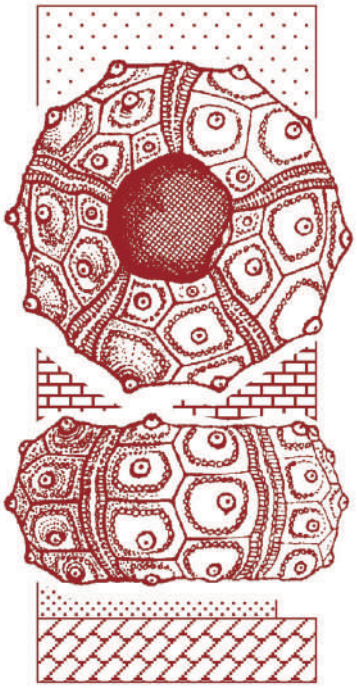


Cidaris

Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía

Núm. 35
2023

Fundación Cidaris

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE · MUPE ·

MUSEO PALEONTOLÓGICO DE ELCHE

SUMARIO

	Página
Editorial	5
Preparación, estudio y divulgación de restos fósiles de mastodonte hallados en el yacimiento de "Crevillente 2" (Alicante, España). *Toni Díaz Beltrán.*	7
Análisis geológico multidisciplinar de Cabo Cervera (Torrevieja, Alicante). *Inmaculada Ferri Moreno.*	19
Estromatolitos gigantes al sur de la ciudad de Alicante. Descripción e interpretación paleoambiental. *Patricio Guillermo Villafañe, Carlos Cónsole Gonella, Jesús Miguel Soria Mingorance, Hugo Corbí Sevila.*	31
Indicadores geoambientales en los relieves prelitorales-litorales entre El Campello y La Vila Joiosa (Alicante). Directrices de usos del suelo. *Carmen Corbalán Andreu.*	43
Estudio hidrogeológico del acuífero de Sella (Alicante). *Victor Sala Sala.*	55
El encanto mágico de la Paleontología. Memorias de un aficionado. *Carlos Sillero García.*	65
In memoriam *Victoriano Pineda González.* *Marc Miralles Ballester, Iván Medina Cascales.*	83
Notas breves	87

EDITORES
Gdo. Jose Navarro Almendro
Lda. Ainara Aberasturi Rodríguez
Dr. Ignacio Fierro Bandera

•

DIRECCIÓN
José Manuel Marín Ferrer
Lda. Ainara Aberasturi Rodríguez

•

COMITÉ CIENTÍFICO
Lda. Ainara Aberasturi Rodríguez
Museo Paleontológico de Elche
Dra. Juana María Botía Aranda
Univ. Miguel Hernández de Elche
Dr. Ignacio Fierro Bandera
GeaLand Patrimonio S.L.
Dr. Plini Montoya Belló
Univ. de Valencia
Gdo. Jose Navarro Almendro
Museo Paleontológico de Elche
Dr. Enrique Peñalver Mollá
Inst. Geológico y Minero de España
Dr. Esteban José Sánchez Ferris
Museo Paleontológico de Elche

•

TRIBUNAL DEL FALLO
III PREMIOS CIDARIS
Dr. Ignacio Fierro Bandera
Fundación Cidaris y
GeaLand Patrimonio S.L.
Dra. Alice Giannetti
Univ. de Alicante
Dra. Juana María Botía Aranda
Univ. Miguel Hernández de Elche
Dr. Francisco Javier Ruiz Sánchez
Univ. de Valencia

•

DISEÑO Y MAQUETACIÓN
Jose Navarro Almendro
José Manuel Marín Ferrer

•

Dep. Legal: A 738-1993
I. S. S. N.: 1134-5179
Edita: Fundación Cidaris

•

CORRESPONDENCIA
Museo Paleontológico de Elche
Plaza San Juan, s/n 03203 Elche
www.cidarismpe.org
E-mail: info@cidarismpe.org
Tfno. Fundación Cidaris: 966 65 92 53
Tfno. Museo: 965 45 88 03

Cidaris

Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía

Núm. 35
2023

Portada:
Metatarso IV de mastodonte procedente del yacimiento "Crevillente 2". Ejemplar depositado en el Museo Paleontológico de Elche bajo la sigla CR2/09-5078.

NORMAS DE PUBLICACIÓN PARA ARTÍCULOS DE LA REVISTA CIDARIS

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: jnavarro@cidarismpe.org. Los artículos estarán redactados en castellano y la extensión máxima del trabajo no podrá sobrepasar las 12 páginas, incluyendo en el cómputo figuras, tablas y referencias bibliográficas. El artículo se enviará en un documento tipo Word (de extensión ".docx") a través de correo electrónico. Si el tamaño de todos los archivos adjuntos supera el permitido, se podrá adjuntar mediante un enlace de Wetransfer u otra plataforma, evitando compartirlo por Google Drive u otros medios que requieran de permisos del usuario, a ser posible.

Para una revisión detallada de las normas de publicación se recomienda revisar el siguiente texto. Los detalles del mismo ya se encuentran incorporados en la plantilla disponible en nuestra web, al igual que las bases de las convocatorias de los premios.

Preparación del artículo:

Será escrito en páginas tamaño A4, en vertical, márgenes de 2 cm en los bordes superior e inferior de página y de 1,6 cm en los bordes izquierdo y derecho. Se añadirá una numeración a las páginas, situando los números en la parte inferior derecha para las páginas impares y en la parte inferior izquierda para las páginas pares, en Times New Roman tamaño 12. Se reserva el espacio opuesto a la numeración para añadir "Cidaris" como pie de página en Times New Roman, tamaño 9, negrita y cursiva.

a) **Título.** Breve e informativo. En mayúscula, *Times New Roman*, tamaño 16, negrita, texto centrado, espaciado 12 puntos anterior y 12 puntos posterior, interlineado sencillo.

b) **Title.** Traducción al inglés del Título. En *Times New Roman*, tamaño 12, negrita, texto centrado, espaciado 12 puntos anterior y 12 puntos posterior, interlineado sencillo.

c) **Autores**: Nombre y apellidos, separando diferentes autