaciado 12 puntos anterior y 12 puntos posterior, interlineado sencillo)

b) Autores: Nombre y apellidos. En Times New Roman, negrita, 12, texto centrado, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 6 puntos anterior y 12 posterior).
Afiliación: (Times New Roman, tamaño 9, cursiva, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 0 puntos anterior y 0 posterior).

c) Resumen y abstract: Los artículos incluirán un resumen y un "abstract" en inglés, y deberán dar una idea clara del contenido y conclusiones del trabajo (máximo 200 palabras).

d) Palabras claves *y key words.* Máximo 5 palabras clave.

e) Introducción. En esta se incluirán los antecedentes, estudios relacionados y otras consideraciones que estime adecuadas, finalizando con el objetivo u objetivos del trabajo presentado.

f) Principal aportación del artículo. La parte central del trabajo tendrá la estructura clásica de metodología, resultados y discusión, pero puede adaptarse en función del contenido del artículo.

g) Conclusiones. Se incluirán las principales conclusiones del trabajo o consideraciones si las hubiere.

h) Figuras y fotografías. La calidad mínima necesaria es de un mega. En todas las figuras que se considere conveniente deberá ir una escala gráfica. El pie de figura irá en Times New Roman, tamaño 11, cursiva y centrado.

i) Tablas. Pie de tabla en Times New Roman, tamaño 11, cursiva y centrado.

j) Referencias. Las referencias han de aparecer ordenadas por orden alfabético. A continuación mostramos algunos ejemplos:

Libro

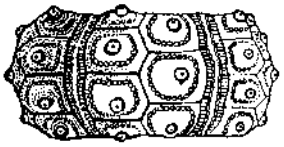
Apellido, I., Apellido, I. y Apellido, I. (1995). *Título del Libro*. Ciudad: Editorial.

Capítulo en libro o actas
Autores/as (año). Título del Capítulo. En I. Apellido, I. Apellido y I. Apellido (Eds*.), Título del Libro* (págs. 125-157). Ciudad: Editorial.

Artículos
Autores/as (año). Título del Artículo. *Nombre de la Revista*, 8(3), 215-232. Tesis o disertaciones no publicadas

Artículos electrónicos o sitios web:

El **World Wide Web** nos provee una variedad de recursos que incluyen artículos de libros, revistas, periódicos, documentos de agencias privadas y gubernamentales, etc. Estas referencias deben proveer al menos, el título del recurso, fecha de publicación o fecha de acceso, y la dirección (URL) del recurso en el Web.
Formato básico Autor/a de la página. (Fecha de publicación o revisión de la página, si está disponible). Título de la página o lugar. Recuperado (Fecha de acceso), de (URL-dirección).



Cidaris

Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía

EDITORIAL

Tempus fugit, sed facta manent

Tempus fugit, dijo Virgilio en el libro III de su *Georgica*, la expresión puede traducirse como "el tiempo se escapa, o el tiempo vuela", y el sentido que le da el autor es invitarnos a no perderlo. En efecto, el tiempo siempre avanza y no podemos retroceder para hacer lo que no hicimos o terminar lo inacabado.

Sabemos que la sensación del paso del tiempo es distinta entre los humanos, y solemos decir que "ha pasado rápido" si nos hemos divertido, o que "no pasa el tiempo" si nuestra labor es tediosa. El concepto de Tiempo geológico nos abruma por su magnitud, y trabajamos con cientos o miles de millones de años a pesar de que nuestra existencia no llega a cien años.

Cuando miramos al pasado, en ocasiones nos sorprende lo rápido que "ha transcurrido el tiempo" e inmediatamente pensamos que eso debe significar que nos lo hemos pasado bien. Esa sensación nos sobrevuela al darnos cuenta de que hace ya diez años que el Museo Paleontológico de Elche está en funcionamiento.

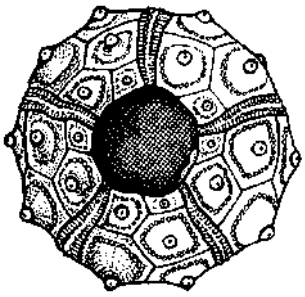
Durante este tiempo además de conservar la parte expositiva del MUPE, se han realizado varias campañas de excavación tanto a nivel nacional (Crevillent) como internacional (Níger) y seguimientos de obras como la de la autovía MU-31 a su paso por el Puerto de la Cadena en Murcia, se han desarrollado proyectos de gestión del patrimonio paleontológico como Fopali y didácticos como didacPAL, se han realizado semanas científicas con la participación de los mejores especialistas en su campo –que han terminado siendo nuestros amigos–, se ha trabajado en proyectos Emorga en los que han participado paleontólogos en formación, el Grupo Cultural Paleontológico de Elche ha dado lugar a la Fundación Cidaris, se ha acudido a congresos de paleontología, acogemos colecciones de mineralogía y de malacología ampliando el ámbito de la paleontología e imaginamos un futuro museo de ciencias naturales, y además, continuamos editando la Revista Cidaris.

Realmente el tiempo ha transcurrido muy rápido.

Me gustaría acabar estas líneas añadiendo una segunda parte a la locución de Virgilio. *Sed facta manent*, "pero los hechos permanecen". Sí, el tiempo pasa volando y en nuestras manos está el que nuestro trabajo constante quede cristalizado en hechos, que puedan ser admirados, estudiados y mejorados por las generaciones venideras.

Muchas gracias a todos los que durante estos diez años habéis participado en ello.

Francisco Vives Boix



INTRODUCCIÓN AL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO DEL PARAJE NATURAL MUNICIPAL DEL CLOT DE GALVANY (ELCHE, ALICANTE)

Introduction to the geological and paleontological heritage of the Municipal Natural Landscape Clot de Galvany (Elche, Alicante)

Esteban José Sánchez Ferris[1]; Ignacio Fierro Bandera[2,3]; Ainara Aberasturi Rodríguez[1,2]; José Navarro Pedreño[4] y José Manuel Marín Ferrer[1]

[1]*Museo Paleontológico de Elche, Plaza de San Juan, 3 - 03203 Elche - appalser@yahoo.es; info@cidarismpe.org*
[2]*GeaLand Patrimonio, S.L. C/. Tibi, 3 - 3º E1 - 03011 Alicante - fierro@gealandpatrimonio.com - aberasturi@gealandpatrimonio.com*
[3]*Universidad de Alicante, Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Carretera San Vicente del Raspeig, s/n., Edificio de Ciencias - 03690 San Vicente del Raspeig - nacho.fierro@ua.es*
[4]*Universidad Miguel Hernández de Elche; Área de Edafología y Química Agrícola, Avd. Universidad, s/n., Edificio Alcudia - 03202 Elche; jonavar@umh.es*

RESUMEN

El Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany es un pequeño espacio protegido en el término municipal de Elche que posee una alta biodiversidad y un gran valor como humedal. Se encuentra rodeado de zonas urbanizadas y de un conjunto de playas en su parte oriental. Se ha realizado un trabajo de documentación y valoración del patrimonio geológico y paleontológico de dicho paraje, destacando la presencia de nueve puntos o zonas de interés. Algunos de los mismos presentan una elevada importancia científica, mientras que en otros destacan sus valores socio-culturales. La figura de "Paraje Natural" ofrece un marco legal de protección pero no garantiza la conservación de los sitios si no es tenida en cuenta en la gestión del espacio.

Palabras clave: *Clot de Galvany, conservación, patrimonio, paraje natural.*

ABSTRACT

The Municipal Natural Landscape Clot de Galvany is a small-protected space in the town of Elche with a high biodiversity and a great value as a wetland. It is surrounded by residential areas and beaches in the east. An intensive work of documentation and assessment of geological and paleontological heritage has been carried out, highlighting the presence of nine points/areas of interest. Some of them have high scientific importance, while others emphasize its socio-cultural value. The legal term of "Natural Landscape" provides a framework for protection but does not guarantee the conservation of the sites if it is not considered in the management of this space.

Keywords: *Clot de Galvany, conservation, heritage, natural lanscape.*

INTRODUCCIÓN

Al sur de la Comunidad Valenciana, en el marco de la actual Depresión de Elx, se localiza una amplia zona deprimida de orientación SW-NE con numerosas zonas lacustres entre las que destacan el Fondó d'Elx-Crevillent y las Salinas de Santa Pola, inscritos en la lista Ramsar como humedales de importancia internacional. Situado en sus proximidades, el Clot de Galvany constituye una pequeña cuenca endorreica sujeta a periódicas inundaciones que originan una zona húmeda de extensión variable.

Por su parte, entre las elevaciones de la Sierra de los Colmenares al norte y la Sierra de Santa Pola o del Cap de l'Aljub al sur, existe una serie de depresiones parcialmente ocupadas por otras zonas inundables como el Fondet o Salar de la Senieta, las Salines d'Aigua Amarga y la depresión Balsares-Clot de Galvany. Esta última se sitúa inmediatamente al norte de la Sierra de Santa Pola e incluye dos zonas de encharcamiento semipermanente: 'El Bassaret' (o 'La Charca'), localizado inmediatamente al oeste de la carretera N-332 entre Alicante y Santa Pola, y el 'Clot de Galvany' *sensu stricto*, inmediatamente al este de

una pequeña colina de cota 42 m (Cabeçó) y al este de la citada carretera (Gozálvez *et al.*, 1984) (fig. 1).

fondo del Clot (3,5 m s.n.m.) y la de este corredor (9 m s.n.m.), tanto el pequeño tamaño de la cuenca como la exigua cantidad de aportes

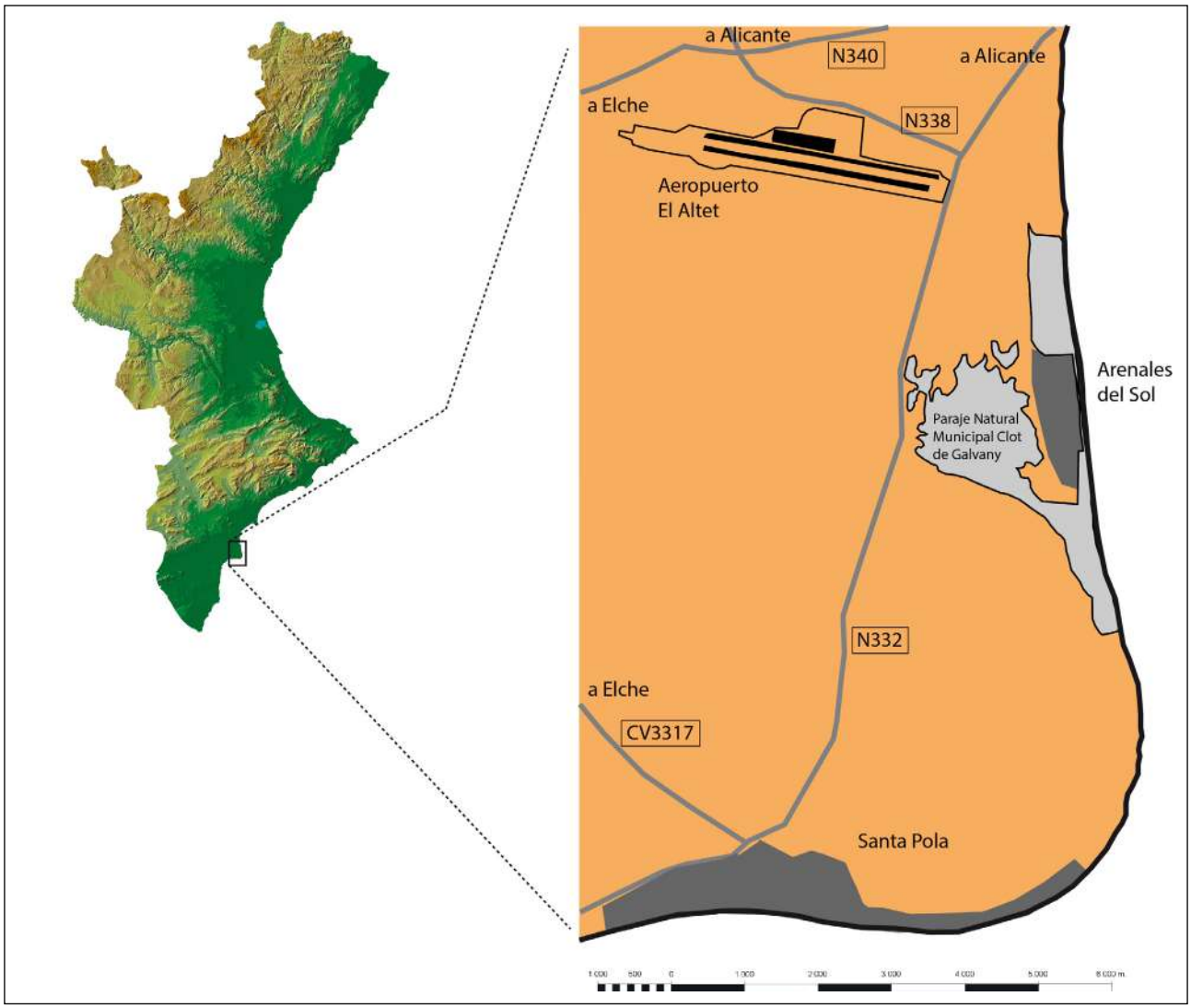


FIGURA 1. *Localización del Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany. Los límites del espacio se encuentran en color gris claro.*

Salvo en su porción occidental, los límites de la cuenca quedan bien definidos. Al sur se halla la Sierra de Santa Pola, cuya vertiente norte dirige el agua de escorrentía hacia la depresión por una serie de barrancos excavados en el piedemonte. Al norte y noreste se localizan los domos pliocuaternarios del Carabassí, si bien una parte de las aguas de escorrentía se dirige en este caso a la vecina depresión del Fondet de la Senieta.

Por el lado oriental, entre la Sierra de Santa Pola y los Domos del Carabassí, un estrecho corredor de unos 200 m de anchura y 1.300 m de longitud, constituido por el relleno de los aportes cuaternarios de los relieves circundantes, separa el Clot de Galvany de la línea de costa. A pesar de la poca diferencia entre la altura del

hídricos impiden su drenaje al mar (Gozálvez *et al*. 1984; Box Amorós, 1987).

La reducida importancia de la cubierta vegetal, los desniveles existentes y la fuerte intensidad de las precipitaciones –concentradas, aunque de escaso valor anual con 300 mm (Gozálvez *et al.* 1984; Abela, 2002)– generan una rápida escorrentía obstaculizando así la infiltración. Esta situación, determina el encharcamiento de la zona de Balsares-Clot de Galvany, lo que puede mantenerse durante largas temporadas debido a las características de impermeabilidad que presenta el suelo (Gozálvez *et al.*, 1984).

A lo largo del tiempo han existido diferentes proyectos para hacer desaparecer la zona encharcada. Se ha conservado documentación desde el siglo XIX que demuestra los distintos

intentos de drenaje y desecación del Clot que han tenido lugar, normalmente a consecuencia de las condiciones insalubres producidas por lluvias torrenciales que originan la inundación del paraje. Todos estos intentos (1835, 1866, 1884, 1919) se saldaron con un fracaso (Gozálvez *et al.*, 1984; Box Amorós, 1987).

Por el lado occidental, la delimitación es más imprecisa al no existir relieves marcados, si bien al paraje de Balsares llega un cierto volumen de agua de escorrentía del sector occidental de la Serra de los Colmenares. Sin embargo, en este sector son de mayor trascendencia los aportes del nivel freático. En este sentido, el Clot es el tramo final de la depresión alargada de Balsares, cuya conexión con el Fondó d'Elx-Crevillent no parece del todo clara.

En épocas más recientes de la historia del Clot de Galvany, han sido motivos urbanísticos los que han hecho que este paraje se halla visto especialmente amenazado. Durante los años 1978/79 la empresa Mercantil Gran Alacant pretendía llevar a cabo un proyecto de transformación y urbanización de la zona que incluía la construcción de un complejo turístico residencial con un gran lago artificial, conectando el Clot con el mar a través de un pasillo entre la Sierra del Cabo y las dunas del Carabassí. Afortunadamente, este proyecto no se llevó a cabo gracias a la presión ciudadana, y el Ayuntamiento de Elche trató de buscar una solución favorable para este ecosistema singular protegiéndolo e incluso redactando un documento de ordenación y gestión. No obstante, el inicio de estas obras supuso un importante y extenso movimiento de tierras que alteró sustancialmente la topografía del territorio, y por tanto también la circulación hídrica del paraje, de manera que, paradójicamente, se ganó superficie de agua inundable (ya que se paralizaron las obras en la fase de extracción de tierras de las zonas bajas para la realización del lago y relleno de las zonas altas para las urbanizaciones). Un informe a este respecto elaborado por Gozálvez *et al.* (1984) ya advertía de las nefastas consecuencias que acarrearía la construcción de una entrada del mar al Clot, al intensificar la salinización del nivel freático, recomendando por el contrario que este se refuerce artificialmente con agua dulce, facilitando así la atracción de numerosas aves acuáticas desde la cercana zona húmeda del Fondo d'Elx-Crevillent y la posible utilización didáctica del espacio.

Desde el año 2002, el Clot de Galvany se encuentra incluido en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana, aprobado mediante Acuerdo de 10 de septiembre de 2002 por el Consell de la Generalitat. Así mismo, el Clot de Galvany se encuentra incluido en el LIC (Lugares de Interés Comunitario) de la Isla de Tabarca de la Red Natura 2000. En el 2005 fue declarado el Paraje Natural Municipal Clot de Galvany por Acuerdo del Consell de la Generalitat de fecha 21 de enero de 2005, con una superficie de 366,31 ha, reconociendo la importancia de los diversos ecosistemas asociados a dicho espacio, así como la fauna y la flora pertenecientes a los mismos (Ajuntament d´Elx, 2005).

Como en la mayoría de los espacios naturales que gozan de alguna figura de protección legal, existe en el Paraje del Clot de Galvany una importante aportación intrínseca relacionada con la geología del entorno. Esta, sin duda, ha contribuido en la configuración del espacio, no solo desde su indudable relación con el paisaje sino también desde su faceta hidrológica y geomorfológica. A pesar de esto, suelen ser los criterios bióticos los que han prevalecido en la declaración y sobre todo en la gestión de dicho espacio.

Desde el año 2007, la Fundación Cidaris, con el apoyo técnico del Museo Paleontológico de Elche (MUPE), se encuentra inmersa en el desarrollo de un ambicioso plan para el inventario, la valoración y la gestión del patrimonio paleontológico de la provincia de Alicante: el Proyecto FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante). La escala de trabajo ha variado desde términos municipales completos a pequeñas porciones del territorio delimitadas en función de diversos criterios, siendo éste el caso del paraje del Clot de Galvany y el proyecto Paleo -Clot (Marín Ferrer *et al.*, 2007).

En este trabajo se describen algunos aspectos de la geodiversidad en el paraje del Clot de Galvany y se apuntan varios de los sitios más relevantes en cuanto a su patrimonio paleontológico y geológico.

EL ORIGEN DEL HUMEDAL: HACIA UNA EXPLICACIÓN GEOLÓGICA

El marco geológico-estructural del área en cuestión fue ya abordado por Gaibar y Cuerda (1969). Dichos autores interpretan la depresión del Clot de Galvany como un pliegue sinclinal flanqueado por los anticlinales de la Sierra de Santa Pola al sur y del Carabassí al norte. También Pignatelli (1973) considera la Sierra de Santa Pola como un gran braquianticlinal con el sinclinal del Clot de Galvany al norte de ésta.

En su tesis doctoral, Montenat (1973) lleva a cabo una descripción estratigráfica de la Sierra de Santa Pola y señala que se trata de una construcción arrecifal constituida por calizas estromatolíticas del final del Mioceno, emergida al final de dicho periodo y que durante el Plioceno se mantuvo como una isla en cuyos márgenes se fueron depositando materiales sedimentarios.

En la misma línea, Rosselló y Mateu (1978) señalan la existencia entre Alicante y la Sierra de Santa Pola de dos modestos sinclinales de orientación E-W separados por el eje de l'Altet que dan lugar a depresiones como las Salines d'Aigua Amarga, el Fondet de la Senieta y el Clot de Galvany interpretadas como cuencas de hundimiento separadas por ejes anticlinales. Los domos del Carabassí, por su parte, consistirían en estructuras anticlinales de dirección W-E individualizadas por esfuerzos perpendiculares, como explica la presencia de fallas de dirección N-S. Precisamente sería la interferencia de esfuerzos tectónicos de direcciones cruzadas W-E y N-S la que habría originado la formación de los distintos conjuntos endorreicos mencionados.

Gozálvez *et al.* (1984), con motivo del informe solicitado por la empresa Gran Alacant mencionado con anterioridad, llevaron a cabo un análisis de tres series estratigráficas en los domos del Carabassí y en barrancos al norte de la Sierra de Santa Pola, hallando en esta última zona un sistema de fallas subparalelas de orientación E-W o ENE-WSW, dando lugar a un escalonamiento de los bloques que se disponen en graderío.

De acuerdo con las conclusiones de dicho informe, la depresión del Clot de Galvany no se originaría en un pliegue sinclinal sino que se trataría de una fosa tectónica o graben cuya subsidencia comenzaría tras el Plioceno. Esta se hallaría parcialmente colmatada por el relleno de materiales a partir de los relieves circundantes pero seguiría funcionando en la actualidad al proseguir el hundimiento. Precisamente, el cruce en tijera de las fallas principales coincide con las zonas más deprimidas: Balsares y el Clot de Galvany.

Por último, Alfaro & Estévez (2004) concluyen que los esfuerzos que han ocasionado plegamientos y fallas en la Cuenca del Bajo Segura, en la que se incluye la zona del Clot de Galvany, no han sido sincrónicos en toda la cuenca. Algunos comenzaron a finales del Mioceno, mientras que otros lo hicieron a principios del Plioceno o incluso durante el Cuaternario. Como consecuencia de esta actividad tectónica se generaron relieves positivos (Colmenares, el Altet, Santa Pola, La Marina, Guardamar), así como áreas subsidentes relacionadas (el Saladar, el Clot de Galvany, el Pinet, el curso bajo del río Segura).

Con todo lo anterior, puede comprobarse como el origen de estas zonas deprimidas en el paisaje y el desarrollo de las zonas húmedas –de elevada dependencia antrópica en la actualidad– son georrecursos con elevadas posibilidades asociadas a la didáctica de las ciencias y al turismo sostenible para los visitantes de este espacio natural.

PRINCIPALES UNIDADES GEOLÓGICAS Y FÓSILES ASOCIADOS

Las rocas más antiguas del Paraje del Clot de Galvany son del Messiniense (Mioceno superior), aunque están poco representadas y sus afloramientos no son muy buenos. La gran mayoría de las rocas sedimentarias aflorantes corresponden a un lapso temporal entre el Plioceno y la actualidad, con lo que su edad nunca es superior a los 5 millones de años.

El Plioceno inferior y medio está bien representado y ha proporcionado restos paleontológicos interesantes. Sus rocas pueden reconocerse en el entorno del Cerro del Cabeçó, aunque la vegetación oculta gran parte del mismo.

El Pleistoceno inferior (entre 1,8 millones y 780.000 años) también aflora en el entorno de las zonas húmedas del paraje y es fácilmen-

te reconocible por su aspecto rosáceo y su naturaleza margosa.

Para el Pleistoceno superior (entre 780.000 y 11.500 años) existen varias zonas con puntos de interés geológico y paleontológico que contienen restos de invertebrados. Destacan los sistemas de dunas y las playas fósiles cuya edad ha sido discutida por diferentes autores aunque podrían ser datadas como Siciliense o Tirreniense.

Mioceno superior

Se trata de la edad geológica más antigua representada en el Paraje del Clot. Montenat (1973) describe niveles de calizas estromatolíticas, al igual que Lancis *et al.* (2004), quienes hablan de "bloques de edad finimiocena con estromatolitos" (fig. 2).

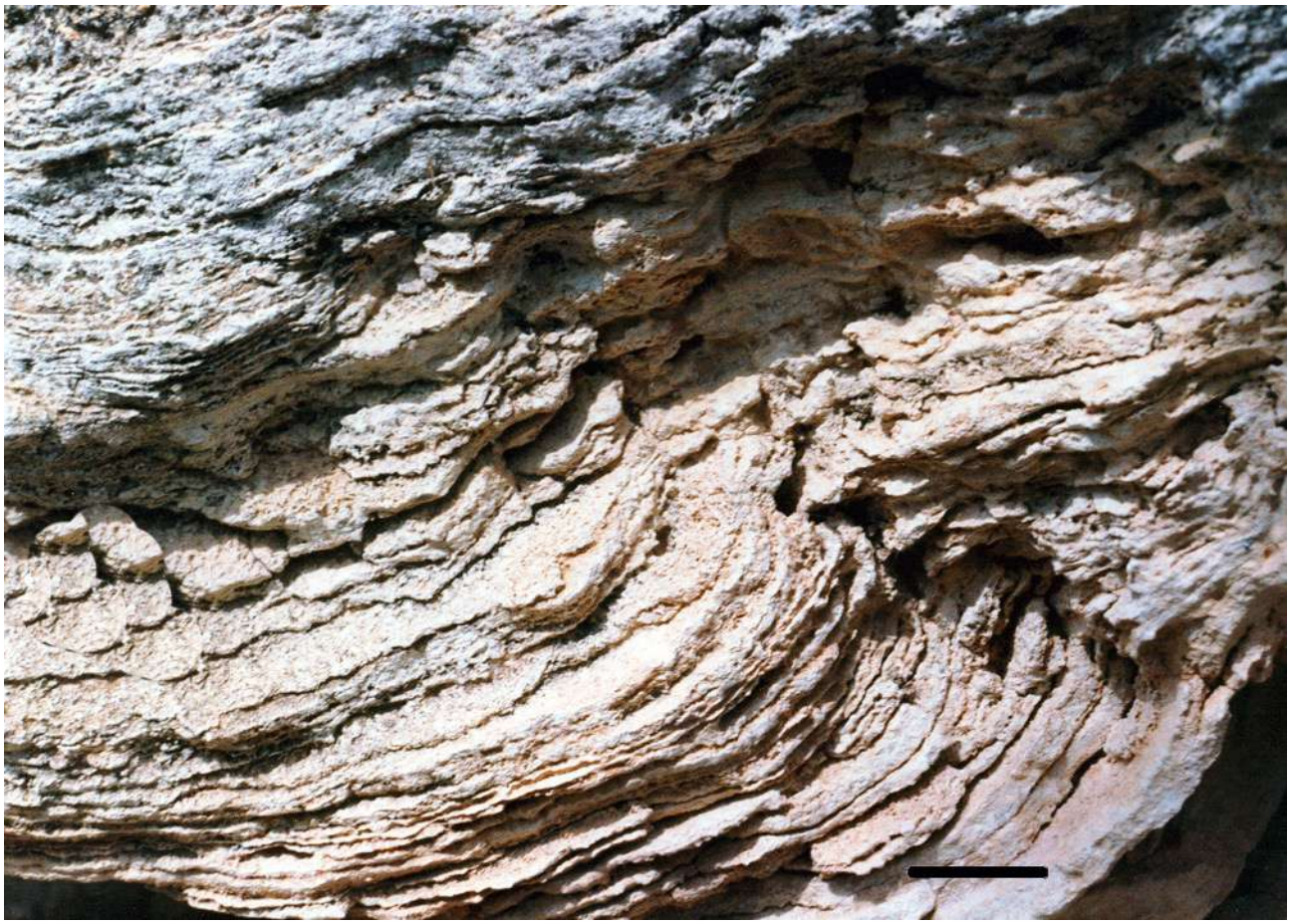


Figura 2. *Niveles estromatolíticos del Mioceno superior (escala 2 cm).*

Los materiales de esta edad afloran en una pequeña zona adyacente al bunker de El Cabeçó, y ya fueron cartografiados por Pignatelli (1973). En este sector pueden apreciarse algunas masas de bioconstrucciones arrecifales de *Porites* y *Tarbellastraea*.

Plioceno

Sobre los pequeños afloramientos del Mioceno superior anteriormente descritos, se disponen los materiales del Plioceno en contacto discordante erosivo, aunque esta característica no puede ser observada en los afloramientos del Paraje del Clot.

Los materiales del Plioceno, ya fueron descritos por Montenat et Truc (1971) y Brebion *et al.* (1971), quienes estudiaron una serie de cortes en barrancos al norte de la sierra de Santa Pola y en la pequeña colina de El Cabeçó al este de la carretera de Alicante a Santa Pola.

Es Montenat (1973), sin embargo, quien realiza una descripción completa, entre otros, de los materiales pliocenos que se depositan en las pendientes suaves de los márgenes norte y oeste de la sierra de Santa Pola. Una de las series descritas por este autor, que coincide con uno de los puntos analizados por Brebion *et al.* (1971), se sitúa precisamente en el entorno del Clot de Galvany, concretamente a 1 km al norte de la sierra de Santa Pola, en la colina de cota 42 m (Cabeçó) situada al este de la

carretera Alicante-Santa Pola (km 11-12) y de la laguna del Bassaret. Siguiendo a Montenat (1973), la serie pliocena consta de varias unidades de muro a techo:

a) Unos 20 m de margas del Plioceno I. Éstas son glauconíticas en la base y ricas en fósiles, incluyendo moluscos gasterópodos y bivalvos (con numerosos pectínidos), braquiópodos, equínidos, crustáceos (decápodos y balánidos de gran tamaño), briozoos e incluso fragmentos óseos indeterminados. La edad indicada por los foraminíferos planctónicos es Plioceno inferior. El ambiente en que se depositaron era litoral, poco profundo y próximo a la línea de costa.

b) Unos 12 m de calcarenitas del Plioceno superior en cuya base aparece una lumaquela descalcificada con moldes internos y externos de gasterópodos y bivalvos (si bien los pectínidos y los ostreidos conservan la concha), y que puede incluir hasta unas cincuenta especies (estudiadas por Brebion *et al.*, 1971) (fig. 3). También aparecen niveles con foraminíferos miliólidos. A techo aparece un delgado nivel con pequeños *Cardium* que se relacionaría con una fase regresiva del mar plioceno.

c) Por encima aparecen unos 4-5 m de margas blanco-amarillentas o rojizas (posiblemente pertenecientes a la Formación Sucina) con restos de gasterópodos cerítidos, ostrácodos y foraminíferos (incluyendo el género *Ammonia*) que marcaría la transición de arenas marinas a depósitos continentales.

d) Finalmente se dispone una coraza calcárea de grosor variable que se atribuye al pliocuaternario.

Con posterioridad, Lancis *et al.* (2004) llevaron a cabo un análisis sedimentológico de esta sección y estudiaron la nanoflora de su parte inferior con el objeto de precisar su edad, atribuyendo al Zancliense medio y superior (Plioceno inferior) la unidad P-1 (correspondiente a la primera de las unidades pliocena de la columna de Montenat). Asimismo, reconocieron (en su unidad P-2, equivalente a la segunda de las unidades pliocena de Montenat) varias secuencias de somerización en las que se puede apreciar el paso de subambien-

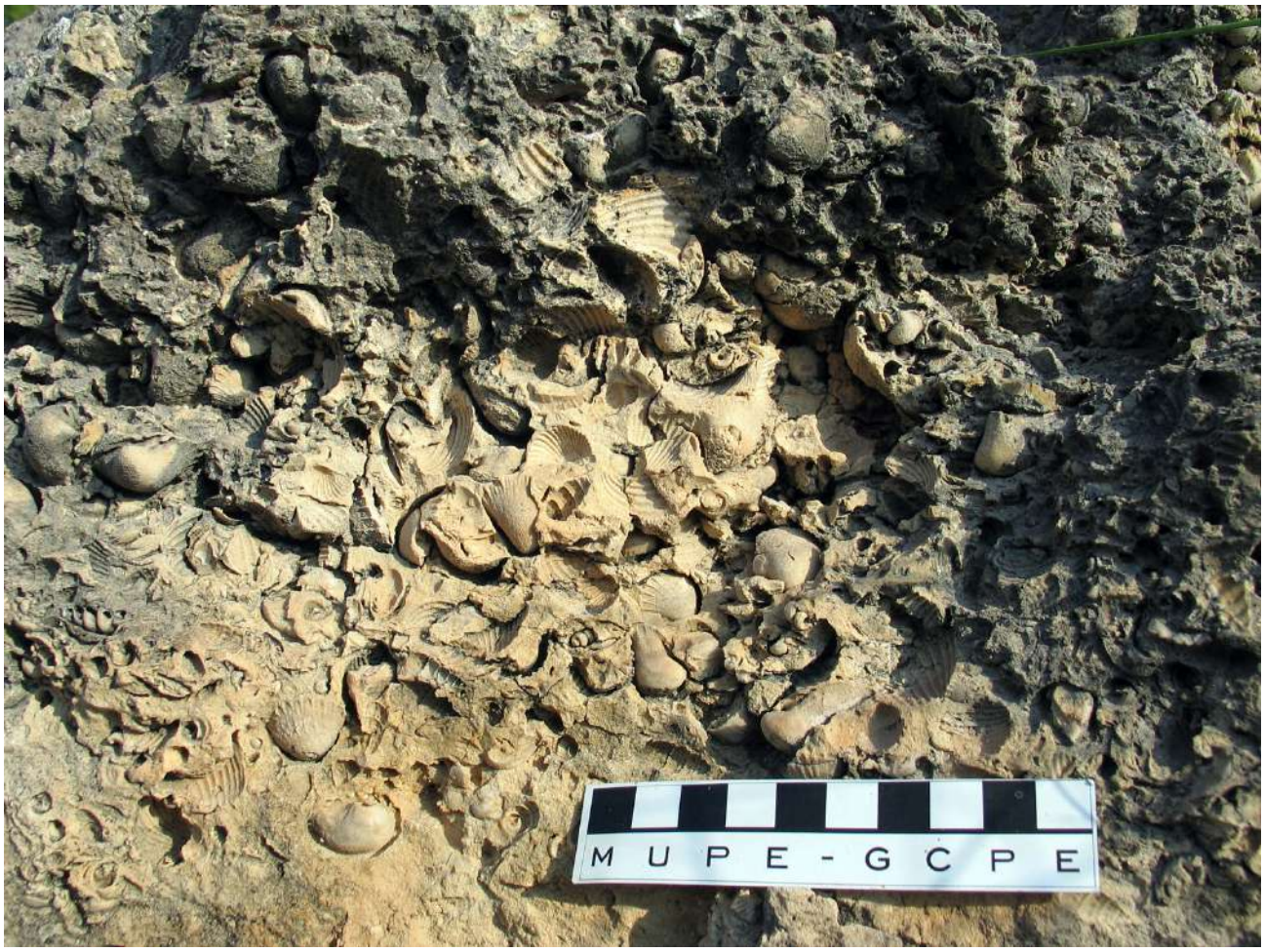


Figura 3. *Detalle de una lumaquela del Plioceno superior (escala centimétrica).*

tes litorales sumergidos a otros emergidos de playa.

Al este y oeste de la colina, los mismos niveles pliocuaternarios se encuentran más desarrollados (hasta 12-15 m) con algunos niveles con ostras. Los mismos autores citan otro corte, al oeste de la carretera Alicante-Santa Pola, en un margen de la laguna de 'La Charca' (el Bassaret), en el que, bajo las margas rojizas, se encuentran niveles bien desarrollados (~2 m) de margas con ostrácodos, foraminíferos y pequeños bancos margo-calcáreos blancos ricos en cerítidos, *Cardium* y ostrácodos correspondientes a la instalación temporal de un régimen lagunar salobre al final del Plioceno.

Otra de las series descritas por Montenat (1973) y relacionadas con el entorno del Clot de Galvany, es la que denomina 'corte del Carabassí', que sin embargo se localiza en dos barrancos situados en la vertiente norte de la Serra de Santa Pola, "en el sector del Carabassí", coincidiendo también con una zona estudiada por Brebion *et al.* (1971). Por lo que respecta al Plioceno del 'corte del Carabassí' consta, a grandes rasgos, de varias unidades:

a) En contacto discordante sobre calizas estromatolíticas se disponen 5-6 m de calizas blanco-amarillentas muy ricas en fósiles que incluyen algas, briozoos, corales, braquiópodos, equínidos, gasterópodos y bivalvos, y que se atribuyen al Plioceno I.

b) Sobre los materiales anteriores, se disponen calcarenitas amarillentas del Plioceno Superior (~12 m), con una lumaquela descalcificada en la que se encuentran abundantes moldes de bivalvos. También se encuentran niveles de cerítidos, *Cardium* y foraminíferos miliólidos.

c) Finalmente aparecen limos de color rosa-salmón (0-1 m), discordantes sobre los anteriores y con gasterópodos continentales atribuidos al Plioceno terminal.

Como observa Montenat (1973), los depósitos pliocenos de los márgenes septentrional y occidental de la Serra de Santa Pola van disminuyendo de potencia hacia el interior de ésta y acaban por desaparecer. En otro barranco situado al noreste de la sierra (y de orientación E-W), señala también la presencia de materiales pliocenos acuñándose hacia el oeste. En la parte norte de la entrada de dicho barranco (cerca del camino del Carabassí), las margas del P lioceno I son ricas en fósiles (bivalvos, braquiópodos, restos de equinodermos y dientes de tiburones). Gozálvez *et al.* (1984) estudiaron también tres cortes similares localizados en barrancos al norte de la Serra de Santa Pola y en la colina a 1 km al norte de dicha sierra.

Cabe destacar además, que en los materiales pliocenos del entorno del Clot de Galvany se han descrito tres especies nuevas. Por una parte Truc, en Montenat et Truc (1971), describió dos especies de gasterópodos continentales atribuidos al Plioceno terminal: *Palaeoglandina montenati* Truc y ?*Otala* (*Otala*) *alicantensis* Truc. Si bien no se dan indicaciones precisas sobre el punto exacto en que se recogieron los ejemplares tipo (corte E: Serra de Santa Pola), tanto Brebion *et al.* (1971) como Montenat (1973) describen los limos rosa-salmón en que aparecen dichas especies en la vertiente norte de la Serra de Santa Pola.

Por otro lado, Pajaud (1976) cita la presencia de dos especies de braquiópodos en los materiales correspondientes al Plioceno I: *Terebratula terebratula* (Linné) y *Phapsirhynchia sanctapaulensis* nov. gen., nov. sp. Pajaud. Los ejemplares tipo de esta especie y género nuevos proceden tanto de un barranco al norte de la Serra de Santa Pola como de la colina situada a 1 km al norte de la sierra, en el margen de la carretera Alicante-Santa Pola, de donde procede el holotipo. No obstante, debe apuntarse que Gaetanni e Saccà (1985) han considerado que no existen suficientes razones para erigir un género nuevo, perteneciendo los especímenes de Santa Pola al género *Aphelesia*. En un trabajo posterior García Ramos (2002) llega a señalar algunas dudas respecto a la validez misma de la especie, apuntando que podría tratarse de un sinónimo de *Aphelesia bipartita* (Brocchi). Ésta última es la especie citada por Montenat (1973), junto con *Terebratula* gr. *terebratula*, en su "corte del Carabassí" en la ladera norte de la Serra de Santa Pola.

En la figura 4 se puede contemplar un ejemplar perteneciente a cada uno de los géneros de las especies nuevas descritas en el entorno del Clot de Galvany.

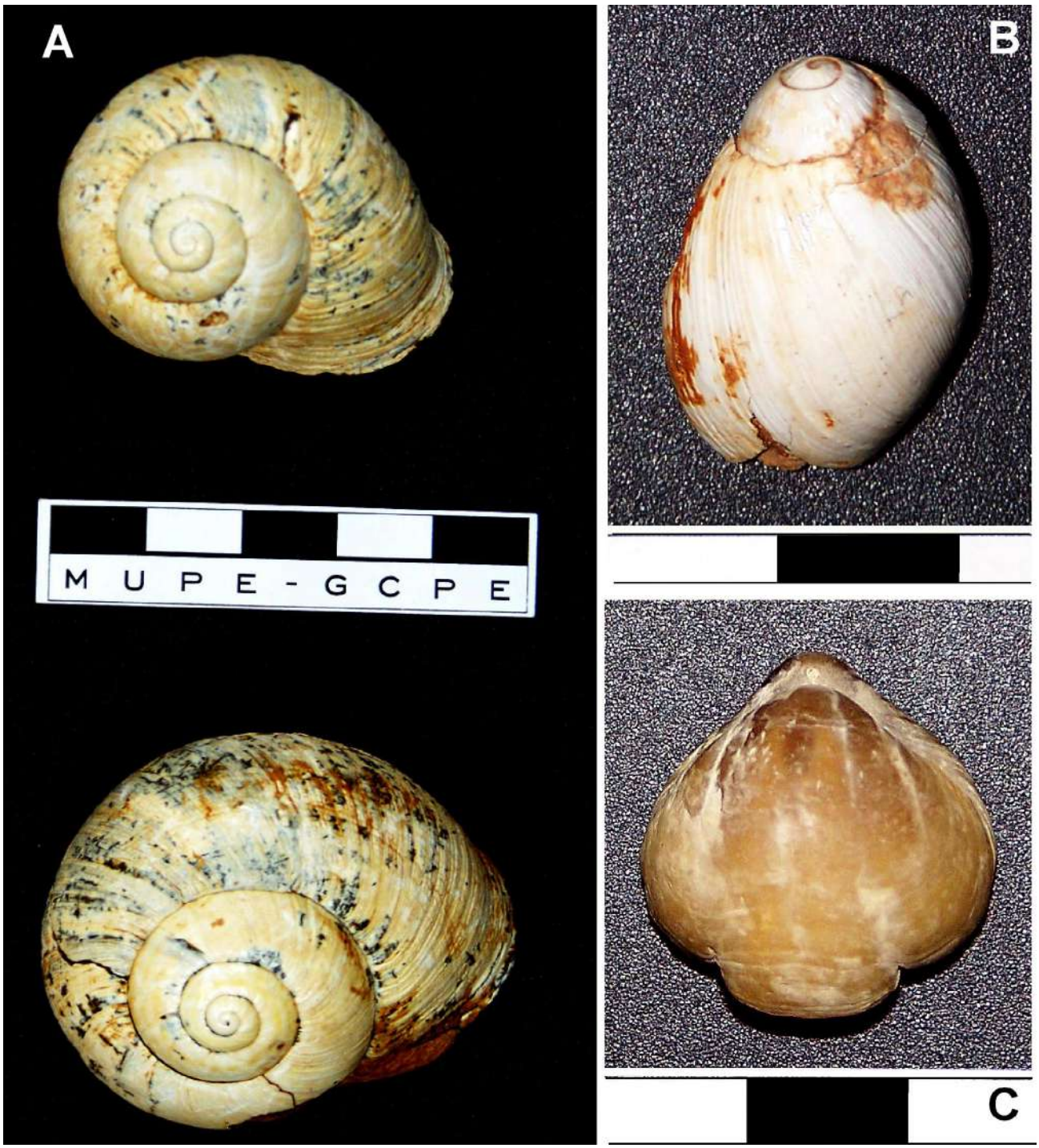


FIGURA 4. *Algunos ejemplares depositados en el Museo Paleontológico de Elche y correspondientes a los mismos géneros que las especies descritas en el entorno del Clot. A)* Otala. *B)* Palaeoglandina. *C)* Phapsirhynchia. *(Escala centimétrica).*

Cuaternario

La existencia del Cuaternario como unidad temporal independiente del Neógeno es una cuestión sometida a debate en la comunidad científica. Un parte de los especialistas consideran que no es necesario mantener la división clásica. Otros, en cambio, abogan por que se mantenga la antigua cronología. Nosotros hemos decidido seguir utilizando el término Cuaternario en este trabajo.

Por lo que respecta a los materiales cuaternarios, Gaibar y Cuerda (1969) describen varios niveles de playas en la Sierra de Santa Pola, y que se corresponden con los cinco pisos clásicos mediterráneos: Calabriense, Siciliense, Milazziense, Tirreniense y Flandriense.

En el entorno del paraje del Clot de Galvany, dichos autores citan un nivel de areniscas con fósiles de bivalvos y gasterópodos que atribuyen al Calabriense y que sitúan en el Carabassí, concretamente en el ángulo suroeste

del antiguo edificio cuartel de Carabineros o Guardia Civil. No obstante, Mateu y Cuerda (1978), quienes prospectaron los alrededores del mismo cuartel de carabineros, revisaron la edad de estos niveles, en los que aparecían bivalvos de la especie *Glycymeris violacescens* (Lamarck), y los consideraron pertenecientes al Siciliense II.

De igual forma, la edad Siciliense I, atribuida por Gaibar y Cuerda (1969) a otros afloramientos con bivalvos fósiles, situado uno de ellos aproximadamente a 1 km al norte de la Ermita del Rosari y el otro a unos 300 m al sur del antiguo hotel "Los Arenales del Sol", es puesta en duda por Mateu y Cuerda (1978), quienes datan dichos afloramientos como Siciliense II. Estos autores reconocen sin embargo la presencia de afloramientos de esta última edad en una zona unos 800 m al norte de la mencionada ermita, no lejos de donde Gaibar y Cuerda (1969) describen niveles de lumaquela de bivalvos y gasterópodos que también atribuyen al Milazziense (=Siciliense II). Por su parte, Montenat (1973) localiza una calcarenita con *Glycymeris* inmediatamente al sur de la localidad turística Los Arenales del Sol que atribuye al Paleotirreniense (=Tirreniense I).

De acuerdo con Gaibar y Cuerda (1969), la depresión del Clot de Galvany ya habría quedado desconectada del mar por un cordón dunar durante el Tirreniense. La transgresión flandriense ya no llega a inundar la depresión, pero sí a introducir una cuña de agua salada que constituye la actual capa freática (con agua de salinidad >50‰), detectada asimismo en la Albufera de Elche (Gozálvez *et al.*, 1984).

Precisamente Mateu y Cuerda (1978) describen una secuencia estratigráfica puesta al descubierto por la extracción de áridos y situada a unos 200 m de la línea de costa a la altura del cierre del Clot de Galvany. Siguiendo a estos autores, en un corte transversal desde la playa al Clot, las unidades serían las siguientes:

a) Cordón de dunas de 5-7 m de altura encostradas en su parte superior, datadas como del Riss.

b) Sobre la unidad anterior, sedimentos marinos de cantos de playa cementados por arenas limosas de color gris-rosáceo, situados a unos 3,5 m s.n.m., con abundantes conchas fósiles de bivalvos y gasterópodos, y datados como eutirrenienses (=Tirreniense II). Cuerda y Sanjaume (1978) citan 9 especies (en total 12 variedades) de bivalvos y gasterópodos fósiles en el yacimiento eutirreniense del Carabassí, tres de las cuales, *Strombus bubonius* Lamarck, *Cymatium ficoides* (Reeve) y *Conus testudinarius* Martini, pertenecen al grupo de las especies termófilas llamadas 'senegalesas', hoy extinguidas en el Mediterráneo (Cuerda, 1995). Este es el nivel citado por Zazo *et al.* (1981) y datado como el más antiguo (T1, ~150.000 BP) de los cuatro niveles tirrenienses con *S. bubonius* que reconocen en el litoral peninsular mediterráneo.

c) Limos arenosos de color pardo rosáceo con gasterópodos continentales como *Iberus alonensis* (Férussac) atribuidos a los inicios del Würm.

d) Formación dunar poco consolidada de color gris claro, grosera granulometría y acusada estratificación, atribuida al Würm II.

e) Dunas recientes que recubren las anteriores formaciones y se encuentran en movimiento hacia el interior.

Por otro lado, a unos 600 m de la costa hacia el interior, al lado de la carretera secundaria que se dirige a la playa del Carabassí, se puede observar un nivel de limos pardos (1-2 m de potencia) con gasterópodos continentales, como *I. alonensis* y *Xerotricha huidobroi* Azpeitia, asignados al Würm I y probablemente coetáneos de los mencionados en el nivel c.

Adicionalmente, dentro del Clot de Galvany y cerca de las casas de Brizón, una excavación realizada con *bulldozer* con el objeto de encontrar agua, halló el nivel freático a unos 7 m de profundidad y puso al descubierto una capa de limos pardo-rojizos de unos 5-6 m de potencia con conchas de gasterópodos continentales, *I. alonensis* y *Sphincterochila* (*Cariosula*) *baetica* Rossmässler, a los que se atribuyó una edad eutirreniense. Sobre este nivel se encuentra una delgada costra caliza y, sobre ésta, otra capa de aproximadamente 1 m de limos claros rosáceos con abundantes cantos atribuido al final del Würm (Mateu y Cuerda, 1978; Cuerda y Sanjaume, 1978).

Respecto a los sistemas dunares, merece la pena destacar el sector norte del Paraje del Clot. Este, comprende la zona litoral situada entre las edificaciones de Arenales del Sol y

Urbanova (Playa de L'Altet) y está constituido por un conjunto de dunas actuales estabilizadas parcialmente por la vegetación. Muchas de ellas sufren un retroceso debido posiblemente a la disminución de los aportes de arenas eólicas y a la erosión de las mismas por las aguas de escorrentía hacia zonas situadas a menor cota. Estas dunas actuales se disponen discordantes sobre eolianitas cuaternarias y calcarenitas pliocenas. De manera secundaria, en la zona también puede reconocerse el desarrollo de costras de carbonatos sobre las laderas de afloramientos calcareníticos (fig. 5).

Se trata de dunas parabólicas costeras de playa, con la cara cóncava hacia barlovento, acompañadas de sistemas antedunares. Desgraciadamente, estos sistemas dunares están sufriendo una fuerte regresión como consecuencia de la acción antrópica.

Los efectos de la erosión son evidentes, sobre todo en las partes altas más alejadas de la línea de costa. En estas zonas aparecen cárca-

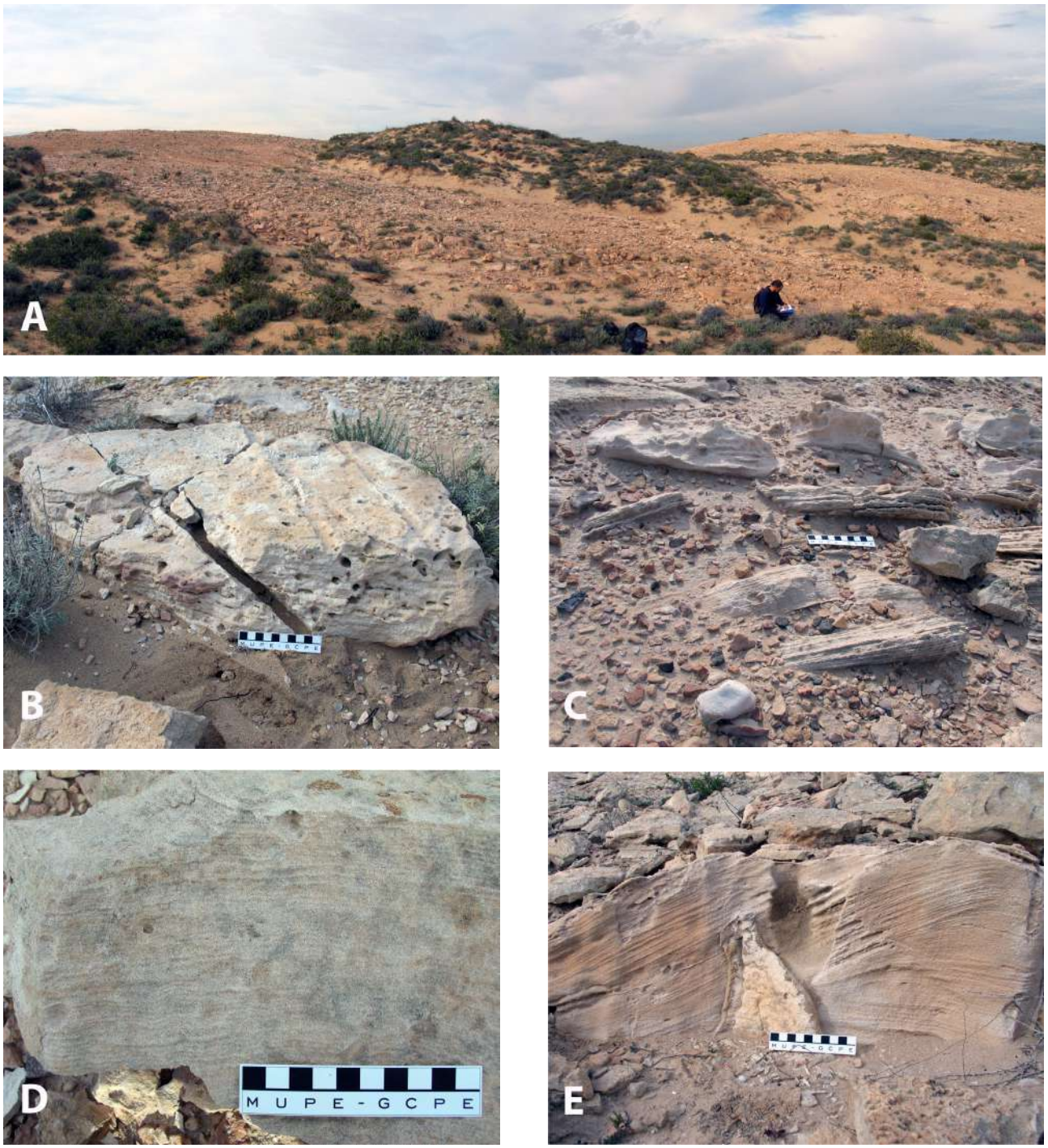


Figura 5. *A) Vista de los sistemas dunares de la Playa de L'Altet. Se aprecian las dunas actuales con cobertura vegetal y las zonas erosionadas donde afloran las dunas fósiles, sobre las que se está formando un caliche por acción de los agentes atmosféricos. B-E) Ejemplos de eolianitas de la Playa de L'Altet, donde se aprecian diferentes patrones de laminación y estratificación cruzada.*

vas con desplazamiento de la arena hacia cotas inferiores.

En la zona del Saladar, hacia el sur del Paraje del Clot, la carretera que une Los Arenales del Sol con las urbanizaciones de la vertiente norte de la Sierra de Santa Pola corta una duna fósil de modo que puede observarse perfectamente su estructura interna, con estratificación cruzada plana o en surco, de gran escala, laminación paralela horizontal o inclinada y zonas de estratificación cruzada compuesta (fig. 6).

Figura 6. *A) Vista general de una duna fósil. El corte de la carretera permite apreciar su estructura interior. B-C) Detalles de los diferentes tipos de estratificación.*

LOS SUELOS EN EL PARAJE DEL CLOT DE GALVANY

En el Paraje del Clot de Galvany se dan características de aridez, déficit hídrico y diversidad de material parental que, combinadas con el relieve y la actividad antrópica, permiten el desarrollo de diversos procesos de edafogénesis cuya consecuencia es la presencia de una importante variedad de tipologías de suelo localizadas en un espacio reducido.

En general, dada la actividad constante de procesos de erosión y meteorización, junto con la existencia de pequeñas cuencas donde se producen situaciones de encharcamiento periódico, los suelos presentan generalmente estadios poco evolucionados por el constante aporte y remoción de material. Así, son suelos jóvenes y con escasa profundad en el perfil (tipo AC en todos ellos) y ocasionalmente, y sólo en algunas zonas favorables por la orografía del medio, comienza a aparecer un horizonte intermedio de eluviación y el horizonte superficial empieza a mostrar acumulaciones de materia orgánica importantes debidas al aporte de la vegetación de *Pinus halepensis* procedentes de las reforestaciones realizadas durante el siglo pasado.

Se pueden distinguir cuatro grandes conjuntos de ecosistemas terrestres representados en el Clot que tienen asociados a ellos una serie de suelos característicos predominantes, que se reseñan utilizando la Base Mundial de Referencia del Recurso Suelo (IUSS-WRB, 2007).

Los sistemas dunares son medios muy cambiantes debido a la movilidad del sustrato de arena. Por ello, la vegetación goza de adaptaciones muy específicas debido no solo a la

movilidad del suelo sino también a la granulometría de este y la influencia de la maresía. Sobre éstos se han desarrollado suelos arenosos, arenosoles, sobre arenas no consolidadas y, en algunas zonas, sobre dunas fosilizadas del Tirreniense que se encuentran por debajo de los sistemas dunares recientes. Presentan una vegetación psamófila adaptada a las dunas embrionarias (i.e. *Elymus farctus*), semi-fijas (i.e. *Ammophila arenaria*) y estabilizadas existentes i.e. (*Helichrysum stoechas*).

Próximos a las charcas se desarrollan saladares que se distribuyen en función del grado de inundación y de la salinidad del terreno, con la sucesión de láminas de agua libre. En función de los valores de salinidad de los suelos y diversos factores ambientales, como la época del año y la humedad del suelo, podemos diferenciar suelos con presencia de costras salinas superficiales de tonos blanquecinos y otros en los que se aprecia menos esta presencia de sales en superficie. Las distintas comunidades vegetales que pertenecen a este hábitat se encuentran adaptadas a la concentración edáfica de sales (plantas halofilas; i.e. salicornias), que se encuentran sobre solonchaks, que presentan un horizonte salino en sus primeros 50 cm de profundidad. La graduación de la salinidad del suelo influye en la a parición de especies tolerantes a una salinidad más baja, como las del género *Tamarix*.

En las zonas que se encharcan con cierta periodicidad aparecen suelos sometidos fundamentalmente a procesos de oxidación-reducción, dependiendo de la época en la que se encuentren secos o inundados. Estos suelos permanecen más de tres meses inundados y presentan cierto nivel de salinidad, especialmente en aquellos cuyo periodo de inundación es menor a lo largo del año. En general , encontramos que estos gleysoles, por la naturaleza de los materiales cuaternarios subyacentes, presentan características cálcicas y, en determinadas zonas donde la inundación es muy persistente, se están produciendo procesos de acumulación de fangos con elevado contenido orgánico.

Estos suelos se hayan en relación con los suelos salinos de su entorno, estableciéndose un gradiente de salinidad que se puede distinguir por la vegetación existente, llegando hasta las zonas inundadas y sus orillas donde se desarrollan cañaverales anfibios, carrizales y juncales (*Pragmites australis*, *Scirpus maritimus* y *Juncus acutus/maritimus*).

Conforme el relieve empieza a crecer en altitud, llegamos a las zonas de monte bajo mediterráneo donde, por la proximidad de la roca subyacente y la constante actividad de los procesos erosivos, aparecen suelos jóvenes esqueléticos como los leptosoles, de muy escasa profundidad y que se alternan en ocasiones con la presencia de costras carbonatadas, asociada fundamentalmente a los relieves más elevados. Estos suelos limitan el desarrollo de la vegetación. En zonas donde adquieren mayor profundidad se desarrollan procesos de edafización que están originando la formación de regosoles y calcisoles y se puede apreciar un mayor desarrollo de la vegetación. En general, en estas zonas encontramos especies como el palmito (*Chamaerops humilis*), albardín (*Lygeum spartum*) y esparto (*Stipa tenacissima*).

Además de estos suelos, en el Paraje se encuentran determinadas zonas que han estado cultivadas durante muchos años y que han dejado suelos modificados por la actividad agrícola, desarrollada en terrazas donde se sitúan antrosoles, que tras su abandono sufren procesos de colonización por parte de especies oportunistas nitrófilas inicialmente y que en la actualidad se están naturalizando.

A pesar del cese y abandono de la actividad agrícola en esta zona persiste la existencia de portes arbóreos que corresponden a pies de olivos, granados, algarrobos, palmeras, etc. También podemos encontrar especies arbustivas y herbáceas que colonizan estos terrenos en una fase de degradación, por ser unos suelos antrópicos, en los que antiguamente se eliminaba la cobertura vegetal para que los cultivos no tuvieran competencia por los nutrientes y mejorar así la producción. Entre las especies colonizadoras destacan el esparto (*Stipa tenacisima*) y lentisco (*Pistacia lentiscus*).

INVENTARIO PATRIMONIAL

Durante el año 2007, en el marco del proyecto FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante), el Museo Paleontológico de Elche (MUPE) realizó un estudio del patrimonio

geológico y paleontológico del Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany por encargo de la Concejalía de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Elche. Dicho trabajo, supuso la puesta en funcionamiento de un gran proyecto para la gestión de tal patrimonio, que utiliza como premisas el inventario y la valoración patrimonial de los sitios y zonas de interés.

El trabajo realizado en el Clot, suponía un reto interesante al tratarse de un espacio ya protegido y en el que podían conjugarse la conservación de los sitios más relevantes con su potencial uso didáctico o educativo.

Para la realización del trabajo se revisó toda la bibliografía específica sobre la zona y se programaron un conjunto de salidas de campo con el fin de reconocer los diferentes afloramientos existentes y valorar la importancia de los mismos. Durante el trabajo de campo se contó con la colaboración de los monitores del paraje natural que indicaron algunos sitios que consideraban relevantes y mostraron los fósiles que se encontraban depositados en el centro de recepción de visitantes.

El trabajo de campo ha permitido reconocer la geodiversidad del espacio protegido (tanto en su variedad, como en su distribución y frecuencia) y realizar una cartografía geológica detallada de las principales unidades que afloran en el entorno de uno de los sectores de mayor interés, en el Cabeçó.

Como resultado de este trabajo se han seleccionado un total de nueve sitios o zonas de interés que se presentan en la tabla 1.

Los diferentes sitios o zonas seleccionados responden a los mejores ejemplos de la geodiversidad presentes en el interior del espacio natural. Algunos son sitios concretos de un tamaño más o menos reducido, mientras que otros son considerados como zonas ya que su extensión es mayor y/o abarcan más de una unidad geológica o característica significativa.

La mayor parte de los sitios o zonas seleccionados se encuentran en el entorno de El Cabeçó, hacia el oeste del paraje natural, ofreciendo este un espacio de elevado interés para su interpretación patrimonial.

CONCLUSIONES

Muchos de los elementos que nos rodean, haciendo especial hincapié en este caso a las rocas, suelen pasar desapercibidos para el público en general. En el caso de un espacio natural, esta situación puede verse incrementada en la medida que el visitante se acerca al medio predispuesto a considerar todo aquello que tradicionalmente se pone en valor en estos entornos: la fauna y la flora.

En el caso de los materiales contemplados en el ámbito del espacio natural del Clot de Galvany la geología –*a priori*– presenta un valor importante, un recurso también, y creemos que debe formar parte de la oferta que recibe el visitante. Fruto del trabajo realizado, se han seleccionado un total de nueve sitios o zonas de interés geológico/paleontológico del Mioceno superior al Cuaternario.

Consideramos inteligente y responsable la especial atención de los sitios y zonas seleccionados para su conservación y gestión dentro del paraje. Ésta situación no debe impedir el disfrute de algunos de dichos espacios por los visitantes, que solo mediante una exquisita interpretación aprenderán a valorar su interés e importancia. No debe olvidarse que la gestión

NOMBRE	TIPO	IMPORTANCIA
El Cabeçó	Zona de Interés Paleontológico y Geológico	Serie Plioceno-Cuaternario y braquiópodos del Plioceno
El Cabeçó 1	Sitio de Interés Geológico	Calcarenitas del Plioceno medio
El Cabeçó 2	Sitio de Interés Geológico	Margas del Pleistoceno
El Cabeçó 3	Sitio de Interés Geológico	Caliches del Cuaternario
Playa de L'Altet	Zona de Interés Geológico	Dunas del Cuaternario y actuales
El Saladar 1	Sitio de Interés Geológico	Duna del Cuaternario
El Saladar 2	Sitio de Interés Geológico	Dunas actuales
Playa Lliure 1	Yacimiento paleontológico y Sitio de Interés Geológico	Playas del Cuaternario
Carabassi 1	Sitio de Interés Geológico	Duna del Cuaternario

TABLA 1. *Sitios o zonas de relevancia geológica y/o paleontológica en el Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany (Elche).*

del patrimonio geológico y paleontológico no debe solo limitarse a la de los espacios seleccionados, sino que debe extenderse a toda la geodiversidad presente en el espacio protegido. Solo de esta manera se estará actuando de manera coherente a la naturaleza de dicho patrimonio.

El excepcional valor científico de la zona, al que se añade la proximidad de yacimientos arqueológicos, es considerado desde antiguo por algunos autores en el marco del Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany. Sus límites y su entorno se encuentran en un precario equilibrio en el que diversas agresiones sobre el medio son observadas año tras año. Las urbanizaciones, el elevado número de vehículos, los usos del suelo, etc., hacen que el espacio natural protegido actúe como salvaguarda de algunos sitios de interés geológico y paleontológico que se encuentran dentro de sus lindes.

BIBLIOGRAFÍA

Abela, F. (2002). *Estudio del medio físico de una zona húmeda: el Clot de Galvany*, Universidad Miguel Hernández de Elche, 86 pp.

Alfaro, P. & Estévez, A. (2004). The Alicante region: the Bajo Segura and Crevillente faults, *In:* Silva, G. P.; Alfaro, P.; Masana, E.; Martínez Díaz, J. J. & Bardají, T. (coords.), *Field trip guide book-B10*, 32 International Geological Congress, 26.

Ayuntament D'Elx (2005). Reglamento interno de funcionamiento de la junta de protección del Paraje Natural Municipal del Clot de Galvany, del Término Municipal de Elche. Regidoria de Medi Ambient, 7 pp.

Box Amorós, M. (1987). *Humedales y áreas lacustres de la provincia de Alicante, Publicaciones de la Universidad de Alicante*, Instituto de Estudios Juan Gil Albert, 431 pp.

Brebion, P.; Demarcq, G.; Lauriar, A. & Montenat, C. (1971). Le Pliocène de la région d'Elche (province d'Alicante, Espagne) et sa faune de mollusques, *Estudios Geológicos*, 27: 197-211.

Cuerda, J. (1995). Significación climática y cronológica de algunos yacimientos del Pleistoceno superior marino de Alicante. *In: El Cuaternario del País Valenciano*, Universitat de València, 251-259.

Cuerda, J. Y Sanjaume, E. (1978). Datos paleontológicos y sedimentológicos del litoral pleistoceno de Santa Pola, *Cuadernos de Geografía*, 23: 19-62.

Gaetanni, M. & Saccà, D. (1985). Il genere *Aphelesia* (Rhynchonellida, Brachiopoda) nel Mio-Pliocene Italiano, *Rivista Italiana di Paleontología e Stratigrafia*, 91(3): 357-378.

Gaibar, C. & Cuerda, J. (1969). Las playas de Cuaternario marino levantadas en el Cabo de Santa Pola, *Boletín Geológico y Minero*, 80(2): 105-123.

García Ramos, D. (2002). Notes on some neogene brachiopods from south-eastern Spain, *Cidaris*, 21-22, 25-36.

Goxálvez, V. (1977). *El Bajo Vinalopó. Geografía Agraria*, Departamento de Geografía, Universidad de Valencia, 270 pp.

Gozálvez, V.; Box, M.; Cuenca, A. & Sanjaume, E. (1984). *Estudio morfológico y sedimentológico de la zona del Clot de Galvany*, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, 56 pp.

Iuss-Wrb (2007). *Base referencial mundial del recurso suelo*, Primera Actualización, Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, nº 103, FAO, Roma.

Lancis, C.; Yébenes, A.; Flores, J. A. & Tente-Manclús, J. E. (2004). Precisiones bioestratigráficas y sedimentológicas sobre el Plioceno de la Sierra de Santa Pola (Alicante), *Geotemas*, 7: 143-147.

Marín Ferrer, J. M., Fierro Bandera, I. & Sánchez Ferris, E. J. (2007). *Proyecto Paleo-Clot. Patrimonio Geológico y Paleontológico del Clot de Galvany*, Memoria inédita, Concejalía de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Elche, 114 pp.

Matarredona, E. (1986). Cartografía de las asociaciones edáficas del Baix Vinalopó, *Investigaciones geográficas*, 4: 97-126.

Mateu, J. F. & Cuerda, J. (1978). Morfología cuaternaria de la costa entre l'Altet y el Cap de Santa Pola, *Cuadernos de Geografía*, 23: 63-82.

Montenat, C. (1973). *Les formations néogènes et quaternaires du Levant Espagnol*. Tesis doctoral, París, Orsay, 1170 pp.

Montenat, C. & Truc, G. (1971). Pliocène supérieur et Villafranchien dans le Levant espagnol (Provinces de Murcia et d'Alicante), *Boletín Geológico y Minero*, 82(1): 52-58.

Pajaud, D. (1976). Les Brachiopodes du Pliocène I de la Sierra de Santa Pola (Sud d'Alicante, Espagne): *Terebratula terebratula* (Linné, 1758) et *Phapsirhynchia sanctapaulensis* nov. gen., nov. sp., *Ann. Soc. Géol. Nord*, 96(2): 99-106.

Pigantelli, R. (1973). *Mapa Geológico de España, Esc. 1:50 000 Ser. Magna*, IGME.

ROSSELLÓ, V.M. Y MATEU, J.F. (1978). El litoral cuaternario de Santa Pola. Consideraciones generales, *Cuadernos de Geografía*, 23: 1-18.

Zazo, C.; Goy, J. L.; Hoyos, M.; Dumas, B.; Porta, J.; Martinell, J.; Baena, J. & Aguirre, E. (1981). Ensayo de síntesis sobre el Tirreniense peninsular español, *Estudios Geológicos*, 37: 257-262.

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE
MUPE
10
años

APROXIMACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS PALEOSUELOS DE LA PROVINCIA DE ALICANTE

An approach to knowledge of the paleosols of the province of Alicante

José Navarro Pedreño y Jorge Mataix Beneyto

Grupo de Edafología Ambiental, Departamento de Agroquímica y Medio Ambiente, Ciencias Ambientales, Universidad Miguel Hernández de Elche. Edif. Alcudia, Avd. de la Universidad SN, 03202 Elche (Alicante) - jonavar@goumh.umh.es

RESUMEN

La mayoría de los suelos han experimentado cambios con el tiempo que son reflejo de las condiciones ambientales en las que se han formado. Los suelos relictos que conservan propiedades del pasado son conocidos como paleosuelos; son formaciones edáficas antiguas que por la acción de algún proceso geológico o de neoformación de suelos, han quedado enterrados o permanecen como registro del pasado. En la mayoría de las ocasiones, los procesos que han llevado a esta situación han sido asociados a procesos geomorfológicos y cambios en las condiciones climáticas. Este artículo presenta una aproximación a la importancia del estudio de los paleosuelos y muestra algunos ejemplos de la provincia de Alicante, que pueden ser interpretados como paleosuelos.

Palabras clave: *Cambio climático, paleopaisaje, sedimentación, suelos enterrados, suelos relictos.*

ABSTRACT

Most soils, over time, have experienced significant environmental changes. Relict soils known as Paleosols maintain evidences of old environments and are ancient soil formations by the action of a geologic process or formation of new soil that remain locked or fossilized. In most of the cases, the processes that have led to this situation have been associated with the geomorphology and changes in climatic processes. This article is an approach to the importance of paleosols and shows some examples of the province of Alicante, which can be interpreted as paleosols.

Keywords: *Buried soils, climate change, paleo-landscape, relictic soils, sedimentation.*

INTRODUCCIÓN

Los factores formadores de suelos dados por Jenny (1941, 1980) que determinan la edafogénesis y la evolución son el clima, los organismos, el relieve, el material parental, el tiempo y el hombre. La mayoría de los suelos, a lo largo del tiempo experimentan alteraciones y cambios ambientales que pueden ser muy significativos. Estos cambios suelen producir la diferenciación de sus horizontes: A, B, material parental (C o D), con la posible aparición de horizontes de transición entre ellos. En algunas áreas, las pruebas de estos cambios se han conservado en suelos relictos que son denominados Paleosuelos.

La definición de un paleosuelo no es sencilla. Siguiendo una propuesta asociada al factor tiempo como medida para definir los paleosuelos, Duchafour (1982) propuso que podían considerarse paleosuelos aquellos formados antes del último periodo frío del Pleistoceno. Sin embargo hay muchas regiones que mostraron cambios importantes en el clima durante el final del último periodo frio (*Würm*) con lo que otros autores propusieron como límite de edad para los paleosuelos los 10.000 años. Del mismo modo, se consideraban que los paleosuelos eran aquellos que se encontraban enterrados por sedimentos más recientes que el propio suelo. Sin embargo, se pueden considerar como tales algunos suelos relictos en superficie, que no se encuentran enterrados por sedimentos (Bronger y Catt, 1989). En este último caso, los procesos de formación del suelo actuales pueden eliminar o modificar el registro paleo-edafológico obstaculizando así cualquier interpretación. Por ello, son más

fácilmente reconocibles los paleosuelos que se encuentran enterrados y aislados de los procesos de formación del suelo actuales (EUSOILS, 2010).

Existen dos aproximaciones para describir y nombrar los paleosuelos, cuyo volumen y conocimiento crece día a día. Una es la aproximación como "geosuelo" a partir de la estratigrafía y otra es la aproximación pedológica a partir de la información paleoambiental (Retallack, 1998). Concurre en este último caso la circunstancia adicional que en los dos grandes sistemas de clasificación de suelos (Soil Taxonomy y FAO-WRB), no existe una clasificación específica para los *Paleosols* y se procede a adaptar las clasificaciones dadas para los suelos actuales. No hay ninguna clasificación de paleosuelos totalmente aceptada y dependiendo del enfoque más pedológico o geológico, se procede a adaptar las clasificaciones de suelos o a hacer una descripción detallada de las características de campo, mineralógicas y micromorfológicas del perfil tipo (Imbellone, 2011). Es destacable el esfuerzo realizado en la última edición de la FAO-WRB (2014), donde introduce el término de suelos enterrados (paleosuelos) e indica que son aquellos cubiertos por sedimentos más jóvenes que el suelo e introduce nuevos calificativos en función de los materiales depositados como eólicos, acroflúvico, coluvico o "transportico", cuya transposición al castellano no ha sido todavía concretada. En la *Soil Taxonomy* (USDA-NRCS, 2014) y la nota técnica 10 de julio de 2014 trata con mayor detalle de lo mostrado hasta el momento en versiones anteriores la temática de los suelos enterrados.

A pesar de estas dificultades, en la actualidad se reconocen como paleosuelos a aquellos suelos que se formaron en unas condiciones ambientales distintas de las actuales y son testimonio relicto de los ambientes durante los que se formaron.

Los paleosuelos pueden ser bien diferenciados de los sedimentos cuaternarios (Retallack, 1984) y reconocidos por la identificación de ciertas características entre las que destacan alteraciones en las superficies de los horizontes, la estructura de perfil de suelo, la textura, cambios a nivel morfológico y mineralógico, el color como sucede con el grado de enrojecimiento de superficies minerales y la aparición de arcillas, características criogénicas relictas, restos radiculares y la presencia de nódulos ricos en hierro o materia orgánica entre otras. Una de las herramientas para reconocerlos es la comparación y el conocimiento confrontado de las características entre suelos actuales y relictos en la misma zona, lo que permite entender y recuperar ambientes del pasado, explicar muchos de los procesos que hay detrás del cambio en el clima y su impacto en los ecosistemas naturales.

Por ello, la definición de paleosuelo se aplica a un suelo que se ha formado en un paisaje del pasado (Ruhe, 1956; 1965; Yaalon, 1971; Catt, 1991), que se ha formado bajo condiciones ambientales distintas, principalmente climáticas y por tanto también bajo una vegetación diferente. Son suelos testimonio de ecosistemas terrestres anteriores.

Es importante volver a indicar que este término no engloba sólo a los suelos enterrados o fósiles, sino también a los suelos relictos que comenzaron su desarrollo bajo condiciones muy distintas a las actuales, pero que todavía continúan evolucionando. Por ello podemos incluir dentro de este conjunto (modificado de Tófalo, 2011):

• Suelos fósiles, paleosuelos enterrados bajo depósitos más recientes que ellos y que no sufren alteraciones pedogenéticas actuales aunque pueden sufrir procesos diagenéticos que dificulten su interpretación. Los sedimentos que los cubren son más jóvenes que los suelos e impiden la influencia de las acciones pedogenéticas actuales.

• Suelos policíclicos, que han sido sometidos a más de un ciclo de evolución, correspondiente a fases climáticas diferentes, siendo interrumpidos los ciclos formativos y dónde se aprecian las trazas de esta interrupción.

• Suelos ancianos, cuya evolución es superior a los 10.000 años y responde su formación a condiciones ambientales del pasado.

• Suelos compuestos o complejos: cuyos perfiles han sido formados a partir de materiales parentales diferentes, pero que en la mayoría de los casos el material parental más profundo es un paleosuelo y la mayoría de ellos podrían ser también considerados policíclicos.

Los paleosuelos, al estar asociada su forma-

ción a unas condiciones ambientales determinadas, son indicadores de un período de cierta estabilidad geomorfológica y climática y por tanto, excelentes reseñas de cambios climáticos del pasado, especialmente de datos sobre temperaturas y precipitación, y consecuentemente de la vegetación y las condiciones de drenaje que existían en el momento de formación (Morrison, 1978).

FORMACIÓN DE PALEOSUELOS

Los paleosuelos pueden estar asociados a procesos de sedimentación que den lugar a suelos enterrados y por ello quedar incluidos dentro del registro sedimentario. Su inclusión dentro de este registro puede ser muy relevante ya que nos indica, entre otras informaciones, los periodos donde se produjo sedimentación o no y por tanto son indicadores de condensación estratigráfica y ofrecen un marco muy adecuado para la interpretación de sedimentos cuaternarios (Retallack, 1994). El grado de desarrollo del paloesuelo aporta sustancial información sobre el periodo de tiempo durante el cual no se determinaron procesos de sedimentación y por ello el suelo podría verse afectado por las condiciones ambientales y desarrollarse como tal diferenciándose del regolito.

En este caso, los paleosuelos pueden ser clasificados de acuerdo con el balance entre sedimentos acumulados y tasa de pedogénesis. Si la sedimentación es rápida y discontinua y no median etapas erosivas significativas se forman paleosuelos compuestos, pobremente desarrollados. Verticalmente estos perfiles se encuentran separados por sedimentos levemente modificados por edafogénesis. En contraste, si la sedimentación es continua, se forman gruesos suelos acumulativos con un mayor desarrollo del espesor de los horizontes.

Si consideramos sistemas agradacionales, es decir, procesos de sedimentación en ambientes fluviales, se pueden formar paleosuelos múltiples y superposición de paleosuelos. Estos están sujetos a fuerzas autogénicas (la propia dinámica fluvial) y alogénicas (por ejemplo, las condiciones climáticas).

Los sistemas fluviales representan un medio muy interesante para conocer y localizar paleosuelos cuya formación indica que a lo largo del tiempo geológico se producen episodios de estabilidad en la llanura de inundación que permiten la formación y desarrollo de los suelos que, posteriormente, tras episodios de sedimentación o por neoformación de suelos, pueden quedar preservados como paleosuelos.

En sistemas fluviales, los depósitos de canal pueden mostrar sutiles evidencias de pedogénesis o pueden contener suelos compuestos cuando la sedimentación es muy rápida (e.g., Kraus y Aslan, 1999). La dinámica fluvial puede permitir la formación de suelos con horizontes edáficos de transición Bt en las zonas más elevadas de las barras de deposición de sedimentos mientras que en las zonas más activas los perfiles edáficos que se formen serán más pobres.

En el caso de medios lacustres, la acumulación de sedimentos y de materiales orgánicos puede originar la formación de paleosuelos que presenten una elevada acumulación de materia orgánica y tonos oscuros, sujetos a los cambios ambientales producidos en el medio.

Tanto en un caso como en otro, medios fluviales y palustres, la avulsión (es decir la interrupción del aporte de tierras, sedimentos) facilita que haya periodos de formación de suelos. Según Bridge y Leeder (1979) el cese de sedimentación en una llanura aluvial determinada puede estimarse en el orden de periodicidad de unos 1000 años, lo que propiciaría la generación de paleosuelos.

Si consideramos los cambios climáticos, como factores extrínsecos del sistema, influye directamente sobre el suelo (humedad) y a través de la vegetación. Se supone que muchos paleosuelos se formaron durante épocas de reducida sedimentación y condiciones climáticas relativamente húmedas (Kraus, 1999). Estas condiciones de humedad favorecen procesos de transformación mineralógica con formación de arcillas, procesos de translocación de estas y de descalcificación de los suelos. Si por el contrario el periodo se transforma en seco o hay altas tasas de sedimentación, los procesos de pedogénesis se ven limitados.

Los cambios climáticos bruscos también contribuyen a determinar cambios muy radicales en la formación de los suelos, pudiendo llegar incluso a generar suelos truncados debido a procesos de erosión superficial que pueden

hacer desaparecer horizontes. Estos episodios suelen ser seguidos de periodos con renovada sedimentación, lo que resulta en un perfil edáfico acumulativo-truncado, aunque si la sedimentación es rápida puede desarrollarse un suelo compuesto-truncado (Marriott y Wright, 1993).

La combinación de factores climáticos con la dinámica fluvial, puede generar formas geomorfológicas bien conocidas: aterrazamientos. En estos casos, la identificación de paleosuelos permite reconocer antiguos episodios de aterrazamientos e incisión.

INTERPRETACIÓN Y PALEOSUELOS

Paleosuelos y estratigrafía

Los avances desarrollados en los últimos decenios, permiten poner de manifiesto la gran utilidad que tiene la identificación de paleosuelos para conocer las secuencias estratigráficas, su génesis, subdivisión e incluso ayudar en la datación. Por ejemplo, Koch *et al*. (1992) demostró que algunos paleosuelos tienen gran potencial para efectuar correlaciones globales empleando relaciones isotópicas de $^{13}C/^{12}C$. Wright y Alonso Zarza (1992) realizaron dataciones a partir de la composición isotópica en paleosuelos carbonatados del Mioceno en la Cuenca de Madrid, en el Sistema Central, en calcretas y dolocretas (caliches).

En la condiciones de formación de suelos en la provincia de Alicante, y considerando la importancia de las cuencas neógenas situadas en su mitad meridional, es relevante conocer el modelo desarrollado por Wright y Marrriott, (1993), que predice cómo se desarrollan etapas de madurez pedogénica y drenaje del suelo en planicies próximas a la costa en función de los ciclos del nivel del mar. Este modelo sugiere que durante los períodos en que el nivel del mar es bajo, los suelos maduros y bien drenados deberían formarse sobre terrazas que son producidas por la incisión del canal fluvial, debido al descenso del nivel y a la no recepción de sedimentos en las llanuras de inundación. Por el contrario, cuando el nivel del mar comienza a subir, se desarrollan suelos hidromórficos. Al continuar este ascenso el espacio de acomodación se incrementa y la sedimentación en la llanura aluvial es rápida conduciendo a un pobre desarrollo de paleosuelos. Posteriormente, si el nivel del mar sube, se limitan o anulan los procesos de dinámica fluvial y formación de suelos. Intentando delimitar las secuencias interfluviales McCarthy y Plint (1998) hicieron hincapié en los aspectos asociados a la micromorfología y la morfología de campo. Encontraron que suelos de color gris y la presencia de siderita y materia orgánica preservada indicaba que los suelos fueron formados bajo condiciones pobres de drenaje. Si se detecta la presencia de películas de arcilla y acumulaciones ferruginosas sugieren que el drenaje se incrementó. La presencia posterior de depósitos limosos directamente por encima de la secuencia edáfica, refleja una renovada sedimentación en los interfluvios.

Paleosuelos y paleopaisajes

Las asociaciones suelo y paisaje están en una relación directa tanto en la actualidad como en el pasado. Por ello, los estudios de los paleosuelos y su distribución permite determinar en buena medida los paleopaisajes y los elementos que debían configurarlos.

El estudio del paisaje y de los suelos asociados, puede realizarse a diferentes escalas, tanto a nivel local (por ejemplo en un canal fluvial, una llanura de inundación, espacios dunares costeros,…) como a escalas de cuenca o regionales (cuencas de drenaje, grandes sistemas palustres, zonas endorreicas,…).

Los datos que se aportan a escala local son muy significativos y suelen estar asociados a la topografía existente en su día y a la granulometría. Así, Bown y Kraus (1987) demostraron para llanuras aluviales, que suelos con buen drenaje se forman en los depósitos marginales del río, porque se encuentran en una posición elevada en relación con el resto de la llanura, con materiales permeables, que pueden mostrar rastros de condiciones de oxidación, incluyendo un horizonte A marrón y Bw (meteorizado o B estructural), y materia orgánica dispersa. Sin embargo, se presentan colores grisáceos de forma más común en las porciones inferiores (horizontes Bg y Cg gleicos, que son enriquecidos en yeso), porque están más próximos al nivel freático y son más propensos a las condiciones reductoras. En las

zonas anegadas, las condiciones reductoras favorecen la acumulación y preservación de materia orgánica en un horizonte Ag y el desarrollo de un grueso y gris horizonte Bg con numerosas cambios de tipo redox.

Los datos a escala de cuenca de los paleosuelos, ayudan a entender entre otros datos, los cambios climáticos de la zona y las fluctuaciones del nivel del mar, incluso pueden ayudar a entender aspectos tectónicos.

Alonso Zarza *et al*. (1992) describió paleosuelos miocenos desarrollados en diferentes ambientes como conos aluviales, márgenes de lagos y llanuras de inundación, siendo usados para interpretar variaciones climáticas y de subsidencia en la cuenca. García Giménez *et al*. (1997) encontraron rasgos climáticos mediterráneos en el páramo de Madrid en el Pleistoceno a partir del estudio de paleosuelos y su correlación estratigráfica, basados en el estudio del color, la textura y la composición mineralógica.

Para estos datos regionales en cuencas, según autores como Atkinson (1986), los paleosuelos muestran mayor madurez y drenaje próximos al área de aporte mientras que pendiente abajo, los paleosuelos encontrados son progresivamente menos maduros y más pobremente drenados. Estos cambios los atribuyó a la variación topográfica y al incremento de la tasa de acumulación. En las zonas más bajas Platt y Keller (1992), también documentaron un incremento en la madurez e hidromorfismo de los paleosuelos.

Paleosuelos y paleoclimas

Uno de los factores más influyentes en la formación de los suelos es el clima. Las condiciones climáticas determinan en gran medida la edafogénesis, por ello, los paleosuelos formados bajo determinadas condiciones, aportan información sobre el paleoclima al que se vieron sometidos.

Podemos a través de su estudio tratar de cuantificar antiguos regímenes de precipitación y de temperatura. Las condiciones climáticas antiguas pueden ser interpretadas a través de una clasificación de paleosuelos y por analogía con las condiciones actuales para inferir el régimen paleoclimático. Por ejemplo Mack (1992) y Mack y James (1993, 1994) por analogía con los suelos actuales y basándose en la Soil Taxonomy, utilizaron paleosuelos en zonas aluviales para interpretar paleoclimas: los Aridisoles formados fueron atribuidos a condiciones semiáridas o áridas, Inceptisoles y Alfisoles que sugieren climas sub-húmedos o húmedos, los paleosuelos meteorizados como son Oxisoles deberían ser característicos de paleoclimas húmedos ecuatoriales con escasas variaciones estacionales.

También se pueden utilizar propiedades pedogénicas particulares que tendrían significancia climática. Por ejemplo Wright y Alonso Zarza (1992) utilizan isótopos estables de carbón y oxígeno, que son también utilizados para interpretar climas antiguos.

Otro de los indicios asociados a los paleoclimas, en especial a las precipitaciones, es la profundidad a la que los horizontes cálcicos fueron formados (Retallack, 1994), cuando estos aparecen. La acumulación de arcillas y carbonato y profundidad de oxidación, pueden ser cuantificados y relacionados con el clima, por ejemplo en la formación de *terra rossa*.

PALEOSUELOS EN LA PROVINICA DE ALICANTE

La presencia de paleosuelos en la provincia de Alicante se constata en numerosas zonas, aunque siempre es compleja su interpretación. En este caso, se opta por indicar algunos rasgos de los paleosuelos encontrados asociados a factores formadores del suelo en determinadas localidades de Alicante.

La importancia de estos paleosuelos estriba en que son ejemplos claros de ambientes del pasado, de paleopaisajes, aportan sustancial información de los procesos evolutivos y en posteriores estudios, podrían permitir la obtención de datos climáticos que permitieran conocer con mayor grado de detalle la influencia y evolución del cambio climático a lo largo de los últimos diez millones de años, desde el final del Mioceno, el Plioceno, Pleistoceno, y el Holoceno.

El primer perfil que se muestra corresponde a Biar (fig. 1). Se sitúa en el lateral de un canal fluvial hoy día seco y por cuyo cauce discurre agua durante episodios de copiosas lluvias.

Figura 1. *Perfil de suelos de Biar.*

Los procesos de sedimentación y edafogénesis debieron estar asociados a pulsos de aportes de sedimentos alternando con periodos de formación del suelo y desarrollo de la vegetación. Sobre esta secuencia, en la actualidad se encuentra un leptosol mollico (WRB, 2014), es decir un suelo de escasa profundidad en el que están apareciendo propiedades asociadas a la acumulación de materia orgánica y un proceso evolutivo de diferenciación de horizontes. Los paleosuelos, situados por debajo, presentan una textura arenosa y colores oscuros, alternando con estratos sedimentarios entre los que destacan los depósitos de gravas y clastos y una posible estructura ABh.

En el caso de Biar, los procesos de sedimentación fluvial alternando con etapas en las que existía una elevada humedad y una facilidad para acumular materia orgánica, pudieron ser los factores que controlaron la formación de los paleosuelos.

Un caso similar es el que presenta el perfil localizado en Tibi, ya que se encuentra situado en un canal fluvial, tras el actual pantano. En este caso, la figura 2 muestra también en superficie un leptosol en el que las condiciones actuales de precipitación y temperatura no

Figura 2. *Perfil de suelos de Tibi.*

favorecen un desarrollo de la vegetación como en el caso anterior. En este caso se aprecian también una serie de estratos formados por materiales de diversa granulometría y grosor que alternan con horizontes edáficos poco desarrollados que mostrarían un horizonte A escasamente desarrollado.

En este caso, dado que se encuentra en una parte inferior de la cuenca con relación al precedente, parece cumplirse el criterio establecido por Wright y Marrriott, (1993) de un menor desarrollo hacia la parte meridional de la cuenca. Sería un conjunto de paleosuelos que como el caso anterior, parecen estar determinados por el aporte de sedimentos fluviales. Las superficies expuestas a la intemperie han sufrido alteraciones y en algunas aparecen tonos ocres asociados a óxidos de hierro.

Los dos ejemplos siguientes corresponden a la Sierra del Maigmo. El primero de ellos en la cara de umbría (fig. 3) mientras que el segundo se sitúa en la solana (fig. 4).

En el caso de la umbría, se aprecian suelos enterrados por sedimentos calizos, claramente distinguibles por su coloración oscura. La disposición alterna de bandas de sedimentos calizos con suelos de escaso desarrollo en profundidad, que limitan al horizonte Ah (horizonte superficial mollico con elevado contenido en materia orgánica), que podrían corresponder con kastanozems háplicos. Nos remitiría a climas secos y cálidos pero al estar orientado hacia el norte, recibe suficiente humedad para el desarrollo de una importante cubierta vegetal que aporta la materia orgánica al suelo y genera el horizonte móllico. En este caso, el control topográfico parece ser el responsable de la formación de suelos enterrados.

Para la vertiente de solana, la situación es similar solamente que los paleosuelos parecen mucho más escasamente desarrollados, pudiendo ser interpretados como leptosoles. El control topográfico parece ser el más importante unido a la orientación que genera condiciones de desarrollo de la vegetación más desfavorables.

En ambos casos mostrados en la Sierra del Maigmo, los suelos enterrados parecen ser relativamente más jóvenes que los formados en Biar y Tibi al estar estos asociados a canales fluviales, con deposición de sedimentos y posteriores procesos incisivos en las cuencas que han dejado al descubierto los perfiles.

Figura 3. *Perfil de suelos de la Sierra del Maigmo, umbría.*

Figura 4. *Perfil de suelos de la Sierra del Maigmo, solana.*

La figura 5 muestra un paleosuelo localizado en el entorno de Santa Pola, que puede corresponder con un suelo denominado habitualmente *terra rossa*, que se encuentra enterrado bajo un leptosol formado sobre una capa de caliche. El origen de esta capa de caliche se debe a la precipitación de carbonato cálcico, que procede del lavado (disolución y transporte por el agua de circulación edáfica) lateral y vertical de los carbonatos existentes en los relieves carbonatados. Son depósitos continentales edafogenéticos y la mayoría de ellos se formaron en el Plioceno y el Pleistoceno. Por ello, este paleosuelo puede tener una edad superior a los 1,8 millones de años.

El proceso de formación de la *terra rossa* (que en la imagen aparece en la parte inferior muy alterada al exterior por las condiciones ambientales) que en la WRB (2014) puede corresponder con un cambisol, parece deberse a la descalcificación del perfil edáfico por la acción combinada del dióxido de carbono atmosférico combinado con el agua de lluvia para formar ácido carbónico, que ataca al carbonato cálcico del material edáfico y lo convierte en bicarbonato cálcico soluble en el agua, quedando depositada la arcilla liberada en las zonas bajas

Figura 5. *Perfil de suelos de la Sierra del Cabo de Santa Pola.*

del relieve formando cubetas de *terra rossa* (término italiano que significa tierra roja). La *terra rossa* es una arcilla de descalcificación. Sin embargo, en el área mediterránea española se considera que, a partir del análisis de los suelos realizado por Muhs *et al*. (2010), el polvo africano es el principal contribuyente a la formación de estos paleosuelos aunque las rocas subyacentes también tienen una contribución, probablemente por medio del cuarzo residual. Estos suelos se pueden considerar paleosuelos tanto si se encuentran en superficie como enterrados, ya que su proceso de formación puede durar entre 10.000 y 25.000 años (Jordán, 2012). Son indicativos de etapas con mayor humedad, capaz de favorecer los procesos de descalcificación. El factor clima parece haber sido el determinante en la formación y posterior enterramiento, combinado con la sedimentación, de este paleosuelo.

Finalmente, se presenta un suelo enterrado en Crevillente (fig. 6), junto a un importante yacimiento paleontológico en el que se han encontrado numerosos restos de mamíferos del Mioceno Superior. Este suelo, cuyo perfil en profundidad no ha podido todavía ser estudiado, muestra una acumulación de materia orgánica y probablemente se trate de un antiguo histosol formado cerca de una zona lacustre donde se dieron condiciones elevadas de humedad y de acumulación de restos orgánicos vegetales, con una fuerte alteración asociada al factor tiempo. La antigüedad de este paleosuelo podía rondar los 8 millones de años o más, considerando los niveles estratigráficos superiores y la presencia de restos paleontológicos en dichos niveles.

CONCLUSIONES

Los paleosuelos pueden ser muy buenos indicadores de ambientes, procesos y paisajes del pasado, así como servir para la interpretación estratigráfica. El estudio de los paleosuelos en la provincia de Alicante es un campo que se encuentra por desarrollar. Aunque han sido indicados en algunos trabajos la presencia de paleosuelos en la provincia (Walker y Cuenca,

Figura 6. *Perfil encontrado en la zona de Crevillente.*

1985, Somoza *et al*., 1989; López y Conesa, 1997) y es conocida la presencia de *terra rossa* como un elemento relevante en varias zonas de Alicante, las aproximaciones realizadas para su estudio han sido considerando más la geomorfología y el estudio del cuaternario per se frente a los criterios de pedogénesis y el reconocimiento del edafo-paisaje asociado.

Es necesario realizar nuevos estudios que permitan el mejor conocimiento de las características de estos suelos, que aporten más y mejor información sobre los cambios ambientales acaecidos, la tipología de los suelos y el paisaje asociado a los mismos, determinado por sus características edáficas.

BIBLIOGRAFÍA

Alonso Zarza, A.M., Wright, V.P., Calvo, J.P. & García del Cura, M.A. (1992). Soil-landscape and climatic relationships in the middle Miocene of the Madrid Basin. *Sedimentology*, 39, 17-35.

Atkinson, C.D., (1986). Tectonic control on alluvial sedimentation as revealed by an ancient catena in the Capella Formation (Eocene) of northern Spain. En Wright, V.P (ed.) *Paleosols: Their Recognition and Interpretation* (pp. 139-179). Ed.: Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Bown, T.M. & Kraus, M.J. (1987). Integration of channel and floodplains suites, I. Developmental sequence and lateral relations of alluvial paleosols. *Journal of Sedimentary Petrology*, 57, 587-601.

Bridge, J.S. & Leeder, M.R. (1979). A simulation model of alluvial stratigraphy. *Sedimentology*, 26, 599-623.

Bronger, A. & Catt, J.A. (1989). Paleosols: problems of definition, recognition and interpretation. *Catena* 16:1-7.

Campuzano, M.L., & Conesa C. (1997). Estudio morfo-sedimentario de las terrazas de la Rambla de Tobarrillas (Yecla, Murcia). Implicaciones paleoambientales en relación con un asentamiento Paleolítico Medio. *Papeles de Geografía*, 25, 133-157.

Catt, J.A. (1991). *Paleopedology manual Quaternary International*. INQUA. Pergamon.

Duchafour, P. (1982). *Pedology, pedogenesis and classification*. Ed. Allen and Unwin, Londres.

EUSOILS (2014). *Northern Soils: A Global Perspective|Soil Atlas of the Northern Circumpolar*. Último acceso el 27 de junio de 2014, desde http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/Maps/Circumpolar/.

García Gímenez, R., Gónzalez Martín, J.A., & Jiménez Ballesta, R. (1997). Permanencia de ambientes edafogenéticos de rango mediterráneo en la evolución pleistocena del páramo de Madrid. *Edafología* 1, 67-73.

Imbellone, P.A. (2011). Classification of Paleosols. *Geociências*, 30 (1), 5-13.

Jenny, H. (1941). *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology*. Ed. McGraw Hill, Nueva York.

Jenny, H. (1980). *The soil resource: origin and behavior*. Ed. Springer-Verlag, Nueva York.

Jordán, A. (2012). *Terra rossa*. Último acceso el 3 de julio de 2014, desde http://egusssd.wordpress.com/2012/07/05/terra-rossa/.

Koch, P.L., Zachos, J.C. & Gingerich, P.D. (1992). Correlation between isotope records in marine and continental carbon reservoirs near the Paleocene/Eocene boundary. *Nature*, 358, 319-322.

Kraus, M.J. & Aslan, A. (1999). Paleosol sequences in floodplain environments: a hierarchical approach. En Thiry, M. (ed.) P*alaeoweathering, Palaeosurfaces and Related Continental Deposits* (pp. 303-321). Ed. Int. Assoc. Sediment., Spec. Publ. Nº 27.

Kraus, M.J., (1999). Paleosols in clastic sedimentary rocks: their geologic applications. *Earth Science Reviews,* 47, 41-70.

Mack, G.H. & James, W.C. (1993). Control of basin symmetry on fluvial lithofacies, Camp Rice and Palomas Formation (Pliocene – Pleistocene), southern Río Grande rift, USA. En Marzo M. and Puigdefabregas (eds.) *Alluvial Sedimentation* (pp. 439-449). Ed. Int. Ass. Sediment, Spec. Publi. Nº 17.

Mack, G.H. & James, W.C. (1994). Paleoclimate and the global distribution of paleosols. *Journal of Geology*, 102, 483-494.

Mack, G.H. (1992). Paleosols as an indicator of climatic change at the Early-Late Cretaceous boundary, southwestern New Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology*, 62, 483-494.

Marriott, S.B. & Wright, V.P. (1993). Paleosols as indicators of geomorphic stability in two Old Red Sandstones alluvial suites, South Wales. *Journal of the Geological Society of London* 150, 1109 – 1120.

Marriott, S.B. (1996). Analysis and modelling of overbank deposits. En Anderson. M.G., Walling, D.E., Bates, P.D. (eds.) *Floodplain Processes* (pp. 63-93). Ed Wiley, Chichester.

McCarthy, P.J. & Plint, A.G. (1998). Recognition of interfluve sequence boundaries: integrating paleopedology and sequence stratigraphy. *Geology* 26, 387-390.

Morrison, R. (1978). Quaternary Soil Stratigraphy. Concepts, Methods, and Problems. En: *Quaternary soil. Third York Quaternary Simposium*. Ed. Geo Abstracts, Norwich.

Muhs, D.R., Budahn, J., Ávila, A., Skipp, G., Freeman, J., & Patterson, D.A. (2010). The role of African dust in the formation of Quaternary soils on Mallorca, Spain and implications for the genesis of Red Mediterranean soils. *Quaternary Science Reviews* 29(19-20), 2518-2543.

Platt, N.H., & Keller. B. (1992). Distal alluvial deposits in a foreland basin-setting the lower freshwater Molasse (lower Miocene), Switzerland: sedimentology, architecture and palaeosols. *Sedimentology*, 39, 545-565.

Retallack, G.J. (1984). Completeness of the rock and fossil record: some estimates using fossil soils. *Paleobiology* 10, 59-78.

Retallack, G.J. (1994). The environmental factor approach to the interpretation of paleosols. En Amundson, R., Harden. J., Singer, M. (eds.) *Factors of Soil Formation: a Fiftieth Anniversary Retrospective* (pp. 31-64). Ed Soil Sci. Soc. Am., Madison.

Retallack, G.J. (1998). Core concepts of paleopedology. *Quaternary International* 51/52, 203-212.

Ruhe, R.V. (1965). Quternary paleopedology. En Wright, H.E. y Frey D.G (eds.) *The quternary of the United States* (pp. 755-764). Ed Princeton University Press.

Somoza, L., Zazo, C., Goy, J.L., & Morner, N.A. (1989). Estudio geomorfológico de secuencias de abanicos aluviales cuaternarios (Alicante-Murcia, España). *Cuaternario y Geomorfología* 3 (1-4): 73-82.

USDA-NRCS (2014). Keys to Soil Taxonomy (12th edition). Ed. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service.

USDA-NRCS (2014). Soil Survey Technical Note 10. Buried Soils and Their Effect on Taxonomic Classification. Ultimo acceso el 30 de julio de 2014, desde http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/ref/?cid=nrcs142p2_053568

Tófalo, O.R. (2011). *Paleosuelos*. Último acceso el 27 de junio de 2014, desde http://edafologia.materias.gl.fcen.uba.ar/index.php/download_file/view/91/129/.

Walker, M.J. & Cuenca, A. (1985). Consideraciones generales sobre el cuaternario continental en Alicante y Murcia. *Cuadernos de Geografía*, 36 21-3.

WRB (2014). *World reference Base for Soil Resource*. Ed. FAO, Roma (Italia).

Wright, V.P. & Alonso Zarza, A.M. (1992). Significado de la composición isotópica (^{13}C y ^{18}O) en paleosuelos carbonatados. Mioceno de la Cuenca de Madrid. *Geogaceta*, 11, 61-63.

Wright, V.P. & Marriott, S.B. (1993). The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems: the rote of floodplain storage. *Sedimentary Geology*, 86, 203-210.

Yaalon, D.H. (1971). Soil forming processes in time and space. En Yaalon, D.H. (ed.) *Paleopedology. Origin, nature and dating of paleosols*. Ed. International Society of Soil Science.

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE
MUPE
10
años

VER (VIRTUALMENTE), PERO NO TOCAR: LOS HOLOTIPOS FANTASMA DE LA PALEONTOLOGÍA

Look (virtually), but don't touch: the phantom holotypes of the paleontology

Enrique Peñalver Mollá
Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España
e.penalver@igme.es

RESUMEN

El presente artículo trata sobre un nuevo tipo de ejemplares holotipo en paleontología que únicamente pueden ser estudiados con técnicas tomográficas novedosas como la microtomografía de rayos-X con radiación de sincrotrón. En ámbar opaco se ha utilizado esta técnica y se han establecido holotipos sólo visibles indirectamente (virtualmente) gracias a las imágenes microtomográficas en alta resolución, por lo que las características morfológicas que se listan en las diagnosis de los nuevos taxones se establecen a partir de dichas imágenes. Por tanto, la revisión posterior de los nuevos taxones no se hace de los holotipos, a no ser que se crea necesario obtener nuevas imágenes microtomográficas. Estas imágenes pueden estar disponibles en internet para investigación o ser enviadas inmediatamente al especialista que las solicite para una revisión. También se pueden exportar a una impresora 3D y revisar algunas características morfológicas mostradas físicamente por las réplicas en resina sintética. No obstante, de acuerdo con el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica el holotipo es el ejemplar que ha sido "tomografiado", a simple vista un pedazo opaco de ámbar, el cual debe ser conservado como cualquier otro holotipo. Con la generalización de esta técnica y otras similares como el CT-scan, también aplicadas a ejemplares fósiles completamente visibles y a ejemplares actuales, en el futuro estarán disponibles grandes bases de datos en línea nutridas por numerosos museos e investigadores de las que se podrán descargar los archivos que permitan revisar los holotipos (los taxones). Esto evitará a los investigadores el desplazamiento a los museos que custodian los holotipos, para la realización de revisiones morfológicas, y también evitará el envío por correo postal de estos valiosos ejemplares.

Palabras clave: *Holotipo, insectos, Microtomografía de rayos-X con radiación de sincrotrón, técnica no destructiva, bases de datos en línea, ámbar opaco, Cretácico.*

ABSTRACT

This paper deals about a new type of holotype specimens in paleontology, which can only be studied with new digital technologies such as X-ray synchrotron microtomography. In fully opaque amber has been used this technique and have been established holotype specimens that are only visible indirectly (virtually) through high resolution microtomography images. In consequence, the morphological features listed in the diagnoses of the new taxa are established from these images. Therefore, the subsequent review of the taxa is not of the holotypes, except to if a new microtomography image is considered necessary. The microtomography images may be available online for research. They also can be sent to the specialist for review if requested. These images can be exported to a 3D printer in order to review some morphological features showed by the replicas made with synthetic resin. However, according to the International Code of Zoological Nomenclature, the holotype is the specimen that has been imaged, actually an opaque amber piece, which must be preserved as any other holotype. With the generalization of this technique, and other similar techniques, for example the CT-scan, which also can be applied to fully visible fossil specimens and extant specimens, large online databases will be increased by museums and researchers to download this kind of files containing all the available information for review the holotypes (taxa). Thus, for review, it will not be necessary to visit the museums that housed the holotypes or to mail these valuable specimens to the researches.

Keywords: *Holotype, insects, X-ray synchrotron microtomography, non-destructive technique, online databases, opaque amber, Cretaceous.*

INTRODUCCIÓN

Los paleontólogos están acostumbrados a tratar con holotipos. Describen especies y establecen holotipos, a veces también paratipos y alotipos, que han estudiado con meticulosidad, ya sea observando todas sus características *de visu* si los ejemplares fósiles son de cierto tamaño, midiendo cada característica morfológica directamente con un pie de rey, o con el uso de un microscopio si son muy pequeños, haciendo mediciones con regletas en los oculares de los microscopios, etc. Los holotipos son los tesoros de todo museo y, generalmente, precisan de una protección extrema ya que son los patrones internacionales de referencia según el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica. Es decir, son una garantía en taxonomía ya que contienen toda la información del nuevo taxón para futuras revisiones. Por ello, en muy pocas ocasiones estarán expuestos en las vitrinas de los museos para su contemplación por el público, mientras que generalmente son expuestas réplicas de los mismos. Su protección especial garantizará futuras revisiones. El lugar aconsejado e idóneo para conservar un holotipo, la llamada tipoteca, en una institución que mantenga una colección de investigación, es un armario ignífugo que hace de caja fuerte y del que existe un completo registro de entradas, salidas e incidencias (Belinchón *et al.*, 2009).

Cuando un especialista en el grupo quiera revisar un holotipo para comprobar que la descripción original de la especie es correcta en todos los detalles, o para conocer alguna característica que ha resultado ser interesante, pero que no fue descrita originalmente, entonces, tendrá que solicitar los permisos pertinentes y presentarse en el museo correspondiente. Es muy poco común que un holotipo se preste para estudio fuera de las instalaciones del museo y mucho menos que sea prestado y enviado por correo postal al especialista. Para holotipos más valiosos de lo común, por ejemplo muchos que son los pilares sobre los que se asienta la paleoantropología, hay tradición de hacer réplicas exactas no solo para exposición, sino también para la revisión e investigación. No es una situación ideal, pues siempre será mejor estudiar el original, pero es una opción muy práctica y totalmente segura para la integridad de los originales. Algunos de estos holotipos de la paleoantropología tienen el acceso tan restringido que solo ocasionalmente unos pocos especialistas de renombre mundial pueden "tocarlos".

De un holotipo esperamos que nos muestre de forma evidente las características que llevaron a la descripción de una especie. Se puede decir que esas características deben estar "a la vista". Tenemos que visualizar en él lo que está establecido en la diagnosis del nuevo taxón. Así pues, el holotipo 1) debe existir (si alguno se pierde o se destruye está indicado en el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica cómo establecer un neotipo que lo sustituya si es posible), 2) debe estar disponible a los investigadores (ello incluye que se encuentre en una institución científica apropiada, no en la casa de un coleccionista privado, por ejemplo) y 3) debe mostrar sus características para estudio. El investigador quiere tomar en sus manos el holotipo (si no es un fémur de dinosaurio de muchos kilogramos de peso o todo un esqueleto de dinosaurio, por ejemplo), tener acceso directo al mismo, y ponerse a la tarea de revisarlo y estudiarlo. Algunos holotipos pueden ser microscópicos, por lo que se conservan en una preparación y deben ser observados al microscopio. Cada vez más diagnosis de especies actuales contienen datos genéticos que solo pueden revisarse realizando nuevos análisis, no nuevas observaciones directas del holotipo… pero esa es otra historia.

EL ÁMBAR SIEMPRE ES ESPECIAL

El ámbar es resina fósil y generalmente se trata de una materia transparente con colores que van desde el amarillo pálido al rojo intenso, pasando por un color intermedio o color ámbar. El ámbar suele contener restos de organismos del pasado (bioinclusiones) perfectamente conservados en su interior, generalmente artrópodos, sobre todo insectos. El ámbar más antiguo con bioinclusiones proviene del Triásico de Cortina, Formación Heiligkreuz, al noreste de Italia y ha proporcionado únicamente tres artrópodos fósiles hasta la fecha (Schmidt *et al.*, 2012). Para el Mesozoico, el ámbar del Cretácico es el que contiene decenas de miles de ejemplares en numerosos yacimientos, principalmente en el Hemisferio Norte (Penney, 2010). Los fósiles que contiene el ámbar conservan su tridimensionali-

dad durante el proceso de fosilización.

Dado que generalmente esta materia es transparente o semitransparente y presenta bioinclusiones muy bien conservadas, se pueden estudiar los caracteres morfológicos externos de los artrópodos con todo detalle, incluso los muy pequeños, con el uso de lupas binoculares y microscopios ópticos. Ocasionalmente se encuentran piezas de ámbar opaco, de un color marrón claro, algunos de gran tamaño (fig. 1). La opacidad del ámbar puede tener su origen en una alteración fosildiagenética o en la invasión de las piezas de resina por hongos resinícolas durante el Cretácico (Speranza *et al.*, enviado). El objeto de este artículo son ciertas bioinclusiones en ámbar opaco que se están estableciendo como holotipos en los últimos años. Por razones prácticas se limita la discusión a holotipos de insectos en ámbar, aunque se podría hacer extensible a arácnidos y a crustáceos en ámbar, y también a unos pocos fósiles conservados en otros medios peculiares.

En Francia abundan las piezas de ámbar cretácico completamente opaco en varios yacimientos. Dos especialistas, el Dr. Didier Néraudeau, de la Universidad de Rennes 1, y el Dr. Paul Tafforeau, del European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) presente en la población de Grenoble, se preguntaron hace años si contendrían insectos como ocurre en el ámbar cretácico transparente en Francia y otros países. Descubrieron que podían contener muchos ejemplares perfectamente conservados en el interior (Lak *et al.*, 2007). El contenido potencial del ámbar opaco no se puede estudiar cortándolo y puliéndolo, por muy cerca del ejemplar que se realice este proceso común en el estudio de bioinclusiones en ámbar, ya que la opacidad es completa. Esta circunstancia implicaba unos sesgos muy grandes para los estudios de paleodiversidad y paleoecología respecto a este tipo de yacimientos, pues los ejemplares que contenían las piezas opacas no podían ser conocidos.

Figura 1. *Pieza de gran tamaño de ámbar opaco hallada en el yacimiento La Hoya, Cortes de Arenoso (Castellón).*

El sincrotrón es una especie de acelerador de partículas y por ello posee un largo anillo en cuyo interior circulan haces de electrones en condiciones de vacío. Gracias a potentes campos eléctricos y magnéticos se aceleran electrones formando un haz para generar rayos X de alta energía conocidos como luz de sincrotrón. Con esta radiación se pueden obtener imágenes nítidas de partes del interior de los materiales que presentan diferente densidad, de forma similar a cómo se aprovechan los rayos X en medicina. Esta técnica se está utilizando cada vez más para el estudio de todo tipo de fósiles, pues además de proporcionar unos resultados excelentes, es una técnica no destructiva (Tafforeau *et al.*, 2006). Es la que han utilizado los especialistas franceses.

Cuando se detectan fósiles en el ámbar opaco mediante una tomografía preliminar se realiza una digitalización fina mediante Microtomografía en Contraste de Fase, mientras la pieza rota hasta dar una vuelta o una semivuelta. La imagen final implica más de 2.000 microtomografías seriadas de cada uno de los insectos durante unos tres cuartos de hora (Peñalver, 2012). Los detalles técnicos para obtener buenos resultados con el uso de la luz de sincrotrón se pueden consultar en Lak *et al.* (2008).

Con el sincrotrón se obtienen imágenes microtomográficas de alta resolución de los insectos en el interior del ámbar opaco, incluso de ejemplares fósiles diminutos como por ejemplo los insectos tisanópteros (Peñalver *et al.*, 2012)

o las avispas de la rara familia extinta Gallorommatidae (Soriano *et al.*, 2010a) descritas por Ortega *et al.* (2011), de menos de un milímetro de longitud corporal (fig. 2). Estas imágenes se pueden manipular de forma muy versátil con un software. Por ejemplo, pueden ser exploradas en todos los ángulos, observar secciones realizadas en cualquier dirección (Soriano *et al.*, 2010a), comprobar si se han conservado estructuras internas como haces musculares u órganos (Pohl *et al.*, 2010), estudiar las alas posteriores plegadas bajo los élitros de un escarabajo (Soriano *et al.*, 2010a), o extractar digitalmente las diferentes partes de la anatomía conservada (disección virtual). Por ejemplo, con la disección virtual se pueden aislar los elementos de la genitalia de un escarabajo (Perreau y Tafforeau, 2011) o las hileras de una araña (Saupe *et al.*, 2012).

Un ejemplo del tipo de estudios que se pueden hacer con el uso del sincrotrón, no únicamente los de carácter morfológico sino también tafonómico y paleobiológico, es el de conocer mejor la distribución de los granos de polen en el cuerpo del género de insecto *Gymnopollisthrips* (fig. 3), que era polinizador de gimnospermas durante el Cretácico (Peñalver *et al.*, 2012). Se generó una película de uno de estos diminutos insectos tisanópteros, de la especie *G. minor*, que se puede descargar libremente y a alta resolución en la página web del ESRF o a baja resolución haciendo clic en "Download Movie_S01 (AVI)"en la dirección: http://www.pnas.org/content/suppl/2012/05/11/1120499109.DCSupplemental. Otro ejemplo de interés es el de un pseudoescorpión en ámbar Báltico transparente, de edad Eoceno, que presentaba algunas partes de importancia taxonómica no visibles para estudio. Las imágenes microtomográficas de sincrotrón permitieron el estudio completo. En homenaje a esta técnica que está revolucionando el estudio de los fósiles, la especie de pseudoescorpión se denominó con el sugerente nombre *Pseudogarypus synchrotron* (Henderickx *et al.*, 2012).

Figura 2. *Imagen microtomográfica con radiación de sincrotrón del holotipo (MCNA-12630), en ámbar transparente del Cretácico de Álava, perteneciente a una avispa macho de la especie Gallorommа alavaensis de la extinta familia Gallorommatidae (especie descrita en Ortega* et al.*, 2011; imagen del ESRF publicada en Soriano* et al.*, 2010 a). Longitud corporal 0.43 mm aproximadamente.*

Una especie de escarabajo, también en ámbar del Báltico, se denominó *Nemadus microtomographicus* en otro estudio (Perrean y Tafforean, 2011).

Las imágenes se pueden exportar a una impresora 3D y así obtener modelos exactos a gran tamaño en resina (Peñalver, 2012). Estos modelos tienen una gran fiabilidad y de ellos se pueden tomar medidas relativas, y ser estudiadas en mano las características morfológicas del ejemplar original (fig. 4). Por otra parte, son muy útiles en exposiciones de museo para visualizar las bioinclusiones en ámbar del Cretácico, generalmente muy pequeñas.

Todo ello se ha hecho con ámbar opaco de Francia. El proceso completo con el ámbar opaco francés hasta la obtención de las réplicas con una impresora 3D, presentado por el Dr. Paul Tafforeau, se puede ver en una película de dos minutos en la dirección: https://www.youtube.com/watch?v=M2KUebVSfts. En España solo se han usado estas técnicas para digitalizar ejemplares en ámbar transparente o turbio, un centenar hasta la fecha, aunque la mayoría de las digitalizaciones está a la espera de ser procesadas y analizadas (Soriano *et al.*, 2010b; Peñalver, 2012). El proyecto se inició en 2009 para

Figura 3. *Imágenes microtomográficas (vistas ventral, lateral y dorsal, respectivamente) con radiación de sincrotrón del holotipo (MCNA-10731) de la especie* Gymnopollisthrips minor *(Melanthripidae), en ámbar transparente del Cretácico de Álava. En amarillo se muestran los granos de polen de gimnosperma adheridos al cuerpo (longitud corporal alrededor de 1 mm). Imágenes del ESRF, obtenidas de Peñalver* et al. *(2012).*

ser desarrollado en el sincrotrón de Grenoble y sobre todo se microtomografiaron ejemplares de insectos de los yacimientos de San Just (Teruel), Peñacerrada (Álava) y El Soplao (Cantabria) (Soriano *et al.*, 2010b). Se puede ver en la figura 4 el ejemplo de una araña hallada en ámbar transparente del Cretácico de San Just, en Teruel. Queda por realizar el estudio del ámbar opaco español (fig. 1), aunque son muy raras las masas completamente opacas (Peñalver y Delclòs, 2010). En el ámbar español es muy común la presencia de una corteza opaca que puede ser muy gruesa y ocupar toda la masa debido a invasión fúngica durante el Cretácico (Speranza *et al.*, enviado).

Esta técnica, en general, no se puede aplicar a insectos fósiles de compresión, que son los que se encuentran en rocas laminadas, ni para estudiarlos mejor, ni para detectarnos en el interior de las muestras de roca. La razón es que se han transformado en películas carbonosas presentes en las superficies entre las láminas, por lo que la pérdida de la tridimensionalidad original impide una visualización con el sincrotrón. No obstante, en algunos yacimientos estos fósiles conservan parte de la tridimensionalidad, ya que se formaron precipitaciones de pirita (pirita framboidal) en su seno por la acción de bacterias sulfatorreductoras durante la descomposición. Estas partículas impidieron un colapso total del cadáver del insecto durante la compresión de la roca. En estos casos, es posible un estudio con el uso de un sincrotrón o un CT-scan de alta resolución, por ejemplo en insectos del Cretácico replicados en hidróxido de hierro y fosfatos de la Formación Santana (Crato) (Grimaldi y Engel, 2005: pág. 47).

El uso de imágenes tridimensionales de alta resolución para el estudio de muy diversos tipos de fósiles se está generalizando. Otras técnicas que aportan este tipo de imágenes son el CT-scan (Grimaldi y Engel, 2005), muy parecido al sincrotrón, la tomografía computarizada de rayos X de muy alta resolución (UHR CT) (Grimaldi *et al.*, 2000), y el uso de microscopios confocales (Clark y Daly, 2010); las referencias escogidas corresponden a estudios de fósiles conservados en ámbar.

LOS HOLOTIPOS FANTASMA

El sincrotrón aporta imágenes microtomográficas con tanta información morfológica de los especímenes (réplicas virtuales) que pueden ser descritos como nuevos taxones, en ocasiones con mayor fiabilidad y facilidad que los ejemplares típicamente conservados en ámbar transparente estudiados con lupas binoculares y microscopios ópticos. Cada vez son más los ejemplares presentes en ámbar opaco que se es-

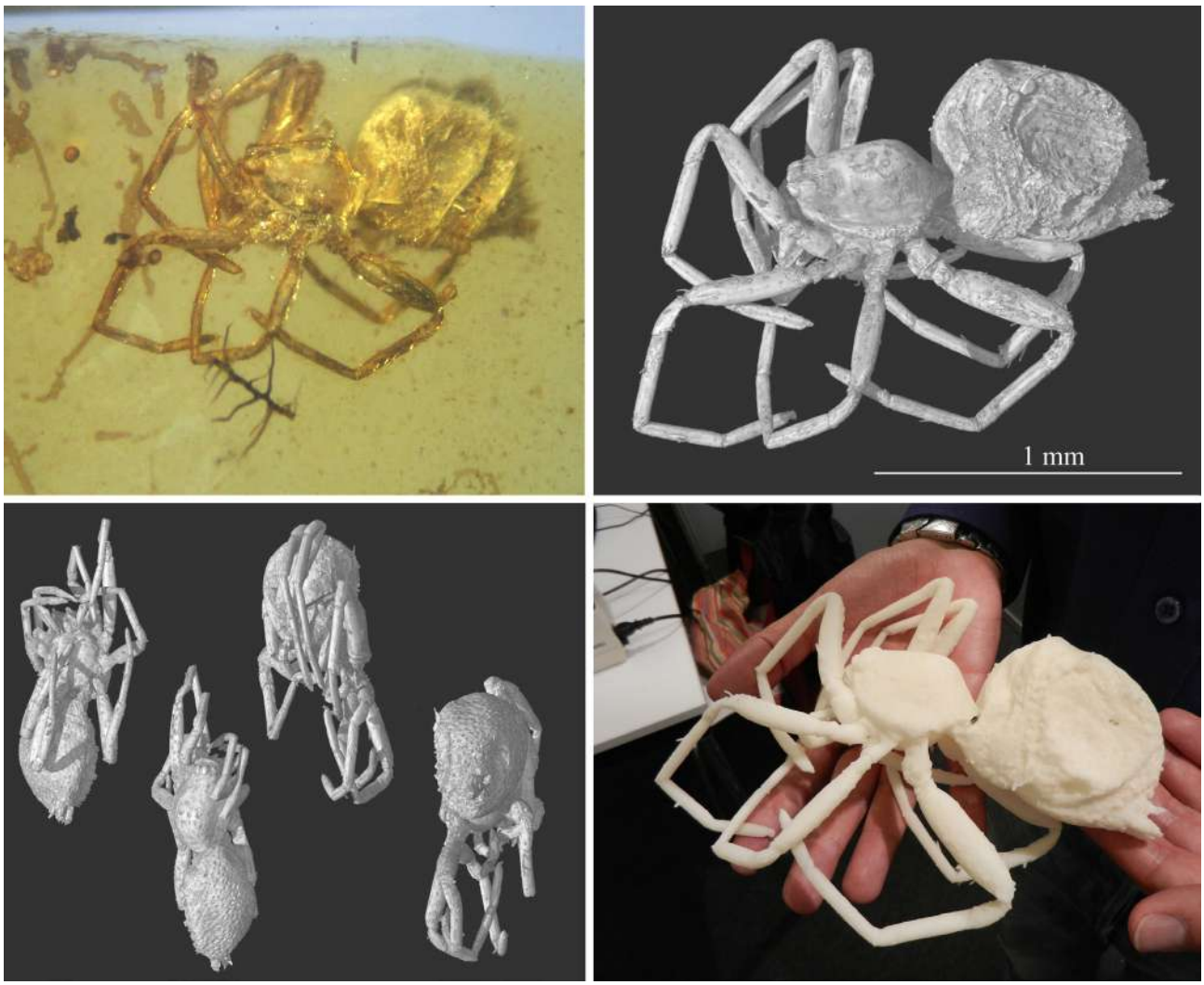


Figura 4. *Araña del género* Orchestina *(Oonopidae) hallada en el ámbar transparente del yacimiento Cretácico de San Just, Teruel (ejemplar CPT-4100). Se muestra una fotografía realizada con una lupa binocular, varias imágenes microtomográficas en diferentes ángulos realizadas con radiación de sincrotrón (imágenes del ESRF; la imagen original 3D fue obtenida y segmentada por la Dra. Carmen Soriano: ver Saupe et al., 2012) y el modelo en resina sintéticoa obtenido con una impresora 3D (imagen del Dr. Xavier Delclòs).*

tablecen como holotipos. Un ejemplo es el holotipo (IGR.ARC-331.2) de escarabajo en ámbar cretácico de Francia que tiene el sugerente nombre de *Antiquis o paque* (ver París *et al.*, 2014). La paradoja es que estos holotipos son "holotipos fantasma" en tanto que no se pueden visualizar directamente a simple vista o con el uso de lupas y microscopios. Se trata, por tanto, de unos ejemplares tipo muy particulares ya que varios de ellos pueden consistir a la vista en una masa parecida a un trozo de madera. Si una misma pieza presenta en su interior varios ejemplares holotipo, además de estar acompañada de las etiquetas adecuadas, deberá incluir un mapa de su contenido. El sincrotrón permite obtener mapas tridimensionales que, como ocurre con cada ejemplar aislado, pueden observarse desde cualquier ángulo, haciéndolos rotar, aislar sus componentes, diseccionarlos, etc.

Todas las etiquetas y posibles preparaciones realizadas a partir de los ejemplares tipo deben ser conservadas para siempre junto a dichos ejemplares. Es una información valiosa. El Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (2000) indica lo importante que es describir en las publicaciones originales los datos presentes en las etiquetas de los holotipos, así como toda la información que pueda servir en el futuro para identificar dichos holotipos, ya que con el tiempo se pueden producir situaciones accidentales en las que la identificación se vea dificultada. En este contexto, los modelos exactos tridimensionales en resina sintética obtenidos con una impresora 3D se depositan junto con el material tipo, ya sea una pieza de ámbar opaco o no opaco. Esto se puede ver en la colección de la Universidad de Rennes (Solórzano-Kraemer *et al.*, 2014).

El Código Internacional de Nomenclatura Zoológica indica claramente que si al establecerse un holotipo se hace referencia a una ilustración/imagen o a una descripción, por ejemplo ya publicadas anteriormente en otro artículo, entonces el holotipo es el ejemplar ilustrado o descrito (y no la ilustración o descripción en sí). Si bien esto es lógico, es importante que quedase explícitamente establecido por el Código. En el caso del ámbar opaco los holotipos son los ejemplares dentro de la pieza aunque no los podamos ver directamente. Si se pierde o queda destruida esa pieza de ámbar opaco, se tendrá que considerar que el holotipo está perdido y se deberá establecerse un neotipo… ¡aunque continuemos disponiendo de toda la información, en el formato digital original, que permitió establecer el nuevo taxón!

DE CAMINO HACIA LA GRAN "TIPOTECA VIRTUAL" EN INTERNET

Los artículos científicos en formato pdf y las extensas bases bibliográficas y de datos en internet, cada vez más nutridas y numerosas, han facilitado mucho la tarea de los taxónomos en ciertos aspectos que antes consumían mucho tiempo. Obtenemos un artículo en formato pdf que se puede leer en la pantalla, o podemos enviarlo a la impresora. De forma similar ocurrirá con los ejemplares holotipos y no holotipos. Podremos descargar las imágenes microtomográficas, estudiarlas en la pantalla con todo detalle o imprimirlas en una impresora 3D para una mejor apreciación en mano de algunas características morfológicas mostradas físicamente por las réplicas de resina sintética.

En estos momentos, cientos de monumentos y otros lugares de interés cultural, como el monumento de las cabezas de los presidentes de Estados Unidos en el monte Rushmore o el pozo escalonado de Rani ki Vav en la India, están disponibles como réplicas 3D virtuales en internet (Johnson, 2013). Se puede conocer esta iniciativa en http://archive.cyark.org/, la cual quiere evitar en el futuro la pérdida total o parcial de la información contenida en los monumentos mundiales más importantes debido a catástrofes naturales o a la acción humana, por ejemplo durante las guerras. Quedará su memoria en el ciberespacio. Del mismo modo, gran parte de los datos que proporcionan los holotipos y otros ejemplares fósiles quedará para siempre en el ciberespacio, aunque eventualmente se destruyan físicamente algunos holotipos en el futuro. Un ejemplo cercano es el del holotipo del ácaro *Eupterotegaeus bitranslamellatus*, preservado en ámbar de Álava, que quedó en gran parte destruido accidentalmente, más de la mitad del cuerpo, después de la publicación de su descripción (Arillo y Subías, 2002). Desgraciadamente, de este holotipo no se dispone de imágenes microtomográficas de sincrotrón en alta resolución anteriores al accidente.

Algunos de los insectos fósiles en ámbar opaco de los que se ha obtenido un registro gráfico de imágenes corporales tomográficas con el sincrotrón de Grenoble se pueden consultar en la página del European Synchrotron Radiation Facility (ESRF), http://paleo.esrf.eu, aunque para el acceso a toda la información en bruto hay que registrarse. Por ejemplo, los datos de la avispa de la figura 2, descubierta en ámbar de Álava, se pueden obtener entrando en las secciones: invertebrate paleontology, amber inclusions, Hymenoptera Galloromma.

No cabe duda de que las bases de datos de este tipo se generalizarán en poco tiempo y estarán libremente disponibles a la investigación. Hoy día existen gigantescas bases de datos con las secuenciaciones de material genético que se obtienen en las investigaciones genéticas. Al igual que se pide que esas secuencias genéticas se registren en las bases de datos cuando se publica la investigación, se pedirá en el futuro el archivo de las imágenes microtomográficas que se obtengan en otras investigaciones, al menos de los holotipos, en bases de datos en línea. Estas imágenes podrían quedar archivadas y estar disponibles en Zoobank (http://zoobank.org/), el que quizá es el sitio web más adecuado para ello.

AGRADECIMIENTOS

A los integrantes del MUPE por invitarme a presentar un artículo para el volumen especial de la revista Cidaris con motivo del décimo aniversario del Museo. Al Dr. Xavier Delclòs (Universitat de Barcelona) por una de las fotografías utilizadas. Este artículo se enmarca en el proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad: CGL2011-23948/BTE.

BIBLIOGRAFÍA

Arillo, A. & Subías, L. S. (2002). Second fossil oribatid mite from the Spanish Lower Cretaceous amber. *Eupterotegaeus bitranslamellatus* n. sp. (Acariformes, Oribatida, Cepheidae). *Acarologia*, XLII, 4: 403-406.

Belinchón, M., Peñalver, E., Montoya, P. & Gascó, F. (2009). *Crónicas de fósiles. Las colecciones paleontológicas del Museo de Ciencias Naturales de Valencia*. Ayuntamiento de Valencia: 538 pp.

Clark, N. D. L. & Daly, C. (2010). Using confocal laser scanning microscopy to image trichome inclusions in amber. *Journal of Paleontological Techniques*, 8: 1-7.

Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (2000). 4ª Edición. Museo Ciencias Naturales, CSIC: 156 pp.

Grimaldi, D. A. & Engel, M. S. (2005). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press, New York: 755 pp.

Grimaldi, D., Nguyen, T. & Ketcham, R. (2000). Ultra-High-Resolution X-Ray Computed Tomography (UHR CT) and the study of fossils in amber. In D. Grimaldi (Ed.), *Studies on fossils in amber, with particular reference to the Cretaceous of New Jersey* (pp. 77-91). Backhuys Publishers, Leiden.

Henderickx, H., Tafforeau, P. & Soriano, C. (2012). Phase-contrast synchrotron microtomography reveals the morphology of a partially visible new *Pseudogarypus* in Baltic amber (Pseudoscorpiones: Pseudogarypidae). *Palaeontologia Electronica*: 11 pp. http://palaeo-electronica.org/content/pdfs/310.pdf

Johnson, G. (2013). Virtualmente inmortales. *National Geographic España*, diciembre de 2013: 40-53.

Lak, M., Néraudeau, D., Nel, A., Cloetens, P., Perrichot, V. & Tafforeau, P. (2008). Phase contrast X-ray synchrotron imaging: opening access to fossil inclusions in opaque amber. *Microscopy and Microanalysis*, 14(3): 251-259.

Lak, M., Tafforeau, P., Néraudeau, D., Perrichot, V. & Nel, A. (2007). Non-destructive study of fossil inclusions in opaque amber using phase contrast X-ray synchrotron imaging. *European Synchrotron Radiation Facility Highlights*, 2006: 109-110 [Newsletters & Reports].

Ortega, J., Peñalver, E., Delclòs, X. & Engel, M. S. (2011). False fairy wasps in Early Cretaceous amber from Spain (Hymenoptera: Mymarommatoidea). *Palaeontology*, 54 (3): 511-523.

Peñalver, E. (2012). *Ámbar. La historia de un material que ha fascinado a la humanidad*. Los Libros de la Catarata: 134 pp. Madrid.

Peñalver, E. & Delclòs, X. (2010). Spanish Amber. In D. Penney (Ed.), *Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits* (pp. 236-270). Siri Scientific Press. Manchester.

Peñalver, E., Labandeira, C. C., Barrón, E., Delclòs, X., Nel, P., Nel, A., Tafforeau, P. & Soriano, C. (2012). Thrips Pollination of Mesozoic Gymnosperms. *PNAS*, 109 (22): 8623-8628.

Peris, D., Davis, S.R., Engel, M. S. & Delclón, X (2014). An cuolutionary history enbedded in amber; reflection of the Nesozoic shift in weevil - dominated (Coleoptera: curculionoided) *Zoological dournal of the limnean*, Society, 171: 534-553.

Perreau, M. & Tafforeau, P. (2011). Virtual dissection using phase-contrast X-ray synchrotron microtomography: reducing the gap between fossils and extant species. *Systematic Entomology*, 36: 573-580.

Pohl, H., Wipfler, B., Grimaldi, D., Beckmann, F. & Beutel, R. G. (2010). Reconstructing the anatomy of the 42 million-year-old fossil †*Mengea tertiara* (Insecta, Strepsiptera). *Naturwissenschaften*, 97: 855-859.

Saupe, E. E., Pérez-de la Fuente, R., Selden, P. A., Delclòs, X., Tafforeau, P. & Soriano, C. (2012). New Orchestina Simon, 1882 (Araneae: Oonopidae) from Cretaceous ambers of Spain and France: First spiders described using phase-contrast X-ray synchroton microtomography. *Palaeontology*, 55 (1): 127-143.

Schmidt, A. R., Jancke, S., Lindquist, E. E., Ragazzi, E., Roghi, G., Nascimbene, P. C., Schmidt, K., Wappler, T. & Grimaldi, D. A. (2012). Arthropods in amber from the Triassic Period. *PNAS*, 109 (37): 14796-14801.

Solórzano-Kraemer, M. M., Perrichot, V., Soriano, C. & Damgaard, J. (2014). Fossil water striders in Cretaceous French amber (Heteroptera: Gerromorpha: Mesoveliidae and Veliidae). *Systematic Entomology*, 39: 590-605.

Soriano, C., Archer, M., Azar, D., Creaser, P., Delclòs, X., Godthelp, H., Hand, S., Jones, A., Nel, A., Néraudeau, D., Ortega-Blanco, J., Pérez-de la Fuente, R., Perrichot, V., Saupe, E., Solórzano-Kraemer, M. & Tafforeau, P. (2010a). Synchrotron X-ray imaging of inclusions in amber. *Comptes Rendus Palevol*, 9: 361-368.

Soriano, C., Delclòs, X., Ortega-Blanco, J., Peñalver, E., Pérez-de la Fuente, R., Saupe, E. & Tafforeau, P. (2010b). Spanish amber project at the ESRF (European Synchrotron Radiation Facility, France). *Abstracts of the FossilsX3 2010 International Congress*, Pekín, China: p. 69.

Speranza, M., Ascaso, C., Delclòs, X. & Peñalver, E. (enviado). Mycelia preserving fungal polysaccharides in Cretaceous amber cortices: taphonomic and paleoecological potential of microorganisms preserved in fossil resins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.*

Tafforeau, P., Boistel, R., Boller, E., Bravin, A., Brunet, M., Chaimanee, Y., Cloetens, P., Feist, M., Hoszowska, J., Jaeger, J.-J., Kay, R. F., Lazzari, V., Marivaux, L., Nel, A., Nemoz, C., Thibault, X., Vignaud, P. & Zabler, S. (2006). Applications of X-ray synchrotron microtomography for non-destructive 3D studies of paleontological specimens. *Applied Physics A*, 83: 195-202.

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE
MUPE
10
años

CONTRIBUCIÓN DE LA PALEONTOLOGÍA ALICANTINA AL CONOCIMIENTO DE LOS EQUINOIDEOS FÓSILES (ECHINOIDEA). UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Contribution of the palaeontology of Alicante to the knowledge of fossil echinoids (Echinoidea). A historic perspective

Carlos Sillero García[1] y Juan López Jiménez[2]
Miembros del Grupo Cultural Paleontológico de Elche.
[1]carlosillerogarcia@gmail.com · [2]xymo60@gmail.com

a José María Santolaya
a Jesús Esteban Caracuel,
in memoriam.

RESUMEN

Se describe la evolución del conocimiento sobre los equinoideos fósiles de la provincia de Alicante, mostrando los estudios publicados en este sentido. Asimismo, se realiza un análisis desde el punto de vista cronoestratigráfico, poniendo de manifiesto la distribución de los géneros y especies citados en la provincia según la edad.
La importancia de este capítulo de la Paleontología en Alicante viene corroborada por el elevado número de nuevas especies para la ciencia descubiertas en sus yacimientos, así como por la presencia de icnofósiles, fenómeno hasta ahora no bien conocido y que ha motivado algunos estudios de indudable interés.

Palabras clave: *Alicante, Paleontología, equinoideos, icnofósiles, nuevas especies.*

ABSTRACT

This scientific paper provides a description of the evolution of the knowledge about fossil echinoids in the province of Alicante by displaying the different studies published in this field. Likewise, our analysis from a chronostratigraphic point of view shows the distribution of the various genus and species aforementioned taking into account the geological history.
The importance of this particular branch of Paleontology in Alicante has been confirmed not only by the high number of new species discovered in their fossil sites, but also by the appearance of trace fossils, a phenomenon that has not been so well-known to date but that has aroused undeniable interest within this field of study.

Keywords: *Alicante, Paleontology, echinoids, trace fossils, new species.*

INTRODUCCIÓN

La provincia de Alicante posee 5.816 km^2, una relativamente reducida extensión dentro del conjunto de España. Está situada en el extremo nororiental de las Cordilleras Béticas y, en ella, están suficientemente representados todos los pisos geológicos excepto los terrenos paleozoicos. A pesar de su corta extensión, de sobra es conocida su riqueza paleontológica, disponiendo de interesantísimos yacimientos. La diversidad y riqueza de estos, ha supuesto el descubrimiento y estudio de gran cantidad de especies, muchas de ellas nuevas para la ciencia, lo que ha permitido que el estudio de los equinoideos fósiles en la provincia goce de gran interés.

La mayor parte de los conocimientos sobre equinoideos se centran en referencias más o menos aisladas contenidas en la descripción de yacimientos paleontológicos o bien en obras de geología regional, más que en estudios específicos o monografías dedicadas al tema que nos ocupa, salvo algunas pocas que referiremos a continuación. Sin embargo, los escasos trabajos específicos publicados hasta

la fecha sobre equinoideos fósiles de Alicante, han puesto de manifiesto la importancia de la diversidad biológica de este grupo de invertebrados en los yacimientos de la provincia. Todos los trabajos de investigación, y las publicaciones de ellos derivadas, la mayor parte de finales del siglo XIX y principios del siglo XX, fueron llevadas a cabo, en gran medida, por investigadores de otros países, especialmente franceses, llenando, en cierta manera el hueco motivado por el relativo poco desarrollo de la Paleontología en nuestro país. Para resumir, diremos que la riqueza paleontológica en la provincia en cuanto a equinoideos fósiles se refiere ocupa un lugar de privilegio, por la gran variabilidad de especies y por la abundancia de sus yacimientos y, por lo tanto, debe seguir siendo profundamente protegida y estudiada.

El propósito de este trabajo es mostrar la riqueza de la provincia en lo que a equinoideos se refiere, incluyendo los estudios que se han dedicado a este tema, el número de géneros y especies descritas en la provincia, incluyendo la descripción de géneros y especies nuevas para la ciencia y las referencias a los estudios locales y regionales en la bibliografía mundial.

EVOLUCIÓN DE LOS ESTUDIOS SOBRE EQUINOIDEOS FÓSILES DE ALICANTE

Probablemente, la primera noticia que tenemos sobre equinoideos fósiles en Alicante (fig. 1) se la debemos a Cavanilles (1795) quien aludió a los echinites o erizos marinos petrificados de Torremanzanas (fig. 2), representando por vez primera un ejemplar del luego denominado por Cotteau (1890) *Conoclypeus vilanovae*, en honor de M. Vilanova, junto a dibujos de "piedras numularias" (ejemplares del foramminífero *Assilina*). Dice Cavanilles: "…Hallánse en ellos ostras petrificadas, piedras numularias, y gran número de *echinites* o erizos marinos petrificados. Todos son de la misma especie y pertenecen á la segunda división de Linneo, por tener la boca y el ano en el plano oval inferior,…". Pero verdaderamente, la historia de la *equinología* alicantina comienza unos 100 años después, con Gustave Cotteau (fig. 3), uno de los más grandes paleontólogos que hayan existido. Cotteau fue una de esas personas en las que la vocación pudo más que la profesión. Proveniente de la magistratura, de juez en el tribunal civil de Auxerre, en el Departamento de Yonne (1867), pasó a convertirse en uno de los pilares de la paleontología europea, especialmente en el campo de los equinoideos. En 1880, encontrándose en Madrid, tuvo la oportunidad de conocer una serie de equínidos del Eoceno de la colección de J. Vilanova, procedentes de Callosa d´Ensarriá. Le parecieron tan interesantes, debido a la profusión de géneros y especies, que a partir de ahí las localidades de Callosa, Alfaz, Villajoyosa, Orcheta, etc. fueron exploradas en detalle, como el mismo dice: a*vec le plus grand soin*. Cotteau publicó (1890) la obra *princeps* de la *equinología* alicantina: *Échinides éocènes de la province d´Alicante*. En ella describe de manera sistemática 76 especies de equínidos en el Eoceno de la provincia (ahora sabemos que algunas de ellas pertenecen al Oligoceno), repartidas en 34 géneros, de las que la mayor parte de ellas, en total 50, fueron descritas como nuevas especies. Cotteau agradeció y, siguiendo el deseo de Vilanova, dio nombre de muchas de las nuevas especies descubiertas a la memoria de investigadores españoles de la época que contribuyeron al desarrollo de la geología en

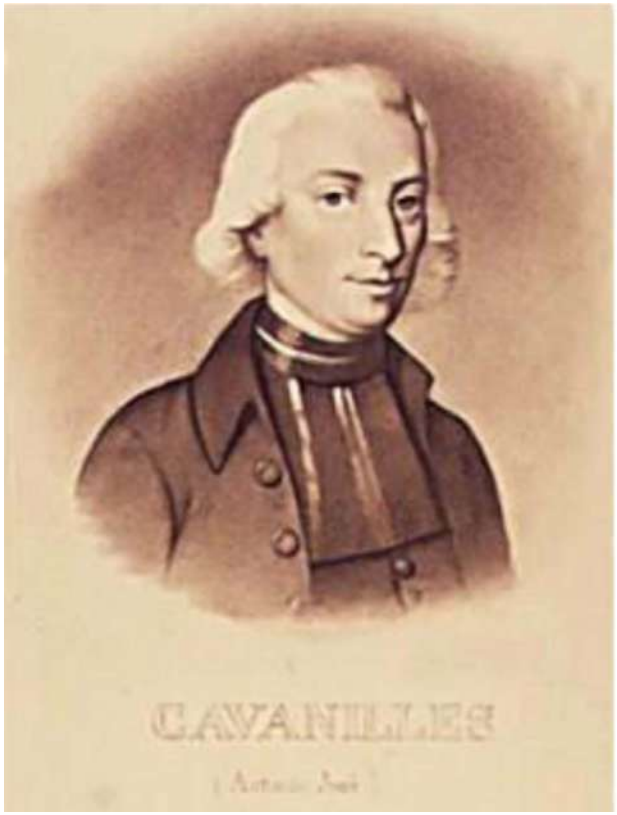


Figura 1. *Antonio José Cavanilles i Palop (1745-1804).*

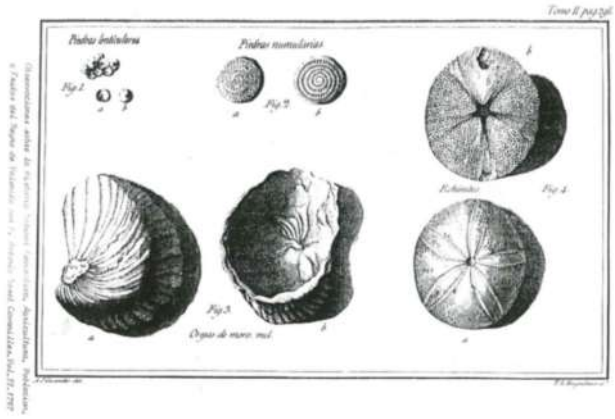


FIGURA 2. Echinites. *En: Observaciones sobre la Historia Natural del Reyno de Valencia, de Antonio José Cavanilles, 1797.*

España (Vilanova, Almera, Botella, García, el Barón de Mayals, Mac Pherson, Montesino, Solano, Vidal y Vilaplana) o bien a los que recolectaron los ejemplares que enriquecieron la colección Vilanova (Linares, Salvá, Samper, Llorea y Tremades). Sorprendentemente, Cotteau no citó los importantísimos yacimientos provinciales del Eoceno situados más al sur, como es el caso de la Sierra de Horna, Agost o Villafranqueza-Tangel, en los alrededores de Alicante. Aun así, sin lugar a dudas, la obra de Cotteau es la mayor contribución al conocimiento del Eoceno de Alicante, un piso especialmente representado en la provincia, no sólo por su extensión sino también por su riqueza faunística.

A finales del siglo XIX cabe citar también las modestas contribuciones a la paleontología de equínidos de Verneuil y Collomb (1853) y Botella (1854). Vilanova contribuyó con un trabajo sobre la geología de Alicante (1879), otro sobre el Cenomaniense de Busot (1879), con referencia a algunas especies de equínidos y otro a propósito del trabajo de Cotteau (1889).

Completa aquella primera y notable etapa sobre la paleontología provincial otro francés, R. Nicklès, quien estudió profusamente el Cretácico del norte de la provincia, lo que se tradujo en numerosos trabajos sobre la paleontología provincial (1889 a 1891) que, en parte, los reflejó en su tesis doctoral, leída en 1891 en la Universidad de París. Describió algunas especies nuevas como *Rhabdocidaris salvae*, del Neocomiense de Sierra Mariola e *Isopneustes heberti*, (ahora *Cyclaster heberti*) del Cretácico Superior (Maastrichtiense), también de Sierra Mariola.

Cidaris

En 1892, Lucas Mallada publicó su famoso *Catálogo General de la especies fósiles encontradas en España*, obra que marca un antes y un después en la paleontología española. En este catálogo, se citan 93 especies de equínidos hallados en Alicante, correspondientes al Cretácico y Eoceno y es prácticamente el compendio de los descubrimientos de Cotteau y de Nicklès, aunque lo documenta con 8 citas bibliográficas adicionales.

Daniel Jiménez de Cisneros (fig. 4), egregio representante de la paleontología alicantina, fue catedrático de instituto en Alicante y dedicó buena parte de su vida a la Paleontología. De su extensa obra merece citarse *Geología y Paleontología de Alicante* (1917), haciendo interesantes observaciones, especialmente sobre el Cretácico Inferior. Refirió varias especies de equínidos que, aunque conocidas, no habían sido descritas hasta entonces en Alicante. Recientemente, en 2004, se realizó un simposio homenaje a Jiménez de Cisneros. Los resúmenes de *Comunicaciones y Excursiones* de este Simposio Homenaje fueron editados por el Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Alicante (2004). Al mismo tiempo, el Instituto Geológico y Minero de España editó en formato facsímil, en colaboración con la Universidad de Alicante, un *Libro homenaje a D. Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás*,

FIGURA 3. *Gustave Honoré Cotteau (1818-1894).*

donde está reunida prácticamente toda su obra científica. Por entonces, otro estudioso de la época, C. Visedo y Moltó (1920), revisa los pisos de Sierra Mariola, continuando los estudios de Nicklès y refiriendo los hallazgos de equinodermos por él recogidos. Otros autores que contribuyeron en cierta manera a los estudios sobre equinoideos fueron Novo (1915), con su *Reseña Geológica de la Provincia de Alicante*, y Bosca (1923), sobre el yacimiento del Cretácico Inferior de La Querola, en Cocentaina.

FIGURA 4. *Daniel Jiménez de Cisneros (1863-1941).*

Tras un poco fructífero intervalo, en los años 30 y 40 del pasado siglo debemos destacar a Lambert, cuya extensísima producción científica incluye trabajos sobre la paleontología alicantina (1935) y Pablo Fallot (1945), que estudió la Zona Subbética de la provincia. Por estas fechas cabe citar a algunos españoles: Darder Pericás (1945) y Bataller Calatayud (1947). Este último autor, en su *Sinopsis de las especies nuevas del Cretácico de España*, en su pars V (Echinodermata) describe e ilustra varias especies en base a las informaciones de los autores precedentes. Por último, citar a Dupuy de Lome y Sánchez Lozano (1956) por sus trabajos sobre el *Sistema Cretáceo en el Levante Español*, y a Busnardo y Durand Delga (1960) por su estudio del Cretácico Inferior de las zonas de Alcoy y Alicante.

En los años 70 del pasado siglo, nuevas misiones extranjeras, especialmente francesas, aunque complementadas con estudios de investigadores españoles, darán un nuevo impulso a la *equinología* alicantina. Para completar el registro fósil de equinodermos del Oligoceno, no bien conocido hasta entonces, fue fundamental el trabajo de Azéma, Devries y Magne (1969) sobre los yacimientos de las Sierras de Horna y Monteagudo. Devries, en 1972, refiere en Alicante las especies ya comunicadas por Azéma *et al.* y otras no conocidas hasta la fecha procedentes de las colecciones Leclerc, Champetier y Guigon. El propio Azéma realizó su tesis doctoral (1977) sobre las zonas externas de las Cordilleras Béticas en las provincias de Alicante y Murcia. El trabajo de Azéma, aparte de constituir una de las mejores aportaciones a la geología y paleontología españolas, hace referencia a las especies de equínidos halladas en los diferentes pisos geológicos de nuestra provincia.

De los autores españoles recientes es justo citar a Lillo Beviá, que realizó importantes aportaciones al estudio del Jurásico y Cretácico Inferior de los alrededores de Alicante (1973). Este autor realizó también su tesis doctoral sobre el tema que nos ocupa (1973). De la misma manera, Colmenero, Lillo y Manera (1974), estudiaron 25 yacimientos fosilíferos de la Sierra de Crevillente y zonas cercanas, describiendo la fauna de equínidos en esta zona tan significativa del Jurásico y Cretácico Inferior.

Una nueva contribución francesa al conocimiento de la paleontología alicantina viene de la mano de Montenat, que realizó importantes estudios sobre el Neógeno del Levante español. Aparte de su tesis doctoral (1973) y de otros trabajos derivados de ella (1976), conviene citar una revisión de los equínidos neógenos de Alicante y Murcia (Montenat y Román, 1970).

No existen otros trabajos significativos posteriores hasta los años 90 del pasado siglo. En 1991, Villalba Currás publicó una tesis doctoral sobre los equínidos del Cretácico Inferior y Medio Español, dedicando una extensa revisión a los hallazgos, según los pisos,

en la provincia de Alicante, y comunicando una especie nueva: *Hemiaster viaei*. Uno de los firmantes del presente artículo (Sillero, 1992) realizó un estudio descriptivo del yacimiento del Eoceno Medio (Luteciense) de Villafranqueza-Tangel, aportando una relación de los equínidos hallados por él en este riquísimo yacimiento ya conocido por Jiménez de Cisneros, quien lo había comunicado de manera superficial. Poco después, este mismo autor publicó el primer *Catálogo General de los equinoideos fósiles de la provincia de Alicante* (Sillero, 1994). Este trabajo, realizado tras la revisión de la mayor cantidad de la bibliografía disponible en el momento, enumeró 331 especies, referidas en 25 publicaciones, que hacían referencia a equinoideos en la provincia. El Catálogo se realizó en el marco del Grupo Cultural Paleontólogico de Elche como una actividad de la Sección de Paleontología. La referencia a la especie se complementaba con su posición estratigráfica y los yacimientos donde había sido citada. Este catálogo tenía algunos errores, la mayor parte de ellos derivados de citas imprecisas y de la gran cantidad de sinonimias existentes en Paleontología. Aún así, constituyó el primer intento de establecer el registro fósil de equínidos en la provincia, mostrando además su gran diversidad, fenómeno poco frecuente en otras regiones. Este catálogo dio paso a un trabajo más ambicioso que citaba, describía e ilustraba 320 especies referidas en la literatura, alguna de ellas nuevas especies: *Guía Ilustrada de los equinoideos fósiles de la provincia de Alicante* (Santolaya y Sillero, 1994-2001). La Guía Ilustrada supuso una importante revisión, depurando muchos errores taxonómicos y ampliando notablemente la información existente. En efecto, una especie determinada venía acompañada de su posición taxonómica, sinonimias, descripción original, posición estratigráfica, localidad donde había sido referida y, en la mayor parte de las ocasiones, de la iconografía más representativa. Aunque fue difícil en ocasiones obtener una imagen adecuada, se procuró siempre la ayuda de imágenes originales del autor y, cuando esto no era posible, de tratados generales o bien se recurrió al dibujo de los propios autores o a la fotografía de ejemplares de colecciones particulares. Esta obra, que ocupó IX fascículos en la revista *Cidaris*, terminó de publicarse en 2001. Aunque éramos conscientes de que la *Guía Ilustrada* no era exhaustiva de la magnitud real de las especies existentes, reflejaba un importante contenido descriptivo e iconográfico de 320 especies agrupadas en 108 géneros. Se incluyeron además tres nuevas especies, entre ellas *Cassidulus santolayae* Sillero, 1994 y *Brissopatagus silleroi* Santolaya, 1994.

La revista *Cidaris*, que comenzaba su andadura por entonces, ha sido el portal donde se han visto reflejados interesantes trabajos sobre equínidos regionales. Cuando se diseñó la portada de la revista se incluyó, como logotipo, un dibujo de una especie emblemática del Mioceno Superior en la provincia (fig. 5): *Cidaris melitensis*, ahora formalmente *Stylocidaris melitensis* (Forbes in Wright, 1855). En 1993, se publicó en esta revista la existencia de una nueva especie del Eoceno medio (Luteciense) de Sierra de Horna (Santolaya, 93): *Gualtieria alicantina*; en 2002 una nueva especie del riquísimo Eoceno alicanti-

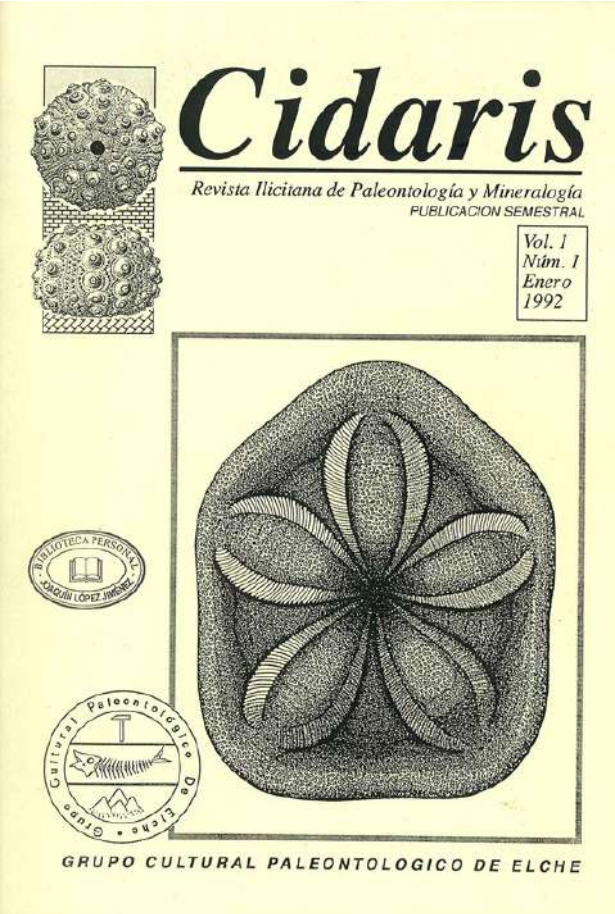


FIGURA 5. *Reproducción de la portada del número 1 de la revista Cidaris (1992).*

no: *Leiopedina molinai* (Sillero, 2002), cuya morfología se pudo estudiar a satisfacción, a pesar de la deformación del tipo, realizando una reconstrucción por ordenador mediante un método innovador. En 2001 *Cidaris* publicó observaciones interesantes sobre la especie *Globator darderi* (López, 2001); en 2002, el descubrimiento por vez primera en Alicante de la especie *Turanglaster nazkii* Solovyev y Melikov, 1963 (García y López, 2002), nunca antes citado en España; en 2003 un estudio sobre nuevos equinoideos del Cretácico Superior de Elche (López y Molina, 2003) y en 2004, una nueva especie del género Isaster (López y Román, 2004).

Algunos trabajos recientes han complementado los conocimientos sobre el Cretácico Superior y la transición Cretácico-Paleoceno y su fauna de equínidos. Cabe citar los estudios de Gallemí, J. *et al* (1995), Smith, A. B. *et al.*, (1999) y Smith, A. B. y Jeffery, C. H. (2000). Estos autores han comunicado nuevos hallazgos no conocidos previamente en nuestra provincia, entre ellos una especie nueva: *Salenocidaris gallemii* (*Bathysalenia gallemii* Smith y Jeffery, 2000) y que han venido a ampliar el número de géneros y especies referidas con anterioridad.

A partir de la publicación de la *Guía Ilustrada* de los equinoideos fósiles de la provincia de Alicante han surgido algunos hechos de interés que obligaron a una revisión del problema: modificaciones en la nominación de algunos taxones, la aparición de referencias a algunas especies no conocidas (no publicadas) hasta ahora en la provincia, y el descubrimiento de yacimientos no conocidos previamente que han aportado nuevos e interesantes hallazgos.

Con la finalidad de completar la información sobre los equinoideos fósiles de Alicante, López y Sillero (2007) publicaron una monografía ilustrada sobre los *Equínidos fósiles del Provincia de Alicante* (fig. 6). En esta monografía se referían los géneros y especies conocidas hasta ese momento. Se trataba, en otras palabras, de actualizar el catálogo de equínidos. Se daban a conocer también especies no referidas previamente en la provincia procedentes de las colecciones más importantes. El trabajo se complementó con una reseña sobre la geología de Alicante, la referencia de los yacimientos investigados, en número de 113 y un estudio de la biodiversidad de géneros y especies según los periodos y pisos geológicos para confirmar la existencia de ciclos en el registro fósil de los equinoideos. Se refirieron 431 especies y 144 géneros, quedando descritas y figuradas 252 de las especies referidas en el Catálogo. Una buena parte de las especies son exclusivamente alicantinas o bien son citadas por primera vez en nuestra provincia. El estudio incluye 6 nuevas especies del género *Brissopatagus*, procedentes de los otrora riquísimos yacimientos eocenos de Villafranqueza-Tangel. Este trabajo ha formado parte de la bibliografía de estudios posteriores y la referencia a las especies nuevas ha sido recogida en numerosos trabajos, entre los que cabe citar el *Index of Living and fossil Echinoids* 1971-2008 (Kroh, 2010).

Cabe destacar una última monografía sobre equinoideos, catalogando el registro fósil a nivel mundial. En efecto, bajo el epígrafe *Proyecto Alicante*, uno de los autores del presente artículo publicó *Nomina Generum Echinorum, Aproximación a un catálogo de equínidos fósiles y actuales*, en una primera edición

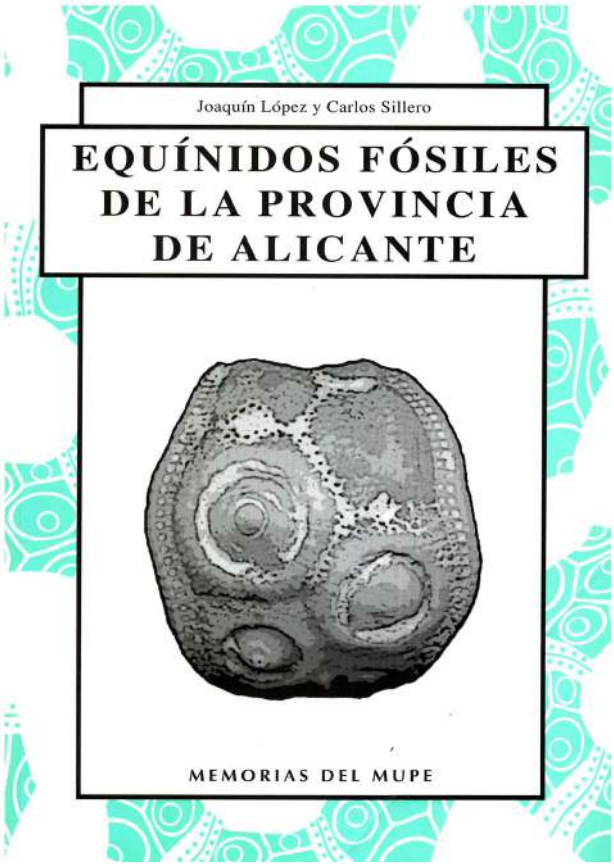


Figura 6. *aPresentación del libro Equínidos fósiles de la Provincia de Alicante por J. López y C. Sillero, Elche 2007.*

(C. Sillero, 2008). Tras un trabajo exhaustivo, el autor realizó una catalogación de la práctica totalidad de los géneros conocidos y de la mayor parte de las especies conocidas, tanto fósiles como actuales a nivel mundial. Se registraron así 903 géneros válidos conocidos, así como una nada despreciable cantidad de géneros dudosos y controvertidos, y 8.180 especies, la inmensa mayor parte de las descritas hasta el presente. De estas, 1.152 son actuales (Sillero, 2008). Está prevista una segunda edición que incluye las correcciones necesarias y que amplia sensiblemente el número de géneros y especies. Esta edición será publicada en breve.

ACTUALIZACIÓN DEL CATÁLOGO DE EQUÍNIDOS

Con posterioridad a la publicación de la monografía sobre equínidos de la provincia de Alicante, se han identificado otros géneros y/o especies, no citados en la misma, algunos de ellos de dudosa significación taxonómica y de imprecisa localización.; otros, referencias a citas de autores previos como algunas especies referidas por Villalba Currás (1991) en su tesis doctoral. En este sentido conviene citar, para completar el catálogo de los equínidos fósiles de la provincia de Alicante, los siguientes:

Conulus conicus (Breynius, 1732). Cretácico Superior (Cenomaniense). Novelda y Jijona. Cit. Jiménez de Cisneros (1906).

Diplopodia grasi (Desor, 1846). Cretácico Inferior (Aptiense). Sierra Mariola. Cit. Villalba Currás (1991).

Echinoneus sp. López, García y Román (2012), del Oligoceno de Villajoyosa.

Goniopygus delphinensis A. Gras, 1848. Cretácico Inferior (Aptiense.-Albiense), del SE. del Mongó. Cit. Villalba Currás (1991).

Rhabdocidaris salvae Nicklès, 1891. Cretácico Inferior (Aptiense). Sierra Mariola. Citado como especie alicantina (vide infra) y omitido en nuestra monografía en virtud de *lapsus memoriae*.

Toxaster collegnoi Sismonda, 1843. Cretácico Inferior (Neocomiense). Sierra Mariola.

Toxaster cordiformis (Breynius, 1732). Cretácico Inferior (Valanginiense). Sierra Mariola. Cit. Verneuil y Collomb (1852).

DISTRIBUCIÓN CRONOESTRATIGRÁFICA DE LOS DIFERENTES GÉNEROS Y ESPECIES

La Provincia de Alicante está encuadrada en las Cordilleras Béticas, que extienden su dominio desde Cádiz a las costas de Alicante. Dentro de las Cordilleras Béticas se diferencian tres grandes dominios: La Zona Bética *s. s.*, la Zona Subbética y la Zona Prebética, cada una de ellas con varios conjuntos. Las zonas Subbética y Prebética (que comprende un Prebético Externo y un Prebético Interno) se agrupan en las denominadas Zonas Externas, mientras que los diversos conjuntos de la Zona Bética se incluyen en las denominadas Zonas Internas. La Orogenia alpina dio lugar a las Cordilleras Béticas y residió en las presiones que sobre los sedimentos formados en la fosa oceánica realizaron los antiguos macizos hercinianos que la rodean: Meseta Central española y el Macizo Bético-rifeño. El gradiente de empuje se realizó desde el continente africano (Placa africana) y los sedimentos depositados en el Mar de Tetis fueron comprimidos hacia la Meseta. Las tres zonas, sensiblemente paralelas, tienen un carácter cabalgante, con dirección OSO-ENE, que indica la dirección o sentido del plegamiento de los estratos.

La Zona Subbética está formada por sedimentos de aguas profundas y está constituida por una serie de mantos de corrimiento deslizados hacia el Norte y cabalgantes sobre el Prebético. La Zona Prebética, extensa zona de sedimentación mesozoica, es autóctona y en ella se depositaron sedimentos de aguas poco profundas. La provincia de Alicante se halla incluida casi en su totalidad en las Zonas Subbética y Prebética. La Zona Prebética es la más amplia y la responsable de la mayoría de sus relieves. El Prebético s. l. ha sido dividido en dos unidades: Prebético Externo y Prebético Interno (Jerez Mir, 1979). El Prebético Externo, situado al norte, presenta series poco potentes, detríticas y dolomíticas, caracterizando un ambiente costero-nerítico. El Prebético Interno dispone de series más potentes, más calizas y margosas, representando todavía un ambiente nerítico. Jerez Mir (1981), ha distinguido tres subdominios dentro del Prebético Interno: Septentrional, Central y Meridional. El Meridional o "Prebético de Alicante" posee

características intermedias entre el Subbético Externo al Sur y el Prebético Interno más al Norte.

La Monografía sobre equínidos fósiles de la provincia de Alicante (López y Sillero, 2007) proporciona una idea, bastante completa, no sólo del número de especies y géneros presentes en nuestros yacimientos sino también de su distribución por pisos geológicos. En ella se refieren las 82 especies descubiertas en Alicante de las que, por lo menos 66 son, hasta la fecha, exclusivamente alicantinas. Existe una gran variabilidad en la frecuencia de géneros y especies en los diferentes periodos geológicos. Por otra parte, esta variabilidad se extiende a los pisos geológicos según las zonas geográficas (yacimientos), dependiendo de las condiciones paleogeográficas de la región y constituyendo, en ocasiones, subprovincias faunísticas relativamente bien desarrolladas.

Sabemos que los hallazgos de especímenes son nulos en el Triásico a pesar de disponer en la provincia de algunos yacimientos fosilíferos del Triásico Medio y que son relativamente infrecuentes en el Jurásico y Cretácico Inferior. Por el contrario, son muy frecuentes en el Cretácico Superior y Eoceno. Sabemos también que existe un cierto solapamiento entre algunos pisos pertenecientes a diferentes periodos geológicos a juzgar por el número de especies persistentes. Dependiendo del tipo de facies, los hallazgos de especímenes pueden ser masivos pero monótonos o bien escasos pero de una gran diversidad. La tendencia al gregarismo existe en algunos yacimientos del Cretácico Superior, donde se observan a veces numerosísimos especímenes de un número de géneros y de especies relativamente escasos. Por el contrario, si consideramos el Eoceno Medio, podemos encontrarnos con yacimientos de hallazgos dispersos, incluso ocasionales, pero que traducen una gran riqueza faunística.

La distribución por períodos de los géneros hallados en nuestra área geográfica se corresponde con la idea previa de la evolución de la clase Echinoidea. En efecto, aunque probablemente exista ya un ancestro pre-ordovícico (Cámbrico), sabemos que los equínidos aparecen en el Ordovícico Superior (Asghiliense) y que existe una tímida fase de desarrollo durante el periodo Carbonífero, siendo escasas las referencias a géneros en el Pérmico y en el Triásico (Crisis permotriásica), fenómeno en relación muy probable con extinciones en masa. Según Clarkson (1998), en el Paleozoico han sido descritos únicamente 37 géneros y no más de 125 especies. No existen, como se ha dicho, terrenos paleozoicos en la provincia. Tampoco existen vestigios de equínidos en los yacimientos del Triásico Medio fosilífero (Muschelkalk), muy significativos en Alicante, ni siquiera vestigios de radiolas. A comienzos del Jurásico aparecen ya representantes de la mayoría de los órdenes conocidos, probablemente derivados de un tronco común (Cidaroida). La diversificación en órdenes permanece poco modificada hasta la actualidad, pero su expansión de taxones de menor rango ha sido muy variable a lo largo de los tiempos geológicos.

El Jurásico constituye el inicio de una segunda fase de desarrollo, siendo notoria en el Jurásico Superior. *Palaeopedina* es el único género hallado en Alicante correspondiente al Jurásico Inferior (Domeriense). Procedente del Jurásico de los alrededores de La Romana, es el más antiguo encontrado en la provincia. Se han descrito, en la monografía de equínidos fósiles (López y Sillero, 2007) 19 especies pertenecientes al Jurásico Superior con un total de 15 géneros. Solo 3 especies, pertenecientes a los géneros *Disaster* y *Holectypus*, persisten en el Cretácico Inferior.

Los yacimientos del Cretácico son los más numerosos, habiéndose estudiado 60 de ellos. Durante el Cretácico, especialmente al final del Cretácico Inferior (Albiense) y durante el Cretácico Superior, existe una gran diversificación de géneros y especies. Esto se muestra en la provincia de manera muy clara. Se han identificado 30 géneros en el Cretácico Inferior, que comprenden 57 especies, de las cuales se han citado como pertenecientes al Neocomiense 27, al Aptiense 18 y al Albiense 19. Solo 5 especies aptienses persisten durante el Albiense. Por otra parte, de las 19 especies citadas como albienses, 10 persisten en el Cretácico Superior (Cenomaniense), lo que da una tasa de "supervivencia" superior al 50%. El Cretácico Superior agrupa 55 géneros y 141 especies, de las cuales 62 han sido cataloga-

das como maastrichtienses con seguridad (la referencia a algunas especies es imprecisa al ser incluidas como senonienses, etc.). El Paleoceno, en concordancia estratigráfica con el Cretácico Superior final en nuestra provincia, aún sin un gran desarrollo, se caracteriza por una nueva "contracción" constituyendo, con frecuencia, una fauna residual del Cretácico final. En efecto, la transición Cretácico-Paleoceno muestra una fauna común de equínidos pero muy reducida en cantidad de géneros y especies. Al Paleoceno pertenecen 9 géneros y 21 especies, de las cuales 13 son comunes con el Maastrichtiense y sólo 8 especies son exclusivas del Paleoceno.

Durante la transición Cretácico-Paleoceno existió una disminución notable de la biodiversidad, se cree que por fenómenos de extinción en masa (el límite K-T ha sido documentado en nuestra provincia), pero entre los equínidos se dio una de las mayores tasas de preservación. Román (1984) y Smith y Jeffery (1998) establecieron el nivel de extinción para los géneros en aproximadamente el 36%, menos de lo comunicado previamente. Por otra parte, Smith *et al.* (1999) han establecido en un 40% la tasa de extinción de equínidos en un área restringida de Europa Occidental (Cantabria, Región vasco-española y francesa y Navarra). Utilizando nuestro catálogo y con las cautelas necesarias, hemos establecido una tasa de "supervivencia" de especies en la Transición Cretácico-Paleoceno de sólo 21% (muy similar a la observada en la transición Albiense-Cenomaniense), lo que equivale a una tasa de extinción cercana al 80%. Estos datos, discordantes con los previamente publicados deben tomarse con cautela. En efecto, aparte de los problemas de estandarización taxonómica y de las condiciones paleogeográficas locales, debe pensarse que hiatos similares pueden observarse en la transición Albiense-Cenomaniense, sin que haya que explicarlo necesariamente mediante la existencia de cataclismos geológicos. Llama la atención la desaparición de la mayoría de los géneros observados durante el Maastrichtiense (Solo persisten 8 géneros durante el Paleoceno de los 31 preexistentes: *Coraster, Cyclaster, Stegaster, Echinocorys, Hemiaster, Hemipneustes, Homoeaster* y *Phymosoma*).

Durante el Eoceno existe una tercera fase de expansión mantenida en cierta manera durante el Oligoceno y en declive relativo durante el Mioceno y Plioceno, periodos estos últimos en los que los hallazgos son relativamente bajos en nuestra provincia.

Es especialmente interesante la diversificación de la fauna de equínidos durante el Eoceno, sobre todo en la facies flysch del Eoceno Medio (Luteciense). Cotteau, en 1890, describió 36 géneros y 76 especies en algunos de nuestros yacimientos provinciales más característicos, 50 de las cuales las definió como nuevas especies. En nuestra monografía de equínidos fósiles de la provincia de Alicante, hemos ampliado el número de hallazgos a 47 géneros y 129 especies, alguna de ellas también nuevas especies, tras la revisión de la mayor parte de los yacimientos de este piso geológico. Casi la mitad de las especies encontradas en el eoceno alicantino son endémicas de nuestra provincia. El endemismo observado en algunos géneros y su gran diferenciación en especies puede sugerir la existencia de "nichos locales de evolución". Este hecho podría explicar la gran diversificación del género *Brissopatagus* (Sillero in López y Sillero, 2007).

En el Oligoceno, se han encontrado 24 géneros y 50 especies, de las cuales, 18 han sido también identificadas en el Eoceno y 9 persisten en el Mioceno. En este último periodo se han descrito 18 géneros y 57 especies y en el Plioceno sólo 4 géneros y 4 especies.

NUEVAS ESPECIES HALLADAS EN LA PROVINCIA DE ALICANTE

Hasta la actualidad han sido comunicadas 82 nuevas especies en los yacimientos de la provincia de Alicante, de los que la mayor parte pertenecen al Eoceno Medio, piso excepcionalmente representado en la provincia. Cotteau (1890) describió 50 de ellas en su famosa monografía sobre el Eoceno de Alicante. Alguna de las especies citadas no han sido todavía nominadas por estar en estudio. La citación original de alguna de las especies referidas ha sido modificada por su posición taxonómica actual; e. g.: *Gitolampas hispanicus* (Cotteau,1889) *vs. Echinanthus hispanicus* Cotteau, 1889; *Bathysalenia gallemii* (Smith y Jeffery, 2000) *vs. Salenocidaris gallemii* Smith y Jeffery, 2000.

Adytaster lucentinus Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Arachniopleurus vilanovae (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Balanocidaris darderi Lambert, 1935. Cretácico Inferior (Aptiense). Unicamente radiolas. Exclusivo de Alicante.

Balanocidaris maresi Cotteau, 1866. Cretácico Inferior (Neocomiense). Exclusivo de Alicante.

Bathysalenia gallemii (Smith y Jeffery, 2000). Cretácico Inferior (Maastrichtiense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus vilanovae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus cotteaui Sillero, 2007. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus depressus Sillero,2007. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus lucentinus Sillero, 2007. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus palamoensis Sillero, 2007. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus parvus Sillero, 2007. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus pulchellus Sillero, 2007. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopatagus silleroi Santolaya, 1994. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Brissopsis vilaplanae Cotteau, 1889. Eoceno. Exclusivo de Alicante.

Cardiopelta ovoides (Devries, 1972). Cretácico Inferior (Albiense). Especie típicamente alicantina.

Cassidulus santolayae Sillero, 1994. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Cidaris vilanovae Cotteau, 1890. Eoceno. Exclusivo de Alicante.

Clypeaster solanoi Cotteau, 1890. Eoceno?; Oligoceno. Exclusivo de Alicante.

Clypeaster vilaplanae Cotteau, 1890. Eoceno?; Oligoceno. Exclusivo de Alicante.

Conoclypus lucentinus (Cotteau, 1889). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Conoclypus vilanovae (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Conoclypus sp. nov. Santolaya, 1994. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Coraster vilanovae (Cotteau, 1886). Paleoceno (Daniense). Especie característica de Alicante aunque no exclusiva.

Cyclaster azemati Devries, 1972. Oligoceno. Especie característica de Alicante.

Cyclaster heberti (Nicklès, 1892). Cretácico Superior (Maastrichtiense). Especie característica de Alicante aunque no exclusiva.

Cyclaster lucentinus Cotteau, 1889. Eoceno. Exclusivo de Alicante.

Cyclaster vilanovae (Coteau, 1886). Paleoceno (Daniense). Especie característica de Alicante.

Gitolampas dorsalis (Cotteau, 1888). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Gitolampas hispanicus (Cotteau, 1889). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Gitolampas minor (Cotteau, 1889). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Gitolampas stelliferus (Cotteau, 1889). Eoceno Medio (Luteciense). Especie característica de Alicante.

Gitolampas vidali (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinocorys darderi Lambert, 1935. Maastrichtiense - Daniense. Especie exclusivamente alicantina.

Echinolampas almerae Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinolampas botellae Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinolampas linaresi Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinolampas lucentinus Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinolampas macphersoni Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinolampas vidali Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Echinolampas vilanovae Cotteau, 1890. Eoceno; Oligoceno. Exclusivo de Alicante.

Echinolampas visedoi Lambert, 1935. Oligoceno. Especie exclusiva de Alicante.

Eupatagus acuminatus Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Eupatagus vilanovae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Eupatagus parvulus Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Globator azemati (Devries, 1972). Cretácico Inferior (Albiense). Especie alicantina.

Gualtieria alicantina Santolaya, 1993. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Hemiaster viaei Villalba, 1991. Cretácico Inferior (Albiense), Exclusivo de Alicante.

Homoeaster evaristei (Cotteau, 1886). Maastrichtiense-Paleoceno. Especie alicantina.

Hypsopatagus lucentinus (Cotteau, 1889). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Ilarionia sp. nov. Sillero, 1996. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Isaster sp. nov. López y Román, 2004. Cretácico Superior (Maastrichtiense). Exclusivo de Alicante.

Leiopedina molinai Sillero, 2002. Eoceno Medio (Luteciense) Exclusivo de Alicante.

Linthia darderi Lambert, 1935. Eoceno Medio (Luteciense). Especie característica de Alicante.

Linthia macphersoni Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Linthia vilanovae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Lovenia carinata (Cotteau, 1889). Eoceno. Exclusivo de Alicante.

Macropneustes hispanicus Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Maretia hispanica Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Maretia nicklesi Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Microlampas conicus Cotteau, 1887. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Micropsis samperi Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Gagaria tremadesi (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Gagaria vilanovae (Cotteau, 1882). Eoceno Medio (Luteciense). Especie alicantina. Probablemente es un juvenil de Micropsis tremadesi [formalmente *Gagaria tremadesi* (Cotteau, 1890)].

Orbigniana cordiformis Devries, 1972. Jurásico Superior (Tithónico). Especie alicantina.

Oriolampas lorioli Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pericosmus hispanicus Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pericosmus mayalsi Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Phymosoma lloreae (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Phymosoma originale (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Phymosoma vilanovae (Cotteau, 1890). Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pliolampas vilanovae Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pseudopygaulus lorioli Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pygomalus azemati Devries, 1972. Jurásico Superior (Tithónico). Especie característica de Alicante.

Pygorgynchus botellae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pygorhynchus montesinosi Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Pygospatangus salvae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Rhabdocidaris salvae Nicklès, 1891. Cretácico Inferior (Aptiense). Exclusivo de Alicante.

Salenia garciae Cotteau, 1890. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Schizaster samperi Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

Schizaster vilanovae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Característico de Alicante.

Stomaporus hispanicus Cotteau, 1889. Eoceno. Exclusivo de Alicante.

Trachyaster almerae Cotteau, 1889. Eoceno Medio (Luteciense). Exclusivo de Alicante.

ICHNOTAXA

Recientemente, el estudio de las huellas producidas por los equínidos en los sedimentos ha despertado un interés notable en la Paleontología. Buena parte de los estudios sobre este tema han sido realizados en la provincia de Alicante.

Como es sabido, la aparición durante el Jurásico Inferior de estructuras especializadas en el caparazón de los equínidos, les permitió un adecuado desplazamiento en los sedimentos marinos a fin de culminar una estrategia alimentaria eficaz. Patrice Lebrun (2000) ha realizado un excelente estudio sobre las estrategias, endobionte o epibionte, de estos organismos.

Al contrario de los equínidos regulares, los *Irregularia* se mueven únicamente en una sola dirección. El ambulacro III se dirige siempre en dirección anterior. La adopción de un procedimiento motor unidireccional se asocia al desarrollo de espículas orales que contribuyen al movimiento en sentido anterógrado. La variada estructura de los apéndices del caparazón puede explicar también el diferente tipo y ritmo de movimiento y, por tanto, el diferente tipo de huella en los sedimentos. Las huellas originadas por el aparato masticador de los

equínidos regulares son muy raras pero han sido descritas.

Tras el Cretácico Superior y sobre todo en el Eoceno, las improntas y huellas de desplazamiento y bioturbación en los sedimentos, son relativamente frecuentes. Bien es cierto que muchas de ellas no corresponden a equínidos sino a gusanos poliquetos y a crustáceos; otras son de significado incierto. A. Kroh (2010) ha reunido y sistematizado los icnogéneros e icnoespecies tras una revisión de las publicaciones recogidas entre 1971 y 2008. Algunos de los estudios publicados sobre este tema han sido realizados en nuestro país, en el valle del Guadalquivir y en nuestra provincia, especialmente en el Cretácico de Serra Gelada, en las proximidades de Benidorm.

Cardioichnus Smith y Crimes, 1983, es una huella fósil relacionada con la actividad de ciertos equínidos. Giannetti (2012) ha descrito que, frecuentemente, se encuentra en continuidad con otro icnogénero, *Scolicia*, y se genera cuando el equínido, después de desplazarse horizontalmente en el substrato (formación de *Scolicia*) se para y cambia ligeramente la dirección del movimiento (Smith y Crimes, 1983). Otra huella, esta de significado incierto, es *Ereipichnus* Monaco, Giannetti, Caracuel y Yébenes, 2005, hallada en el Cretácico Inferior (Albiense)-Cretácico Medio del Prebético de Alicante (Formación Sacaras de Serra Gelada). Por fin, tenemos noticia de las huellas de equínidos irregulares detritívoros conocidos como *Scolicia*. Se ha observado, entre otras, en la facies *flysch* del Eoceno. En el Eoceno Medio (Luteciense) de Villafranqueza y Tangel, en Alicante, se observan huellas o trazas de desplazamiento en todo similares a *Scolicia*, en algunos planos de sedimentación, asociadas a otras icnoespecies como huellas de gusanos e improntas de *Palaeodyction majus* (Meneghini y Peruzzi, 1880), huella de significado incierto (Sillero, 2008). Según Giannetti (2012) *Scolicia* es muy abundante en Serra Gelada, en el Cretácico Inferior (Albiense) de Alicante. En algunos casos se han encontrado, según refiere, equínidos irregulares al final de la pista y en asociación con otras icnoespecies como *Cardioichnus*.

BIBLIOGRÁFIA.

Azema, J., Devries, A. & Magne, J. (1969). Observations sur les formations oligocènes s. l. à echinoderms des Sierras du Horna et du Monteagudo (Province d´Alicante, Espagne). *Bull. Soc. Géol. France*, ser. 7, 11: 45-48.

Azema, J. (1977). Étude géologique des zones externes des cordillères bétiques aux confins des provinces d´Alicante et de Murcia (Espagne). *Thèse de Doctorat*. Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Bataller Calatayud, J. R. (1947). Sinopsis de las especies nuevas del Cretácico de España. *Mem. Real Acad. Cienc. Art. Barcelona*, 28, 12. Echinodermata (Pars V): 393-467.

Bosca, E. (1923). Sobre el yacimiento fosilífero de la Querola en Cocentaina. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, T. II: 118.

Botella, F. de. 1854. Sobre la geología del Reino de Valencia. *Mem. Com. Mapa Geol. de España.*

Busnardo, R. & Durand Delga, M. (1960). Données nouvelles sur le Jurassique et le Crétacé inférieur dans l´Est des Cordillères bétiques (régions d´Alcoy et d´Alicante). *Bull. Soc. Géol. France* (7), II: 278.

Cavanilles, A. J. (1797). Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, Población y Frutos del Reyno de Valencia. De Orden Superior. En Madrid en la Imprenta Real, siendo regente D. Pedro Julián Pereyra, impresor de Cámara de S. M.

Clarkson, E. N. K. (1998). Invertebrate Palaeontology and Evolution. 4th ed. Blackwell Science.

Colmenero, J. R., Lillo, J. & Manera, C. (1974). Contribución al conocimiento de la Sierra de Crevillente y sus alrededores (Alicante). *Estudios Geológicos*, 30: 253-269.

Cotteau, G. (1890). Échinides éocènes de la province d´Alicante. *Mém. Soc. Géol. France* (3), V, 2; 107 pp., 29 figs.

Darder Pericas, B. (1945). Estudio geológico del sur de la provincia de Valencia y norte de la de Alicante. *Bol. I. G. M. E*. LVII, 1: 59-366; 2: 367-837.

Devries, A. (1972). Contribution à l´étude des échinides fossiles d´Espagne. *Bull. Sci. Terre*, XII; 60 pp., 3 pl.

Dupuy de Lome, E. & Sánchez Lozano, R. (1956). El sistema Cretáceo en el levante Español. *Mem. I. G. M. E.*, T. LVII: 201-256.

Fallot, P. (1945). Estudios geológicos en la Zona subbética entre Alicante y el río Guadiana Menor. *Inst. Invest. Geol. "Lucas Mallada"*, Madrid, 719 pp., 284 figs., XI lám.

Gallemi, J., López, G., Martínez, R., Muñoz, J. & Pons, J. M. (1995). Distribution of some Campanian and Maastrichtian macrofaunas in southeast Spain. *Cretaceous Research*, 16: 257-271.

García, J. L. & López, J., (2002). A propósito de *Turanglaster nazkii* Soloyev y Melikov, 1963 (Spatangoida, Micrasteridae), un nuevo equínido del Cretácico Superior alicantino. *Cidaris*, 21-22: 4-6.

García del Cura, M. A, Tent-Manclús, J. E, Lancis, C. & Baeza Carratalá, J. F., Eds., (2004). Resúmenes de Comunicaciones y Excursiones del Simposio Homenaje a D. Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás. *Departamento de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante*, 201 pp.

Giannetti, A. (2012). El patrimonio icnológico del Cretácico Inferior de Sierra Helada (Cordillera Bética, SE de España). *Cidaris*, 31: 63-70.

Jerez Mir, F. (1979). Contribución a una nueva síntesis de las Cordilleras Béticas. *Bol. I. G. M. E.*, t. 90; vol. 4: 503-555.

Jerez Mir, F. (1981). Propuesta de un nuevo modelo tectónico general para las Cordilleras Béticas. *Bol. I. G. M. E.*, t. 92; vol. 1: 1-18.

Kroh, A. (2010). Index of Living and Fossil Echinoids 1971-2008. *Ann. Naturhist. Mus. Wien,* serie A, 112: 195-470.

Jiménez de Cisneros, D. (1906). Nuevos datos para la Geología del Sudeste de España. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.* T.6: 211-218.

Jiménez de Cisneros, D. (1917). Geología y Paleontología de Alicante. *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat.* Serie Geológica, nº 21; 140 pp.

Lambert, J. (1935). Échinides crétacés d´Espagne. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 35: 1-513.

Lambert, J. (1935). Sur quelques échinides fossiles de Valence et d´Alicante communiqués par M. le prof. Darder Pericás. *Bol. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 35: 359-371.

Lebrun, P. (2000). Oursins 2. Une histoire naturelle des échinides. *Minéraux & Fossiles*. Hors-Série, nº 10.

Lillo Beviá, J. (1973). Contribución al conocimiento geológico de las sierras de Fontcalent y Mediana (Alicante). *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 71: 307-339.

Lillo Beviá, J. (1973). Estudio paleontológico y geológico del Jurásico y Cretácico Inferior del sur de la provincia de Alicante. *Tesis doctoral*. Madrid.

López, J. (2001). Observaciones acerca del sistema apical y periprocto de Globator darderi Lambert, 1935. *Cidaris*, 19-20: 17-19.

López, J. & Molina, A., (2003). Nuevos equinoideos del Cretácico Superior de Elche (Alicante, España). *Cidaris*, 23-24: 15-30.

López, J. & Román, E. (2004). *Isaster* sp. nov.: Un nuevo equinoideo del Maastrichtiense alicantino. *Cidaris*, 25-26: 11-14.

López, J. & Sillero, C. (2007). Equínidos fósiles de la Provincia de Alicante. *Memorias del MUPE*, vol. 2, 254 pp.

López, J, García, J. L. & Román, E. (2012). Echinoneus, un nuevo género del Oligoceno alicantino. *Paleomina*, 2012.

Mallada, L. (1892). Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España. *Bol. Com. Mapa Geol.*, Madrid, 253 pp.

Mónaco, P., Giannetti, A., Caracuel, J. E. & Yébenes, A. (2005). Lower Cretaceous (Albian) Shell-armoured and associated echinoid trace fossils from the Sacaras Formation, Serra Gelada area, Southeast Spain. *Lethaia*, 28, 4: 333-344.

Montenat, C. & Román, J. (1970). Échinides néogènes d´Espagne (Provinces d´Alicante et de Murcia). *Ann. Paleontol. (invertèbrès)*, t. XVI, fasc. 1: 89-138.

Montenat, C. (1973). Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol. *Thèse de Doctorat*, Paris, 3 vol., 1.170 pp.

Montenat, C. (1976). Les bassins néogènes du Levant de Alicante et de Murcia (Cordillères Bétiques Orientales-Espagne). Stratigraphie, Paleogeographie et evolution dynamique. *Document. Lab. Géol. Fac. Sci., Lyon*, 69.

Nicklès, R. (1889). Sur le Néocomien du Sud-Est de l´Espagne. *C. R. Ac. Sc.*, 108: 73-75.

Nicklès, R. (1889). Note sur quelques gisements sénoniens et daniens du Sud-Est de l´Espagne. *Bull. Soc. Géol. France* (3), XVIII: 824-840.

NICKLÈS, R. (1890). Contributions a la paléontologie du SE de l´Espagne. *Mém. Soc. Géol. France* (Paleontologie), 4; 64 pp.

NICKLÈS, R. (1891). Recherches géologiques sur les terrains secondaires et tertiaires de la province d´Alicante et du Sud de la province de Valence (Espagne). Thèses preséntées á la Faculté des Sciences de Paris, nº 734; 214 pp. Publ. 1892, *Ann Hébert*, I: 1-219, 7 pls.

NOVO, P. (1915). Reseña Geológica de la Provincia de Alicante. *Bol. Com. Mapa Geol. de España*, T.36, pp.: 81-108.

ROMÁN, J. (1984). Les échinides et la crise Crétacé-Tertiaire. *Bulletin de la Section Scientifique*, 6: 133-147.

SANTOLAYA, J. M. (1993). Gualtieria: Un nuevo equínido del Terciario alicantino. *Cidaris*, 2: 44-47.

SANTOLAYA, J. M. & SILLERO, C. (1994-2001). Guía ilustrada de los equinoideos fósiles de la provincia de Alicante. *Cidaris*, I (1994), 3: 4-43; II (1994), 3: 48-76; III (1995), 4: 4-48; IV (1995), 4: 74-103; V (1996), 5: 5-33; VI (1996), 5: 65-97; VII (1997), 11-12: 3-23; VIII (1999), 15-16: 4-19; IX (2001), 19-20: 4-19.

SILLERO, C. (1992). El Eoceno Medio (Luteciense) de Villafranqueza-Tangel (Provincia de Alicante). *Cidaris*, 1: 27-42.

SILLERO, C. (1994). Equinoideos fósiles de la Provincia de Alicante. *Cidaris*, 2, 4: 56-70.

SILLERO, C. (2002). L*eiopedina molinai* sp. nov., un nuevo equínido del Eoceno de Alicante. *Cidaris*, 21-22: 13-16.

SILLERO, C. (2008). Observación no publicada.

SILLERO, C. (2008). *Nomina Generum Echinorum* (Aproximación a un Catálogo de equínidos fósiles y actuales). Proyecto Alicante. C. Sillero Ed., Primera edición 2008, 409 páginas.

SMITH, A. B. & CRIMES, T. P. (1983). Trace fossils by heart-urchins-a study of *Scolicia* and related traces. *Lethaia*, 16: 79-92.

SMITH, A. B. & JEFFERY, C. H. (1998). Selectivity of extinction among sea urchins at the end Cretaceous. *Nature* 392: 69-71.

SMITH, A. B., GALLEMÍ, J., JEFFERY, C. H., ERNST, G. & WARD, P. D. (1999). Late Cretaceous-early Tertiary echinoids from northern Spain: implications for the Cretaceous-Tertiary extinction event. *Bull. Nat. Hist. Mus. London* (Geol), 55(2): 81-137.

SMITH, A. B. & JEFFERY, C. H. (2000). Maastrichtian and Palaeocene echinoids: a Key to world faunas. *Special papers in Palaeontology*, 63; 406 pp.

VERNEUIL, E. & COLLOMB, E. (1853). Coup d´oeil sur la constitution géologique de quelques provinces de l´Espagne. *Bull. Soc. Géol. France* (2), X: 61-147.

VILANOVA, J. (1879). Exploración de los alrededores de Alicante. *Act. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, VIII: 29-33.

VILANOVA, J. (1879). Cenománico de Busot. *Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, VIII, 1879.

VILANOVA, J. (1889). Noticias acerca de la obra de M. Cotteau sobre Equinodermos de Alicante. Act. Soc. Esp. *Hist. Nat.*, XVIII: 23-26.

VILLALBA CURRÁS, M. P. (1991). Revisión de los equínidos del Cretácico Inferior y Medio Español. *Tesis doctoral*. Universidad Complutense, Madrid., 759 pp.; 33 lám.

VISEDO & MOLTÓ, C. (1920). Notas geológicas, paleontológicas y orogénicas. En: *Historia de Alcoy y su región*.

LA COLECCIÓN MALACOLÓGICA "FRANCISCO ROMÁN" EN EL MUSEO PALEONTOLÓGICO DE ELCHE (MUPE)

Malocological collection "Francisco Román" in Paleontological Museum of Elche (MUPE)

Francisco Vives Boix
Fundación Cidaris - fvives@cidarismpe.org

RESUMEN

En el presente artículo se expone cada una de las fases realizadas hasta el momento en la colección de malacología cedida por la familia de Francisco Román. Las conversaciones previas, la visita inicial a la colección con su informe preliminar, la firma del convenio entre la familia y la Fundación Cidaris, el traslado de la colección, la exposición temporal en el MUPE, creación de una base de datos, la identificación de los ejemplares y su numeración.

Palabras clave: *Malacología, colección, Fundación Cidaris.*

ABSTRACT

Each of the phases carried out so far on malacology collection donated by the family of Francisco Román is explained in this article. Previous talks, the initial visit to the collection with its preliminary report, the signing of the agreement between the family and the Cidaris Foundation, the transfer of the collection, the temporary exhibition at MUPE, database creation, identification of specimens and numeration.

Keywords: *Malacology, collection, Cidaris Foundation.*

INTRODUCCIÓN

Tras el fallecimiento del joven biólogo y buceador ilicitano Francisco Román Esclapez, su familia, encabezada por su hermana Margarita, decide buscar un lugar adecuado para la conservación y exposición de su extensa colección malacológica. Una colección formada a lo largo de treinta años de dedicación y compuesta por cerca de 5.000 ejemplares.

Francisco Román expresó en varias ocasiones, a su hermana Margarita, el deseo de que la colección de conchas no se fragmentara y que quedara expuesta en un museo para que estudiantes, investigadores y el público en general pudiera disfrutar de estos tesoros naturales.

La familia tuvo claro desde un principio que debía cumplir los deseos de Francisco Román. Para ello, Margarita visitó diversos museos de la Comunidad Valenciana como la Colección Roselló en el Museo de Ciencias Naturales y la de Siro de Fez en el Museo de Historia Natural, ambos en Valencia, el Museo Acuario de Santa Pola y el Museo Paleontológico de Elche. En estas visitas se informaba del trato que se les daba a las colecciones para poder decidir cuál de ellos era el apropiado para la colección de malacología de su hermano. En ninguno de ellos se podría exponer la colección completa por varios motivos, como de espacio, de ámbito didáctico, etc.

La casualidad quiso que al exponer su preocupación a unos amigos por la decisión que debía tomar, y hablarles de algunos coleccionistas que establecieron relación con Francisco Román, apareciera el nombre del autor de este escrito. Gracias a uno de estos amigos se puso en contacto con el autor y comenzó la relación con el MUPE.

Desde la Fundación Cidaris que gestiona el MUPE, se hicieron varias reuniones para establecer de qué forma actuar ante esta posi-

ble cesión de un material que en principio no entraba en nuestro campo de la paleontología. Hubo opiniones diversas pero considerando que también disponíamos de una amplia representación de mineralogía y que el futuro de la Fundación Cidaris podía encaminarse hacia las ciencias naturales, se decidió dar un paso adelante para acoger dicha colección.

En febrero de 2008 se visitó la colección de Francisco Román y se realizó un informe preliminar para valorar la importancia de la misma. El resultado fue favorable. Reproducimos íntegramente dicho informe en el Anexo de este escrito.

La formalización de la cesión de la colección se realizó mediante un convenio el 21 de noviembre de 2011, casi tres años después de la realización del informe preliminar, y fue suscrito entre la Fundación Cidaris y la Familia Román.

Esta cesión implica la custodia, la conservación, el inventariado, el estudio y la difusión de la "Colección malacológica Francisco Román" por parte de la Fundación Cidaris, y la obligación de exponer una parte de la misma en sus instalaciones. En el caso de que en un futuro desaparezca dicha Fundación, la titularidad de la colección pasaría al Excmo. Ayuntamiento de Elche.

Las acciones realizadas hasta el momento comprenden: el traslado de las piezas, la organización de las cajas de traslado en los armarios compactos, la compra de armarios específicos para el depósito definitivo de los ejemplares, la realización de una exposición temporal, el fichado de las piezas y su numeración.

TRASLADO DE LA COLECCIÓN

La firma del convenio supuso el punto de partida para el trabajo con las piezas de la colección, iniciándose así su traslado desde el domicilio particular de Francisco Román en Santa Pola, hasta las dependencias del MUPE en Elche.

La colección se disponía en un estudio organizada en tres vitrinas, en base a las diferentes clases de moluscos, y como paso previo al tras-

Figura 1. *Aspecto general de la vitrina Gastropoda en el estudio de Francisco Román.*

Figura 2. *Aspecto general de la vitrina Bivalvia en el estudio de Francisco Román.*

lado, se cartografió cada una de ellas para poder situar los ejemplares en su posición original una vez trasladados.

Las dos vitrinas de gasterópodos (fig. 1) se identificaron como Gasterópodos izquierda y Gasterópodos derecha, cada estante se numeró de arriba a abajo y las subdivisiones dentro de cada estante venían determinadas por el número de cajas empleadas, por ejemplo, el estante número 1 de gasterópodos se embaló en tres cajas: 1-1, 1-2 y 1-3. Que fueron rotuladas como G1-1, G1-2 y G1-3. En la vitrina de bivalvos (fig. 2) se procedió de la misma forma.

El traslado oficial de la colección comenzó el 20 de octubre de 2011 y acabó el 28 de febrero de 2012, se realizaron 14 sesiones, por la tarde de forma voluntaria en las que participaron Ainara Aberasturi, Ignacio Fierro, José Manuel Marín, Margarita Román, y Francisco Vives.

Para ello, se emplearon como contenedores cajas de cartón (fig. 3) y de plástico con tapadera estandarizadas, además del material propio de embalado como bolsas de polietileno con cierre hermético, plástico de burbujas, cinta adhesiva, etc.

Cada sesión se registró en un cuaderno de campo con los datos pertinentes para la posterior comprensión y reconstrucción de la forma expositiva original de la colección y se realizó un registro fotográfico de las conchas en su posición y en su caja una vez embaladas, además de fotografiar aquellos ejemplares que mostraban algún aspecto curioso, por su estado de conservación (fig. 4), su forma de ser expuesto (fig. 5), etc.

La última de las sesiones de trabajo consistió en el traslado de todo el material que Francisco Román guardaba en armarios. En general se trataba de cajas de diversos materiales, contenedoras de frascos, cajas, bolsas, etc. con ejemplares repetidos o de escaso interés expositivo comparado con otros, o simplemente en proceso de identificación.

Las cajas con la colección malacológica se depositaron en el almacén del MUPE.

Debido a la falta de recursos económicos, de espacio y de personal para actuar en la colección se establecen unas reuniones con el fin de solucionar el siguiente paso en la actuación. Era urgente realizar el inventario exhaustivo de los

FIGURA 3. *Ejemplares protegidos y listos para su traslado.*

FIGURA 4. *Detalle de un ejemplar en mal estado de conservación.*

Figura 5. *Detalle de unos ejemplares guardados en un tintero como contenedor.*

ejemplares, identificarlos correctamente y asignarles un número definitivo, al mismo tiempo se contemplaba la necesidad de guardar la colección en unos armarios definitivos apropiados.

EXPOSICIÓN TEMPORAL EN EL MUPE

En septiembre de 2013 y gracias a una subvención del Área de Cultura de la Diputación de Alicante se planteó la exposición de parte de la colección en el MUPE. Así, en los escasos tres meses que quedaban del 2013, se planificó, diseñó y se puso en marcha una exposición de la Colección Malacológica de Francisco Román.

Para esta se disponía de siete vitrinas guardadas en los almacenes municipales, que había que limpiar, adecuar, pintar, rotular, etc. Los ejemplares de la colección no estaban todavía inventariados, ni tratados para su conservación, incluso para elegir los apropiados para exponer era necesario abrir cada una de las cajas del traslado, todo este trabajo nos obligó a ser cuidadosos y anotar qué ejemplares salían de las cajas de traslado para ser expuestas.

La exposición se organizó en siete vitrinas con los siguientes temas:

1.- Moluscos
2 y 3.- Gasterópodos
4 y 5.- Bivalvos
6.- Cefalópodos
7.- Los moluscos y el ser humano.

Figura 6. *Imagen de la vitrina 2 de la exposición. Se puede ver el panel explicativo del fondo y la situación de los ejemplares en la base de la vitrina.*

FIGURA 7. *Detalle de la vitrina 3 de la exposición. Se pueden ver las piezas poligonales de poliestireno azules en las que se apoyan y la cartelería.*

Cada vitrina lleva un panel de fondo con imágenes y textos explicativos (fig. 6), la base se utiliza para la colocación de las conchas que se disponen sobre piezas poligonales de poliestireno todo pintado de azul (fig. 7).

Al no tener la seguridad de que los ejemplares estuvieran correctamente identificados se decidió obviar los nombres científicos, y en pocos casos se etiquetó el género al que pertenecen o el aspecto a destacar de ese grupo. De este modo se pretende potenciar la faceta didáctica, la exposición se enfoca hacia los visitantes y estudiantes para que descubran la belleza de este grupo zoológico, del que muchas especies se extinguieron y pasaron a formar parte de la Paleontología.

En un panel se homenajea a Francisco Román Esclapez con una imagen del mismo y una reseña biográfica.

El 19 de diciembre de 2013 se inaugura la exposición temporal en el MUPE, aunque no se fija su fecha límite y en ella se muestran 350 conchas que se estima en solo un 5% del total de la colección.

En la preparación de la exposición participaron Ainara Aberasturi, José Manuel Marín, Margarita Román y Francisco Vives, asimismo y con el objetivo de tener adecuadamente registrados todos los ejemplares expuestos, se elaboró una lista con estos, tratando de identificarlos correctamente y organizarlos por familias, en la que participaron José Luis Garrido y Margarita Román, todos ellos de forma voluntaria.

CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

La incorporación de esta nueva colección en el museo supuso la creación de una nueva base de datos específica para la misma. Esta base de datos no debía entrar en conflicto con las ya existentes de paleontología y de mineralogía en el museo. Los ejemplares fósiles de la colección de Francisco Román fueron incluidos en la base de datos de paleontología del museo y sólo se crearía una nueva base con aquellos ejemplares de conchas actuales, en previsión ademas, a que en un futuro se le sumen nuevas donaciones.

Se partió de la base de datos que nos proporcionó la familia de Francisco Román. Esta base consistía en una relación de especies en formato Excel de Microsoft numeradas de la 1 a la 1.024. En cada línea aparecían los datos que su propietario creyó conveniente, como un número de orden, nombre científico con autor, grupo (*Clase*), familia, forma de adquisición, precio, procedencia, año, número de ejemplares, distribución, hábitat, sinonimia y comentarios. Sin duda una gran cantidad de datos que en ocasiones nos sorprendía por la minuciosidad con la que se describía una adquisición, o por la exactitud en una fecha de recogida.

Sin embargo esta base de datos no se ajustaba a las necesidades de un fichado correcto de una colección museográfica. En primer lugar era un fichero de especies, no de ejemplares, esto obligaba a la separación de cada uno de los ejemplares de una especie en los correspondientes registros siempre que fuera posible. El documento en formato Excel no se podía utilizar como fichero, o por lo menos era poco eficaz para la ordenación o búsqueda de fichas. Se decidió utilizar el formato de FileMaker de Apple (fig. 8), y para ello se exportaron los datos de la base original. Se crearon campos nuevos como: *sigla* y *tipo de entrada*; la *sigla* estaría compuesta por la letra "c" (de concha) seguida inmediatamente del número de orden del ejemplar (por ejemplo, c1439), de este modo no entraría en conflicto con otras colecciones del MUPE; el *tipo de entrada* se refiere al origen del ejemplar cuando llega al museo, en este caso se leerá "Donación, Familia de Francisco Román Esclapez 2011" y se podrá distinguir de otras colecciones de malacología. También se crearon campos de imágenes que nos permitirán insertar hasta cuatro fotografías de cada ejemplar que podrán ser ampliadas en caso de ser necesario.

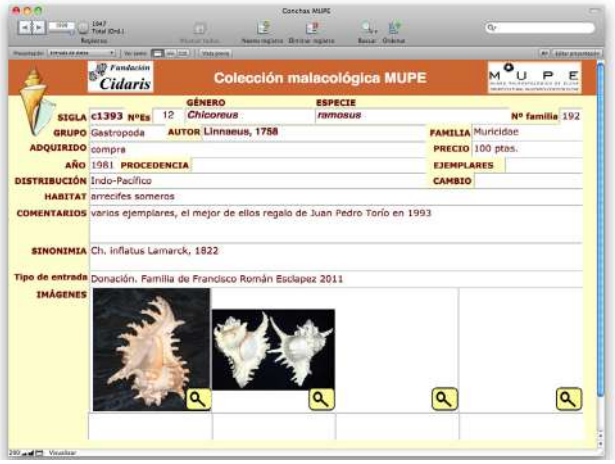


FIGURA 8. *Imagen de una ficha de la colección malacológica.* ***Cidaris***

Además de estas correcciones y adecuación del fichero, se decidió mantener cada uno de los datos que Francisco Román puso en su base de datos, ya que su colección se convertía en una colección histórica que no se podría ampliar y debería mantener la información original, si bien, se actualizaría la nomenclatura utilizada para adecuarla a la actualidad.

La utilización del programa FileMaker permite la búsqueda instantánea de cualquier ficha utilizando cualquier palabra o número que apareciera en ella sin tener que acudir a palabras clave. También es posible realizar listas ordenadas por cualquier concepto por orden alfabético o numérico, ascendente o descendente. Se pueden realizar diversos tipos de presentaciones como listados o etiquetas de diversos formatos (fig. 9) para utilizar en la catalogación de los ejemplares.

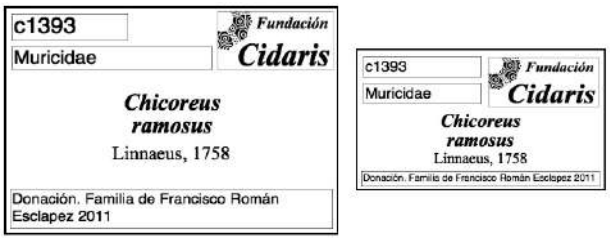


FIGURA 9. *Diseño preliminar de etiquetas de dos tamaños para cajas de metacrilato transparente de 6,5 x 4,5 y 5 x 3 cm para el almacenaje de la colección malacológica.*

Pero aún quedaba un asunto que resolver. La base de datos no permitía la ordenación de los ejemplares de forma filogenética, de hecho, ninguna base de datos lo puede hacer si no se introducen los parámetros necesarios en la ficha para que el programa pueda establecer esta ordenación. Para resolver este problema se recopilaron todas las familias de *Mollusca* del mundo con sus correspondientes géneros, las familias se pueden ordenar filogenéticamente y asignarles un número de orden que posteriormente se utilizaría para la confección de listados. Este proceso fue muy dificultoso debido a la gran variabilidad en la adopción de la nomenclatura decidida en los congresos internacionales. Se utilizaron bases de datos on line como *Integrated Taxonomic Information System (ITIS), World Register of Marine Species (WoRMS), Catalogue of Life o Worlwide*

Molluscs Species, sin embargo la lista obtenida actualizada sabemos que perderá su vigencia en poco tiempo debido a la gran velocidad a la que se renombran géneros o se les cambia de familia atendiendo a los modernos estudios moleculares. Aún así, se estableció una lista con 675 familias y 6.513 géneros, las familias se numeraron filogenéticamente de la 1 a la 675, los géneros no se numeraron y se prefirió su ordenación alfabética ascendente dentro de cada familia. Con este nuevo parámetro se crearon dos campos nuevos en las fichas *Familia* y *Nº de familia* que estaban relacionados con el campo *género*, de modo que al teclear un nombre de un género automáticamente el programa busca la familia a la que pertenece y su número correspondiente. Obtener ahora un listado filogenético es tan sencillo como ordenar numéricamente las fichas por su número de familia.

El trabajo informático ha sido realizado voluntariamente por Miguel Ángel Ricarte y Francisco Vives.

INVENTARIO Y CATALOGACIÓN DE LOS EJEMPLARES

Una vez diseñada la base de datos, se importó la información de Francisco Román y se comenzó a numerar los ejemplares y a crear las fichas correspondientes.

El trabajo se inició en enero de 2014 y continúa a día de hoy debido al gran número de ejemplares y a la complejidad del procedimiento.

En primer lugar se observó si el ejemplar de la colección llevaba un número, en ese caso se localiza con facilidad en la base de datos y procedemos a su estudio con el fin de descubrir cambios de nomenclatura o errores en la base de datos de Francisco Román. Si no se dispone de número se procede a su identificación, y si tenemos éxito buscamos la ficha y procedemos a su estudio.

Cuando la ficha contiene varios ejemplares se intenta separarlos en fichas independientes de modo que no se pierdan datos, se conserva el número asignado por Francisco Román pero a partir de ahora cada uno lleva su número identificador o sigla del MUPE, en ocasiones este sistema no es apropiado por tratarse de un frasco con miles de ejemplares diminutos de la misma especie. En este caso se ha decidido asignarle un único número al conjunto, lo mismo hemos hecho cuando ha sido imposible la identificación de varios ejemplares que parecen de la misma especie en espera a que en otra ocasión se identifiquen.

La identificación ha consistido en la búsqueda en manuales especializados o en páginas web fiables (Ardovini, 1999; Cossignani, 1995; D'Angelo, 1978; Doneddu, 2005; Durán, 2012; Giannuzzi-Savelli, 1996 y 2003; Gómez, 1977; Nappo, 2013; Poppe, 1991 y1993; Ruiz *et al*, 2006; Tucker, 1989 y 1990; Zobele, 2008), se han corregido nombres genéricos, se han eliminado los subgéneros, las nomenclaturas no aceptadas se han sustituido por las aceptadas y se ha procurado certificar el trabajo que en su día realizó Francisco Román. En ocasiones hemos tenido que nombrar algunos ejemplares como *Indeterminado*, al ser, de momento, imposible su correcta identificación. Cuando ha sido necesario hacer un comentario en la ficha de un ejemplar, para preservar la información original se ha anotado en el campo comentarios de la siguiente manera: nombre del que anota el dato, dos puntos, breve comentario (ejemplo, *Fco. Vives: ejemplar con periostraco*).

Una vez identificado un ejemplar se deposita en una bolsa transparente con cierre hermético en cuyo exterior se rotula la sigla del MUPE. El programa de fichas se ha preparado para que no se pueda repetir ninguna sigla de modo que si por error introducimos una existente, el programa no nos permite continuar hasta que resolvamos el conflicto creado.

Los ejemplares estudiados se van guardando en cajas de cartón planas y se depositan en los armarios metálicos adquiridos al efecto.

En junio de 2014 habíamos identificado 1.402 ejemplares y realizado sus fichas correspondientes. Los trabajos de fichado se realizan voluntariamente por Margarita Román, Amelia Moreno y Francisco Vives.

CONCLUSIONES

El trabajo a realizar en una colección museográfica es intenso y se deben tener en cuenta una serie de parámetros que permitan su

adecuada conservación, su estudio en el futuro y su divulgación.

La cesión de la colección malacológica de Francisco Román al Museo Paleontológico de Elche es la primera de estas características y a pesar de todo el trabajo realizado hasta la fecha no hemos hecho nada más que empezar. Recordaremos que en el informe preliminar se planteaba: la limpieza de los ejemplares, el fotografiado sistemático de los mismos, el almacenaje en contenedores apropiados y la edición de un catálogo de la colección.

La colección de malacología de Francisco Román es la síntesis del trabajo de este biólogo ilicitano que amablemente ha sido cedida a la ciudad de Elche. Disponer de esta ingente cantidad de ejemplares permite, además de su contemplación en la exposición, el estudio pormenorizado de ejemplares que permanecen vivos en la actualidad y la posibilidad de ser comparados con sus antecesores hoy extintos. El esfuerzo y el patrimonio personal empleado por su propietario es un regalo a la ciudadanía que no se podrá valorar suficientemente, los que tenemos el honor de trabajar con esta colección ya lo estamos valorando y nos sentimos satisfechos.

Desde el punto de vista didáctico, disponemos de una herramienta multidisciplinar que permite explicar asignaturas como: biología, ecología, evolución e incluso matemáticas, física y química, o etimología. Cuando los visitantes contemplan las conchas –tanto niños, adolescentes como adultos–, y nos hacen alguna pregunta sobre ellas, vemos el interés que demuestran y el disfrute de lo que han aprendido.

Sin embargo la falta de recursos económicos ha hecho necesario el compromiso de voluntarios que han regalado y siguen regalando sus horas de trabajo a la colección.

BIBLIOGRAFÍA

Ardovini, R. y Cossignani, T. (1999) *Atlante delle conchiglie di profondita del Mediterraneo*. Ed. L'Informatore Piceno. Ancona.

Cossignani, T. y Cossignani, V. (1995) *Atlante delle conchiglie terrestri e dulciacquicole italiane*. L'Informatore Piceno. Ancona.

D'angelo, G. y Gargiullo, S. (1978) *Guida alle conchiglie mediterranee*. Fabbri Editori. Milán.

Doneddu, M. y Trainito, E. (2005) *Conchiglie del Mediterraneo*. Ed Il Castello. Milán.

Durán Lalaguna, C. y Anadón Marco, A. (dir.) (2012) *Guía de campo. Moluscos Acuáticos de la Cuenca del Ebro*. Ed. Confederación Hidrográfica del Ebro.

Giannuzzi-Savelli, R., Pusateri, F., Palmeri, A. y Ebreo, C. (1996-2003) *Atlante delle Conchiglie Marine del Mediterraneo*. Vols. I, II, III, IV y VII. Ed. La Conchiglia. Roma.

Gómez Rodríguez, R. y Pérez Sánchez, J. M. (1977) *Moluscos bivalvos de Canarias*. Departamento de Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria.

Nappo, A. (2013) *Cypraeidae*. Associazione Naturalistica Malachia. I quaderni di Malachia nº 8. versión 1.0 pdf digital.

Poppe, G. T. y Goto, Y. (1991-1993) *European Seashells*. Vols. I y II. Ed. Verlad Chista Hemmen. Wiesbaden.

Ruiz, A., Cárcaba, A., Porras, A. I. y Arrébola, J. R. (2006) *Caracoles terrestres de Andalucía. Guía y manual de identificación*. Fundación Gypaetus y Consejería de Medio Ambiente. Sevilla.

Tucker Abbot, R. y Dance, P. (1989) *Compendium of Landshells*. American Malacologists. Melbourne y Burlington.

Tucker Abbot, R. y Dance, P. (1990) *Compendium of Seashells*. American Malacologists. Melbourne y Burlington.

Zobele Lipparini, G. y Negra, O. (2008) *Conchas y caracolas del mundo*. Ed. Lynx

http://www.itis.gov/ (último acceso 9/11/2014)

http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=-search (último acceso 9/11/2014)

http://www.catalogueoflife.org/col/browse/tree (último acceso 9/11/2014)

http://www.bagniliggia.it/WMSD/LfamilyLT1.htm (último acceso 9/11/2014)

http://www.sp2000.org/ (último acceso 9/11/2014)

INFORME DE LA VISITA PRELIMINAR A LA COLECCIÓN DE MALACOLOGÍA DE FRANCISCO ROMÁN ESCLAPEZ

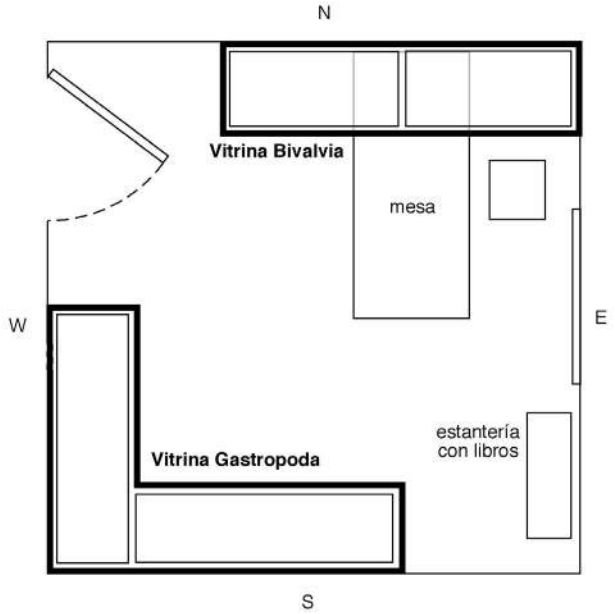
Francisco Vives Boix
Fundación Cidaris - fvives@cidarismpe.org

Sábado 6 de febrero de 2008

A petición de la hermana de Francisco, Margarita Román Esclapez, y por Joan Antoni Oltra del Instituto Municipal de Cultura del Ayuntamiento de Elche, realizo una visita preliminar a la casa de Francisco en la que se encuentra su colección. La visita es corta, de una hora aproximadamente, en la que Margarita me enseña su estudio, que es donde se expone la colección y el resto de la casa para que me haga una idea de la pasión que sentía su hermano por la malacología.
En el estudio me abre todas las vitrinas y me permite revisar hasta el más mínimo detalle, como sus libros de malacología, sus cuadernos de notas, las cajas de conchas que no están expuestas etc., con anterioridad ya me había facilitado un listado informatizado de la colección de su hermano en el que aparecen anotadas 1.025 especies.

DESCRIPCIÓN

El estudio es una habitación de unos 9 m^2, y allí se pueden ver dos grandes vitrinas de aluminio de color marrón de cierre casi hermético, una mesa con su silla, un ordenador muy antiguo y una estantería con libros de malacología.
La primera vitrina está dedicada a la Clase Gastropoda (caracolas) y la segunda a la Clase Bivalvia (almejas). En las vitrinas los especimenes están agrupados por familias cuando su tamaño lo permite, ya que las de mayor talla están colocadas aparte en los estantes superiores.



VITRINA GASTROPODA

La primera de las vitrinas se dispone en ángulo y ocupa la mitad de la pared oeste y las tres cuartas partes de la pared sur. Su altura es de unos 2,5 m, desde el suelo hasta el techo. Tiene luces fluorescentes en el interior y tres grandes puertas de hojas abatibles. La profundidad de las vitrinas sorprende pues es de 50 cm. Está dividida en nueve estantes, el inferior es fijo y permite almacenar conchas y diversos materiales no expuestos, sólo se ve su contenido si se abren las puertas. Los ocho estantes restantes son de vidrio y móviles, se sujetan con escuadras a la pared.
Los dos estantes superiores están ocupados por grandes conchas, mientras que el resto

contiene una ingente cantidad de ellas. En un primer intento de cuantificar la cantidad de ejemplares que se exponen en esta vitrina conté un centenar de conchas en una superficie cuadrada de 50x50 cm, lo que supone que en un estante habrían aproximadamente 500, y en los ocho estantes unos 4.000 ejemplares. A todo esto he de añadir que se exponen bastantes frascos de vidrio con muchas conchas de pequeño tamaño de la misma especie en su interior, lo que imposibilita saber el número total de ejemplares.

VITRINA BIVALVIA

La segunda vitrina es más pequeña que la anterior, ocupa casi la totalidad de la pared norte del estudio. Su altura es de aproximadamente 1,5 m y está colgada de la pared a una altura de 1 m llegando hasta el techo. También tiene luces fluorescentes en su interior y se abre mediante dos puertas correderas. La profundidad es de 50 cm, como la anterior. Está dividida en seis zonas mediante cinco estantes de vidrio y móviles que se sujetan con escuadras a la pared.

Los dos estantes superiores están ocupados por grandes conchas como en la vitrina anterior, mientras que el resto contiene una gran cantidad dispuestas en ocasiones sobre pequeñas gradas.

No me detengo a estimar el número de ejemplares expuesto, pero debe haber cerca de los 1.500 ya que esta vitrina es más pequeña que la anterior y las conchas son por lo general mayores.

PROCEDENCIA DE LOS EJEMPLARES

La colección de Francisco Román no se ciñe solamente a las especies del Mediterráneo, su mar natal en el que se convirtió en un verdadero experto. En ella se exponen ejemplares de todos los océanos del mundo ya que su profesión (biólogo y buceador profesional) y su pasión por el mar le llevó a lugares como Creta (Mediterráneo Oriental), Isla de Saba (Papúa Indonesia, Océano Pacífico Occidental), Mar Caribe (Océano Atlántico Occidental) y California (Océano Pacífico Oriental). Además sus amigos viajeros hicieron intercambios y regalos de conchas del Océano Índico y del Pacífico Sur.
Gran parte de su colección fue adquirida en comercios especializados y en sus listados aparece el precio que pagó por cada concha.

CURIOSIDADES Y CONCHAS SINGULARES

Me ha sorprendido gratamente, encontrar entre los ejemplares de la colección, grupos de fósiles que ilustran el parentesco entre los que se han extinguido y los actuales. Destacaría la relación entre los Ammonioideos del Mesozoico y los Nautiloideos actuales.
Algunos de los ejemplares son muy importantes por su escasez. En el mundo del coleccionismo son muy valorados y alcanzan pecios muy elevados.
En la colección de Francisco Román se pueden ver: *Leporicypraea valentia* (70.000 ptas.), *Conus midneedwarsii* (35.000 ptas.), *Cymatium succinata* (10.000 ptas.), *Cymatium ranzanii* (28.000 ptas.), *Zoila rosselli* (28.500 ptas.), *Lynzina aurantium* (8.000 ptas.) y *Conus gloriamaris* (150 €) entre otros.

Además, entre los libros de malacología de Francisco Román se pueden encontrar curiosidades como una colección de cupones de la O. N. C. E. que en su día se dedicaron a las conchas. Seguramente su colección nos deparará más sorpresas.

CONSERVACIÓN DE LOS EJEMPLARES

El estado de conservación de los ejemplares es muy bueno. Pero debemos saber que Francisco Román nunca cogió especies vivas en sus inmersiones, sólo lo hacía si se trataba de conchas vacías de individuos muertos y la inmersión no estaba encuadrada dentro de su labor profesional, ya que los aparatos que manejaban no le permitían disponer de manos libres o contenedores para recolectar. Las conchas recogidas de animales muertos han estado expuestas a los ataques de depredadores, a los movimientos de corrientes y oleaje que pueden erosionar su superficie, con estas salvedades, los ejemplares de su colección están muy bien conservados.
Su exposición en vitrinas casi herméticas también ha ayudado a su conservación y la acumulación de polvo sobre ellas es mínima aunque no nula.

Cidaris

ETIQUETADO DE LOS EJEMPLARES

Por lo que he revisado de sus listados y de la visita a su colección, los ejemplares expuestos llevan sólo un número identificador escrito sobre la propia concha, que en ocasiones es difícil ver por estar casi borrado. Este número identificador lo introducía a medida que iba adquiriendo sus ejemplares, es decir, se trata de un mero número de orden de entrada que le permitía acudir a la correspondiente ficha identificadora.
Los ejemplares no van acompañados de etiqueta, pero es posible seguir su filiación. Para ello es necesario reclasificar la colección para certificar el trabajo de Francisco Román y eliminar las posibles sinonimias. Además se deberán renumerar los ejemplares una vez se depositen en su sede definitiva para que en todo momento el número haga referencia a la procedencia, por ejemplo FR0123 (colección Francisco Román, número 123).

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE LOS EJEMPLARES

La colección de Francisco Román estuvo en un principio colocada en casa de sus padres y hace aproximadamente dos años él mismo la trasladó a su domicilio en Santa Pola. No conocemos el tipo de cajas o contenedores que utilizó. Lo hizo en pequeños lotes transportando poco a poco los ejemplares.
Debido a la fragilidad de la mayoría de los especimenes es recomendable habilitar unos muebles con cajones estrechos en los que se pueden colocar pequeñas cajas que individualicen los ejemplares e impidan el choque entre ellos. Los cajones estrechos sirven de bandejas para que los investigadores los puedan utilizar con facilidad. Ya existen varios modelos en el mercado.
Estos mismos muebles se utilizan para almacenar la colección y poder trasladarla si es necesario.

VALORACIÓN

IMPORTANCIA DE LA COLECCIÓN

Esta colección de malacología resume el trabajo de treinta años de un ilicitano, que desde niño se convirtió en un enamorado de la Naturaleza, se licenció en Biología Marina, y se dedicó profesionalmente al submarinismo.
Su colección de conchas de todo el mundo es fruto de su trabajo y de su patrimonio personal, que no dudó en su vida cuál debía ser su destino. Entre sus deseos estaba que algún día se depositara en algún museo de la ciudad de Elche para que los estudiantes, los investigadores, y el público en general pudiera disfrutar como él lo hizo de estos tesoros de los mares.
Si se produce esta donación a la ciudad de Elche, sería la primera de estas características y estoy seguro que a esta iniciativa se uniría en un futuro, las colecciones de otros ilicitanos que en la actualidad mantienen colecciones naturales en sus casas.
Particularmente creo que esta colección es de suma importancia y deseo que la sensibilidad de nuestros gobernantes así lo entienda, y que el patrimonio de la ciudad vaya creciendo paso a paso.

EXPOSICIÓN DE LA COLECCIÓN

La familia de Francisco Román ha visitado varios museos de la Comunidad Valenciana para interesarse por la forma en que son tratadas estas colecciones e informarse de cuál de ellos sería el mejor para acoger la colección de Francisco Román. Ni que decir tiene, que han sido recibidos con los brazos abiertos en todos ellos, y está en sus manos la decisión que deban tomar.

En estas visitas les ha quedado claro que la totalidad de la colección es imposible que sea expuesta por motivos de espacio, de política científica y de didáctica museística. Han visitado la Colección Roselló en el Museo de Ciencias Naturales y la de Siro de Fez en el Museo de Historia Natural, ambos en Valencia, y han comprobado estos hechos.

Si se produce la donación a la ciudad de Elche, sería posible realizar una exposición monográfica de la totalidad de los ejemplares como evento singular encuadrándose en los actos de homenaje y agradecimiento a Francisco Román.

UBICACIÓN DEFINITIVA DE LA COLECCIÓN

La colección debería estar en un Museo de Ciencias Naturales, de Biología Marina, o similar. Su situación definitiva en Elche no depende de mi, aunque no niego que sería deseable que la ciudad contara en un futuro con un museo de estas características, al que puedan unirse otras colecciones naturales de insectos, minerales, rocas, etc.

En Elche disponemos en la actualidad de un Museo Paleontológico (MUPE) que sin duda podría ser el destinatario o el garante de la colección habida cuenta de la trayectoria social, didáctica e investigadora que tiene dicho museo. Además, desde la Fundación Cidaris del propio museo se puede conducir la gestión de dicha colección, tanto científica como divulgadora.

La colección debería estar expuesta en su parte más representativa, sobretodo las conchas del Mar Mediterráneo y aquellas que por su belleza y perfección puedan representar los otros mares del mundo.

El resto debería estar al alcance de cualquier investigador que lo solicite, y ser susceptible de préstamo para formar parte de exposiciones en otras localidades.

ESTUDIO DE LA COLECCIÓN

Para que la colección sea útil a la sociedad debe procederse a un estudio exhaustivo que deberá comprender como mínimo los siguientes puntos:

Clasificación de la totalidad de los ejemplares.
Limpieza de los ejemplares.
Etiquetado de los ejemplares.
Fichero organizado de los ejemplares.
Fotografiado sistemático de la colección.
Organización filogenética, ecológica y geográfica de las especies.
Almacenaje en contenedores apropiados.
Edición de un catálogo de la colección.

UNA DÉCADA DEL MUSEO PALEONTOLÓGICO DE ELCHE

A decade of paleontological museum of Elche

Ainara Aberasturi Rodríguez[1,2], Ignacio Fierro Bandera[2] y José Manuel Marín Ferrer[1]
[1]*Fundación Cidaris, Museo Paleontológico de Elche, Plaza de San Juan, s/n - 03203 Elche*
ainara@cidarismpe.org - info@cidarismpe.org
[2]*GeaLand Patrimonio, S.L., C/ Tibi, 3 - 3º - E-1 - 03011 Alicante*
fierro@gealandpatrimonio.com

RESUMEN

Desde su apertura en el 2004 el Museo Paleontológico de Elche se ha ido afianzando como museo desde donde se realizan importantes proyectos de investigación, conservación y difusión del patrimonio paleontológico. Actualmente, el MUPE está gestionado por la Fundación Cidaris, si bien sus orígenes se pueden remontar años atrás con la creación del Grupo Cultural Paleontológico de Elche.

Palabras clave: *Investigación, conservación, comunicación, museo, paleontología.*

ABSTRACT

Since opening in 2004 the Museo Paleontológico de Elche has been strengthening as a museum where important research projects, conservation and comunication of paleontological heritage are performed. Currently, the MUPE is managed by the Fundación Cidaris, although its origins can be traced years ago with the creation of the Grupo Cultural Paleontológico de Elche.

Keywords: *Research, conservation, communication, museum, palaeontology.*

INTRODUCCIÓN

En 1982, un grupo de aficionados y amantes de la paleontología decide formar el Grupo Cultural Paleontológico de Elche (GCPE). Sin saberlo, se estaba gestando lo que más tarde evolucionaría hacia el Museo Paleontológico de Elche (MUPE). En los primeros años de andadura, los miembros del GCPE establecieron relaciones con diferentes universidades e instituciones científicas y en 1991 comienza a publicarse la Revista de Paleontología y Mineralogía *Cidaris*, revista de carácter periódico que este año ve publicado su número 32.

El trabajo y el interés por recuperar el rico patrimonio paleontológico de Elche por parte del GCPE hace que en el año 1992, el Ayuntamiento de Elche ceda un pequeño local como el lugar de exposición permanente de las colecciones recuperadas, además de ser el punto de encuentro del Grupo desde donde comienzan a prepararse fósiles de manera amateur, catalogan y ofrecen visitas a los centros escolares.

Cuatro años más tarde en 1996, la Dirección General de Patrimonio Artístico de la Generalitat Valenciana reconoce la colección del GCPE como Colección Museográfica de Paleontología, colección que hoy forma parte de los fondos del MUPE. Tras años de esfuerzo y trabajo, es en el año 2004 cuando el Museo Paleontológico de Elche se convierte en una realidad, dada la inversión y el apoyo del ayuntamiento de la ciudad (fig. 1). Desde entonces y gracias a la incorporación de geólogos y biólogos, el MUPE se ha convertido en un referente en la provincia de Alicante al ser el único museo de paleontología de toda la provincia desde donde además se desarrollan importantes proyectos de investigación (Fierro, 2008), conservación (Aberasturi y Fierro, 2005) y difusión del patrimonio geológico y paleontológico, tres pilares básicos sobre los que se sustenta todo museo.

FIGURA 1. *Vista general de una de las salas del MUPE.*

El MUPE es un museo público que alberga importantes colecciones paleontológicas, con más de 60.000 ejemplares. La gran mayoría de estas colecciones son privadas y la institución es gestionada desde el año 2007 por la Fundación Cidaris. Además, posee un excelente fondo de 7.000 ejemplares minerales (Fierro *et al.*, 2009) y 5.000 conchas actuales de primer orden y cuenta con un edificio, propiedad del Ayuntamiento de Elche, separado en dos plantas dedicadas a la Paleontología, con aulario, almacén, biblioteca y laboratorio de preparación fósil.

En las salas de exposición, ordenadas cronológicamente y divididas en dos plantas, se exponen cerca de 1.700 ejemplares, correspondiendo el 98% de ellos a elementos originales.

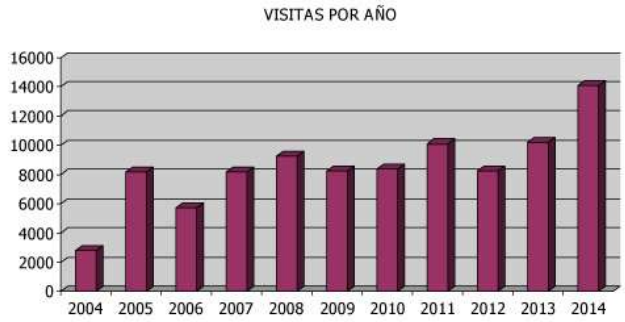


TABLA 1. *Número de visitas a lo largo de los 10 años del museo.*

La planta inferior muestra piezas internacionales y la superior es de ámbito local.

A lo largo de estos diez años de historia, el museo ha recibido cerca de 90.000 visitantes (Tabla 1), siendo uno de los museos más visitado de Elche en el 2014 con 14.080 visitas.

A continuación se detallan varios de los proyectos más importantes que vienen desarrollándose desde la Fundación Cidaris y que abarcan tres ámbitos importantes: investigación, conservación y difusión.

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Proyecto PALDES

Bajo esta denominación se desarrolló un proyecto de paleontología para el desarrollo de una zona del Sáhara nigerino (SSW de Agadez) mediante la utilización de su rico patrimonio paleontológico como recurso socio-cultural (fig. 2). El proyecto se puso en marcha en el año 2003 gracias a la "1ª Expedición Científica Española al Desierto del Teneré" en la que participó un equipo multidisciplinar de instituciones, coordinado por

Figura 2. *El proyecto Paldes es un proyecto de paleontología y desarrollo que puso como objetivo emplear los recursos geológicos y paleontológicos para potenciar económicamente una zona muy desfavorecida de Níger. 1) Acantilados de Tiguidit, 2)* Spinophorosaurus nigerensis*, 3) Actividades en la Escuela, 4) Pozo de agua.*

el entonces Grupo Cultural Paleontológico de Elche, y que atendía a la invitación de Ajober (Association pour la Protection, la Surveillance et l'Entretien des Sites de Dinosaures), una asociación nigerina que solicitaba ayuda para la gestión de los yacimientos de dinosaurios como recurso turístico.

La valoración de la expedición, financiada por la Generalitat Valenciana y empresas privadas fundamentalmente de Elche, fue positiva. Los yacimientos paleontológicos podían convertirse en un elemento fundamental para impulsar el desarrollo de la zona. Así, se firmaron convenios de colaboración con Ajober y la administración local, el Museo Nacional de Niamey y con el Ministerio de Enseñanza Superior e Investigación que permitirían llevar a cabo un proyecto conjunto.

Tras años de planificación, búsqueda de financiación y solicitud de permisos, es en el año 2007 cuando se inicia una nueva fase del proyecto. Durante la misma se realizaron trabajos de campo y se dotaron a la escuela y al dispensario de Aderbissinat de materiales necesarios para su funcionamiento. Esta fase, contó con la financiación de la AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo) y aportaciones públicas como Castelló Cultural y privadas y en la que participaron paleontólogos de la Universidad Autónoma de Madrid, Universidad Nacional de Educación a Distancia, la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel, la Universidad de Alicante, el Museo Nacional de Historia Natural de Lisboa), el Laboratorio de Historia Natural de Batalha (Batalha, Portugal) y el Natural History Museum of Los Angeles County (Los Ángeles, EEUU).

Desde el punto de vista científico, la zona principal de trabajo se asocia a los acantilados de Tiguidit, una extensa superficie que forma un arco al sur de Agadez. Los trabajos de campo dieron como resultado la recuperación de un dinosaurio saurópodo de hace 160 millones de años, que fue definido como nuevo género y especie en el año 2009 y denominado *Spinophorosaurus nigerensis* (Remes *et al.* 2009). Se trata de uno de los saurópodos más primitivos y completos conocidos hasta la fecha y clave en la interpretación temprana de este tipo de dinosaurios.

Actualmente, paleontólogos del MUPE y del Grupo de Biología Evolutiva de la UNED están trabajando en la descripción detallada del ejemplar.

Proyecto FOPALI

FOPALI (fig. 3) es un proyecto amplio y ambicioso cuyo principal objetivo es la gestión del Patrimonio Geológico de la provincia de Alicante y que incluye varias fases de actuación (Fierro, 2008). La primera de ellas pasa por la realización de un inventario exhaustivo del mismo, en la que se recoja documentación e información que permita un conocimiento a fondo de la situación de los bienes cuya promoción principal debe ser la conservación a largo plazo. Para ello es importante revisar la historia de los diferentes yacimientos y puntos de interés, precisar la información sobre su situación actual y también proponer opciones de futuro para los mismos. Un objetivo más avanzado respecto a la creación del inventario, se basa en la realización de una valoración patrimonial de los diferentes puntos o zonas que permitirá el correspondiente análisis y puesta en valor por parte de la administración.

Tal como se presenta, FOPALI tiene que entenderse como un proyecto a largo plazo donde el avance a nivel local tiene una importancia significativa para el conjunto.

Figura 3. *Logotipo del proyecto Fopali.*

Hasta la fecha FOPALI se ha aplicado al Clot de Galvany (Elche) y al término municipal de Alicante, realizándose las acciones preliminares en los municipios de Elche y Tibi. Esto ha supuesto un adelanto para el conocimiento y la valoración del patrimonio por parte de la administración pública. Sin embargo, es aún más importante la incorporación del conocimiento generado al marco de gestión, proponiendo en cada caso actividades relacionadas con la investigación, conservación y difusión de la riqueza patrimonial.

Proyecto CR2

Desde la década de los años 70 se conocen yacimientos con restos de mamíferos fósiles en el área de Crevillente, pero no fue hasta 1986 cuando un equipo interdisciplinar del Departamento de Geología de la Universidad de Valencia y del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid comenzó a excavar durante tres campañas consecutivas uno de los primeros niveles descubiertos al cual se denominó Crevillente 2.

Tras un parón de nada menos que 17 años, el Museo Paleontológico de Elche retomó los trabajos de campo en 2005, iniciando de esta manera el Proyecto CR2 (fig. 4). Durante los 4 años siguientes un equipo del museo junto a miembros de la Universidad de Valencia, realizaron excavaciones sistemáticas recuperando con ello numerosos elementos e importante información geológica y estratigráfica que actualmente sigue en fase de procesado.

Figura 4. *Excavación en el yacimiento de Crevillente 2.*

El yacimiento paleontológico de Crevillente 2 constituye, sin duda, uno de los yacimientos con restos de mamíferos más interesantes de la provincia de Alicante. Se formó en el Mioceno Superior, hace aproximadamente 8,5 millones de años, en un ambiente de tipo palustre y en el se han llegado a identificar 40 especies entre las que destacan, el puercoespín más primitivo conocido, osos, tigres dientes de sable, un cerdo, una jirafa de cuello corto, un ciervo, una mofeta, dos proboscídeos (animales del grupo de los elefantes) incluso reptiles como cocodrilos y tortugas.

El yacimiento cuenta con más de 30 artículos en revistas especializadas, nacionales e internacionales, una Tesis de Licenciatura, una Tesis Doctoral monográfica, y se ha incluido el estudio parcial de este yacimiento en otras tesis doctorales más.

LA CONSERVACIÓN EN EL MUSEO

Los fósiles son la herramienta fundamental para conocer la historia de la vida en la Tierra, siendo únicos, irreemplazables y de gran valor científico, cultural y social (Aberasturi, 2011). Su adecuada gestión desde la excavación al laboratorio y su posterior conservación una vez intervenidos resulta fundamental.

A lo largo de estos diez años, el laboratorio del MUPE se ha equipado con el instrumental necesario para realizar trabajos de preparación y conservación fósil. Es el área donde van destinados inicialmente los fósiles recuperados en las campañas de excavación y cuya metodología de intervención depende fundamentalmente de la finalidad del fósil, si bien, las técnicas y los productos empleados durante la misma están condicionados por la naturaleza de los elementos paleontológicos y de la matriz donde se encuentran englobados, siendo necesario realizar diferentes pruebas previas para comprobar la eficacia y compatibilidad de los procesos con el fósil.

La preparación de los fósiles requiere tiempo, además de personal cualificado y disponibilidad económica. La extracción de los fósiles en el campo supone en ocasiones varias semanas de trabajo, multiplicándose este por mucho más cuando los fósiles llegan al laboratorio y empiezan a ser intervenidos. Esta situación ha llevado a la Fundación Cidaris a disponer de muchos fósiles a la espera de su preparación.

Además de los fósiles propios de la colección del museo y los recuperados en las campañas de excavación de la Fundación, hay que destacar que el MUPE es depositario de bienes muebles como museo reconocido por parte de la Generalitat Valenciana.

En el ámbito de la conservación, cabe destacar que el trabajo sobre los fósiles de la colección resulta fundamental. Actualmente, se están revisando los fósiles expuestos para evaluar su estado de conservación y actuar sobre aquellos que presentan alguna alteración. Desde la puesta en marcha del museo hace diez años, los trabajos de conservación han sido escasos, de ahí la necesidad de sustituir materiales más estables como por ejemplo para la base de las siglas (fig. 5) o consolidar ejemplares con falta de cohesión. Es necesario realizar visitas periódicas de mantenimiento a las colecciones con el objetivo de detectar posibles alteraciones en los fósiles e incluso en los productos aplicados durante la preparación.

Otro de los trabajos que se están desarrollando pasa por la actualización del inventario de las colecciones paleontológicas como punto de partida para establecer posteriormente los protocolos de actuación en caso de emergencia en el museo. No cabe la menor duda que los fondos del museo han de estar documentados en su totalidad. La creación y mantenimiento de un inventario fiable, preciso y actualizado es fundamental para cualquier museo y vale la pena la inversión, en recursos humanos y económicos (McCormick, 2010).

Figura 5. *Detalle de una sigla alterada en uno de los fósiles en exposición que es necesaria cambiar.*

Figura 6. *Los talleres y visitas guiadas resultan ser fundamentales para acercar la paleontología a la sociedad.*

LA DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO, UNA TAREA CON GRAN ACOGIDA

Proyecto didacPAL

Las actividades didácticas constituyen uno de los ámbitos de comunicación más inmediatos a la acción museística. Estas actividades pueden ser muy diversas: visitas guiadas a la exposición permanente o a las temporales, itinerarios geológicos y paleontológicos, folletos divulgativos o materiales curriculares diseñados específicamente para los distintos niveles educativos.

Aunque existe una numerosísima bibliografía referente a experiencias, estrategias y propuestas didácticas relacionadas con la Geología y la Paleontología (p.e. Busquets y Vives, 1992; Hoffmann, 1993; López y Gómez, 1993; Martínez, 1993; Pérez, 1993; Cuesta, 2004; Cutillas, Lancis, Baeza, Güell y Sáez, 2004; Delvene y Laguarta, 2004; López, Calonge y Meléndez., 2004; Molina y Mazo, 2004; Pastor Gascón, 2004; Rodrigo, A., 2008; Cobos, A. *et al.* 2010; Ramírez, López, Luque y Alcalá, 2010; Alcalá *et al.*, 2010, entre otros) la escasa presencia de la Paleontología en los ciclos formativos de enseñanza secundaria y bachillerato hace que los museos centrados en esta temática puedan desarrollar una labor esencial en la comunicación de esta parte del patrimonio geológico.

El uso de colecciones de historia natural como fuente de materiales pedagógicos para los diferentes niveles educativos no es del todo innovador. Numerosos libros de texto, manuales y guías prestan atención a este asunto (cf. Lillo y Redonet, 1985; citado en Martínez, 1993).

El Museo Paleontológico de Elche, desde su interés por la divulgación científica de la Paleontología, lleva a cabo un proyecto de comunicación y difusión de la Paleontología dirigido a todos los niveles del sistema educativo y al conjunto de la sociedad denominado Proyecto didacPAL.

DidacPAL se puso en marcha en el 2007, gracias inicialmente a una subvención del Servicio Valenciano de Empleo y Formación (Servef). Dicho proyecto tenía como principal

Figura 7. *El MUPE es accesible para los colectivos de personas sordas e invidentes.*

objetivo diseñar y desarrollar talleres junto a otro tipo de actividades (conferencias, noches temáticas…), encaminadas en un principio a la comunidad escolar y tomando como base los contenidos del museo y sus colecciones. Desde entonces, didacPAL se ha ido afianzando y a lo largo de estos años el proyecto se ha ampliado, llegando a todos los sectores de la sociedad e intentando difundir el extenso marco de las Ciencias de la Tierra (Aberasturi *et al.*, 2014)

El Proyecto didacPAL. (fig. 6) incluye desde visitas guiadas al museo, talleres, ciclos de conferencias, salidas de campo, "Noches en el Museo" y todo tipo de actividades donde se proporcionan conocimientos científicos rigurosos y actualizados, destinados a introducir el método científico como herramienta para la comprensión de nuestro entorno y destinados a sensibilizar sobre la necesidad de conocer y proteger el Patrimonio Paleontológico como parte del Patrimonio Geológico y Natural.

Cabe destacar que el MUPE ha sido el primer museo de Elche en disponer textos en braille y adaptar materiales para realizar visitas y talleres con personas invidentes o con deficiencia visual (fig. 7). Asimismo, ha puesto en marcha visitas para la comunidad sorda y subtitulado el video inicial del museo en lengua de signos. Para todo ello se ha contado con la colaboración de la ONCE y Apesoelx (Asociación de Personas Sordas de Elche y Bajo Vinalopó) y la Concejalía de Acción Social del Ayuntamiento de Elche.

CONCLUSIONES

El Museo Paleontológico de Elche, gestionado por la Fundación Cidaris, ha ido evolucionando a lo largo de sus diez años de historia, convirtiéndose en la actualidad en una institución desde donde se realizan importantes trabajos de investigación, conservación y difusión del patrimonio paleontológico.

El incremento en el número de visitas desde su apertura, es un síntoma evidente del aumento de interés de nuestra sociedad por esta ciencia. La labor de comunicación de la institución hacen del museo un referente a nivel de la provincia que año tras año ve como aumentan las

visitas y como nuevos colectivos se acercan al mismo, generando con ello un museo vivo y cercano a la sociedad.

No cabe la menor duda que estos diez años han servido para afianzar el museo como una realidad, siendo necesaria la implicación en firme de la administración local y provincial en un proyecto único y con una proyección cultural, turística y social de primer orden.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas aquellas personas, instituciones que a lo largo de estos diez años han hecho posible que el Museo Paleontológico de Elche sea una realidad.

BIBLIOGRAFÍA

Aberasturi, A., Sánchez, E. J., Fierro, I., Marín, J. M. & Navarro, J. (2014). El proyecto didáctico del Museo Paleontológico de Elche: *didacPal. En: XVIII Simposio sobre la enseñanza de la geología. Eds.: J. Sanz, T. Zamalloa, A. Uskola y A, Apraiz* (2014). Libro de Comunicaciones. Bilbao, 165-173.

Aberasturi, A. (2011). No tocar: fósil en preparación. Viajando a mundos pretéritos (Pérez-García *et al.*, eds). Ayuntamiento de Morella (Morella, Castellón), 25-33.

Aberasturi, A. & Fierro, I. (2005). Aspectos metodológicos en la Excavación Paleontológica de Urgencia Crevillente 2, mayo-junio 2005. *Cidaris*. 25-26, 15-20.

Alcalá, A., Luque, L., Aberasturi, A., Ayala, D., Cobos, A., Espílez, E., Gascó, F., González, A., Mampel & Royo-Torres, R. (2010). El dinosaurio gigante de Riodeva: nacido para enseñar. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* (18.1), 97-106.

Alcalá, L. (2005). Los Museos y la nueva proyección social de la Paleontología. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*. 100(1/4), 289-306.

Busquets, P. & Vives, J. (1992). El Mediterráneo, ¿un mar cálido o un mar frío? (Programa de ordenador que facilita la comprensión de la reconstrucción paleoambiental a partir del registro fósil), In: F. Olóriz Sáez (Coord.), *Paleontología y Sociedad* (pp. 121-134). Sociedad Española de Paleontología y Departamento de Estratigrafía y Paleontología de la Universidad de Granada.

Cobos, A., Alcalá, L. Ayala, D., Aberasturi, A., Espilez, E., Luque, L., Gascó, F., González, A., Mampel, L., Pesquero, M.d. & Royo, R. (2010). Dinosaurios: del yacimiento a la exposición. *XVI Simposio sobre Enseñanza de la Geología ¡Fundamental*. 16, 63-72.

Cuesta Ruíz-Colmenares, M. A. (2004). Interés del patrimonio paleontológico de la provincia de Palencia (Castilla y León, España) como recurso educativo, In: A. Calonge, R. Gozalo, M.D. López Carrillo, B. Márquez, y M.V. Pardo Alonso (Eds.), *Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, (pp. 23-32). Alcalá de Henares: Sociedad Española de Paleontología.

Cutillas, A., Lancis, C., Baeza, J. F., Güell, J. M. & Sáez, C. (2004). Excursión por los alrededores de Agres. Estudio del medio físico y biótico de la Sierra de Mariola (Alicante), *Geo-Temas.7*, 275-279.

Delvene, G. & Laguarta, S. (2004). Actividad práctica con bivalvos actuales y fósiles aplicable a la Educación Secundaria, In: A. Calonge, R. Gozalo, M. D. López Carrillo, B. Márquez y M.V. Pardo Alonso (Eds.), *Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología,* (pp. 23-32). Alcalá de Henares: Sociedad Española de Paleontología.

Fierro, I., Sánchez, E. J., Díaz, L., Marín, J. M. & Navarro, J. (2010). A pedales en la máquina del tiempo. In L. Alcalá y L. Mampel (Coord). *XVI Simposio sobre Enseñanza de la Geología ¡Fundamental!* 16, 109-114.

Fierro, I. Sáez, J.F., Sánchez, E.J., Maín, J.M. y Vives, F. (2009) La colección mineralógica del Grupo Cultural Paleontológico de Elche. Cidaris, 29, 39-49.

Fierro, I. (2008). Fopali: fósiles y Patrimonio de Alicante. In J. Navarro (Ed.), *Paleontología y Medio Ambiente*. 33-58.

Hoffmann, R. S. (1993). Expanding use of collections for education and research, In: F. Palacios, C. Martínez y Thomas. B. (Eds.), *International Symposium & First World Congress on Preservation and Conservation of Natural History Collections. 3* (pp. 51-62) Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura, Madrid, España.

International Council of Museums, ICOM (2007). ICOM. Consejo Internacional de Museos. Recuperado el 3 de junio de 2014, de http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Statuts/statutes_spa.pdf

López Álvarez, J. M. & Gómez Díaz, M. J. (1993). Estrategias didácticas en la educación infantil: uso y consumo del medio natural, In: F. Palacios, C. Martínez y B. Thomas. (Eds.), *International Symposium & First World Congress on Preservation and Conservation of Natural History Collections.* 1 (pp. 185-199). Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura.

López Carrillo, M. D.; Calonge, A. & Meléndez, G. (2004). El patrimonio Paleontológico en la Enseñanza Secundaria: problemática y sugerencias, In: A. Calonge, R. Gozalo, M.D. López Carrillo, B. Márquez y M.V. Pardo Alonso (Eds.), *Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, (pp. 23-32).

Martínez, A. M. (1993). Natural History collections as a didactic tool at the secondary school, In: F. Palacios, C. Martínez & B. Thomas (Eds.), *International Symposium & First World Congress on Preservation and Conservation of Natural History Collections*. 1. (pp. 175-179). Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura.

Mccormick, M. (2010). Inventory. Section 5 Colllection Management I: hypotheticals. In: Museum Registration Methods 5th edition. R. Buck & J. Allamn Gilmore, Ed. 516 pps. The AAM Press American Association of Museums. Washington.

Molina, P. & Mazo, A. (2004). "Hace tres millones de años". Una experiencia didáctica del Museo Provincial de Ciudad Real, In: Calonge, A.; Gozalo, R.; López Carrillo, M.D.; Márquez, B. y Pardo Alonso, M.V. (eds.), *Actas de las XX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, (pp. 23-32).

Pastor Gascón, E. (2004). El patrimonio paleontológico de Teruel y su repercusión en el ámbito educativo. *Geo-Temas. 7*, 305-308.

Pérez Fernández, P. (1993). El interaccionismo de J. Piaget, fundamento didáctico de las exposiciones y museos interactivos de Historia Natural, In: F. Palacios, C. Martínez y B. Thomas (Eds.), *International Symposium & First World Congress on Preservation and Conservation of Natural History Collections*. 1. (pp. 181-183). Madrid: Dirección General de Bellas Artes y Archivos, Ministerio de Cultura.

Ramírez, D., López, P., Luque, L. & Alcalá, L. (2010). Dinojuegos. Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis.

Remes, K., Ortega, F., Fierro, I., Joger, U., Kosma, R.; Marín, J. M. (2009). *A new basal sauropod dinosaur from the Middle Jurassic of Niger and the early evolution of sauropoda*. PLoS ONE 4 (9): e6924

Rodrigo, A. (2008). La enseñanza de las Ciencias de la Tierra: el ejemplo del Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, IGME). *Memorias Real Sociedad Española de Historia Natural*, 5, 85-104.

VV.AA. (2008). Ruta paleo urbana de Elche y alrededores. Museo Paleontológico de Elche-Turismo de Elche. 1-2.

.

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE
MUPE
10
años

EL GRUPO CULTURAL PALEONTOLÓGICO DE ELCHE: DE LA AFICIÓN A LA FUNDACIÓN CIDARIS

José Luis Sanz
Unidad de Paleontología, Universidad Autónoma de Madrid
dinoproyecto@gmail.com

Hace unas semanas, un amigo chileno, aficionado a la ciencia de los fósiles, me escribió planteándome una pregunta concreta: "…quisiera saber su opinión acerca de los aficionados a la paleontología, si son aportes o solo problemas". Me voy a permitir reproducir mi contestación: "A los aficionados, en conjunto, les pasa como a los profesionales. Dentro de cada colectivo hay personas de todas clases. Yo he conocido a aficionados generosos y deseosos de avanzar en el conocimiento de la paleontología, y otros no tanto".

Uno de los ejemplos más encomiables de aficionados a la paleontología es el Grupo Cultural Paleontológico de Elche (GCPE). Nacieron en la década de 1980, de una forma natural (quiero decir, de una manera esperable). Simplemente un grupo de personas aficionadas a los fósiles se reunieron para tratar de lograr nuevos objetivos. ¡Y vaya si lo lograron! Conectaron con diversas universidades y se plantearon de forma seria y responsable el significado del patrimonio paleontológico. De manera que el Ayuntamiento de Elche comenzó a ayudar al GCPE, proporcionándoles un local con dos objetivos principales: preparar los ejemplares y reunirlos en una exposición con propósitos didácticos. Recuerdo

Figura 1. *El autor con miembros del GCPE en el antiguo local de la asociación.*

perfectamente aquél pequeño museo (fig. 1). Apenas había sitio para un reducido laboratorio, las vitrinas y los fósiles, pero rebosaba entusiasmo y dedicación. Se tenía el germen que más tarde se convertiría en un referente constante de la divulgación paleontológica en la Comunidad Valenciana.

Un momento importante en la historia del GCPE fue la inclusión de su colección de fósiles en la Red de Museos de la Generalitat Valenciana. En el año 2003 fue reconocido administrativamente el Museo Paleontológico de Elche (MUPE), que abre sus puertas un año después (fig. 2). Estuve en aquella inauguración. Uno de mis recuerdos más imborrables es la cara de satisfacción, e incluso sorpresa, de los ilicitanos frente a su nuevo y flamante museo paleontológico. Desde entonces el MUPE ha ido evolucionando, así, se han incorporado geólogos y biólogos, desarrollando las funciones de todo museo como son la investigación, conservación y difusión y se ha creado la Fundación Cidaris, entidad gestora del MUPE.

Uno de los hitos más importantes del MUPE fue el desarrollo del Proyecto PALDES (Paleontología para el desarrollo), que generó importante información sobre la dinosauriología del África occidental.

De manera que si hoy volvemos la vista atrás y vemos la trayectoria del GCPE hasta llegar a la Fundación Cidaris, y su situación actual en la paleontología de la Comunidad Valenciana, nos podemos dar cuenta de algo que a priori no parecería muy evidente: evolucionar de un grupo de aficionados a conseguir un equipo con profesionales y una Fundación. Todo ello, a partir en gran medida del esfuerzo, el entusiasmo y la dedicación de un colectivo que sentía a la paleontología, y la comprensión y proyección sociocultural de los fósiles, como una de las actividades más apasionantes de la historia natural.

FIGURA 10. *Inauguración del MUPE en diciembre de 2004. (Francisco Vives, José Mª Bermúdez de Castro, Alfonso Yébenes, José Luis Sanz, Jesús Caracuel e Ignacio Fierro).*

UNO DE LOS MAYORES ESPECIALISTAS EN SAURÓPODOS VISITA EL MUPE

Durante la semana del 12 al 16 de mayo nos visitó el paleontólogo Jeffrey Wilson, (fig. 1) uno de los mayores especialistas en saurópodos a nivel mundial y que ha publicado en las más prestigiosas revistas internacionales como *Science* y *Nature*.
Junto a miembros de su equipo de la Universidad de Michigan analizaron los restos de *Spinophorosaurus nigerensis* para compararlo con *Jobaria tiguidensis*, un saurópodo definido en 1999.
Spinophorosaurus es un dinosaurio saurópodo, de hace 160 millones de años, procedente de Níger y definido como nuevo género y especie en el año 2009. Se trata de uno de los saurópodos más primitivos y completos conocidos hasta la fecha y clave en la interpretación temprana de los saurópodos.
El ejemplar fue recuperado gracias al proyecto PALDES; una de las iniciativas más ambiciosas del MUPE, basada en la cooperación y el desarrollo y que ha contado con la colaboración de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).
Actualmente, paleontólogos del MUPE y del Grupo de Biología Evolutiva de la UNED están trabajando en la descripción detallada del ejemplar.

Figura 1. *Jeffrey Wilson en el laboratorio del MUPE.*

LA FUNDACIÓN CIDARIS DISEÑA LA NUEVA EXPOSICIÓN DEL AULA DE LA NATURALEZA DEL CLOT DE GALVANY

Gracias a un convenio de colaboración firmado entre la Fundación Cidaris y Aigües i Sanejament d´Elx, empresa que tiene encomendada la gestión del Paraje Natural Municipal de El Clot de Galvany, Elche (Alicante) por parte del Excelentísimo Ayuntamiento de Elche, se ha remodelado el Aula de la Naturaleza (fig.2).

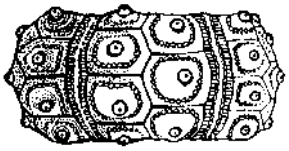
El trabajo fue dividido en dos etapas. Durante la primera de ellas se planteó un discurso museológico acorde al rico patrimonio que atesora el Clot y que tenía como hilo conductor el agua. Con respecto a la segunda etapa, consistió en dotar el aula de elementos museográficos, pasando por paneles y diferentes recursos expositivos en el que han tenido cabida el patrimonio arqueológico, etnográfico y geológico único en el municipio ilicitano.

Figura 2. *Detalle de una de las vitrinas en el Aula de la Naturaleza.*

UN CUPÓN DE LA ONCE MUY PALEONTOLÓGICO

Con motivo del décimo aniversario del MUPE, el cupón de la ONCE del 12 de junio llevó como imagen la sala de los dinosaurios del museo (fig. 3).
Cinco millones y medio de cupones difundieron a nivel nacional el museo. Sin duda, una magnífica oportunidad para dar a conocer la institución.

Figura 3. *Cupón de la ONCE dedicado al MUPE.*

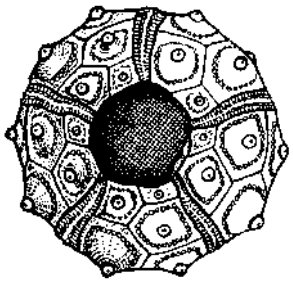


LA DIPUTACIÓN APOYA POR PRIMERA VEZ A LA FUNDACIÓN CIDARIS

Las conversaciones iniciadas en el año 2013 con la Diputación provincial de Alicante y la visita del Diputado de Cultura de la Diputación de Alicante, Juan Bautista Roselló, han propiciado la firma de un convenio de colaboración con la Fundación Cidaris en el 2014. Este ha permitido iniciar los trabajos de revisión y catalogación de los fósiles expuestos en la planta inferior del museo.
La conservación preventiva resulta imprescindible para asegurar la permanencia de las colecciones. Así, se ha revisado el inventario existente en el museo, haciendo especial hincapié en los fósiles expuestos (fig. 4), alguno de los cuales se han siglado y en otros casos se ha sustituido tanto los productos de intervención como el de la sigla por otros más estables.
La realización de este inventario va a ser el punto de partida para el futuro catálogo del museo, el cual será una herramienta indispensable de difusión que sirva además de formación y educación.
La conservación de las colecciones es fundamental para el disfrute de las mismas por parte de toda la sociedad y para asegurar un legado tan frágil como es el patrimonio paleontológico para futuras generaciones.

Figura 4. *Trabajos de conservación en las colecciones expuestas al público.*

Figura 5. *Video inicial del museo subtitulado en lengua de signos.*



UN MUSEO MÁS ACCESIBLE

El Museo Paleontológico de Elche ha dado un nuevo paso para convertirse en un centro totalmente accesible para toda la sociedad. Es por ello que la Fundación Cidaris y la Asociación de Personas Sordas de Elche y Bajo Vinalopó, Apesoelx, han firmado un acuerdo de colaboración para facilitar la accesibilidad de los miembros de este colectivo al museo ilicitano. De este modo, el sábado 13 de septiembre 24 personas de Apesoelx realizaron, por primera vez, una visita guiada en lenguaje de signos gracias a la colaboración e implicación de ambas instituciones.

Los contactos entre el MUPE y Apesoelx se iniciaron hace un año cuando se evaluaron y comenzaron a adecuarse los recursos que ofrece el museo. Resultado de esta cooperación es la adaptación a lenguaje de signos del audiovisual que sirve de introducción (fig. 5) al Museo Paleontológico de Elche, así como la novedad de poner en marcha visitas guiadas en lenguaje de signos.

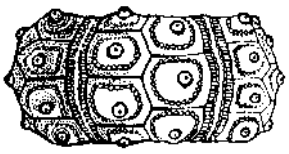


Figura 6. *Firma de convenios de colaboración.*

FIRMA DE CONVENIOS

Además de los convenios anteriormente citados, el 2014 ha supuesto la firma de otros convenios de colaboración con diferentes entidades de Elche, entre las que destacan la Fundación Juan Perán-Pikolinos (fig. 6), la Fundación Pascual Ros Aguilar, el Elche Club de Futbol y la Universidad Miguel Hernández de Elche. Todos ellos permitirán estrechar nexos de unión entre estas entidades, el museo y la sociedad.

LA ASOCIACIÓN DE PERROS GUÍA DE LA COMUNIDAD VALENCIANA VISITA EL MUPE

El domingo 26 de octubre recibimos la visita de 25 miembros de la Asociación de Perros Guía de la Comunidad Valenciana.
La visita permitió dar a conocer el museo a personas con ceguera o deficiencia visual. Con todo, la colaboración con la ONCE y la Concejalía de Acción Social del Ayuntamiento de Elche ha permitido que durante el 2014 se hayan realizado visitas guiadas, talleres y se hayan adaptado nuevos recursos didácticos.

LA FUNDACIÓN CIDARIS COLABORA CON EL CRIS DE ELCHE

La Fundación Cidaris viene desarrollando desde junio un programa de actividades con el Centro de Rehabilitación e Integración Social de Elche (CRIS).
El CRIS es un centro público que presta servicios a personas con enfermedad mental. El equipo de profesionales de esta entidad y el MUPE han establecido conjuntamente un calendario de actuaciones que contempla a todos los usuarios del centro. Esta colaboración está permitiendo poner en marcha una serie de propuestas, que van desde la realización de rutas paleourbanas, a talleres de identificación mineral o de paleontología (fig. 8). Este programa se ha llevado a cabo gracias a una subvención recibida por la Concejalía de Acción Social del Ayuntamiento de Elche.

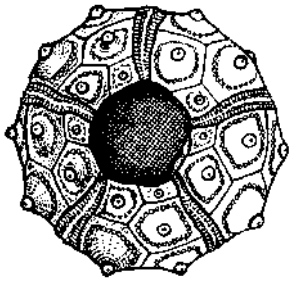



Figura 7. *Asociación de perros guías de la Comunidad Valenciana.*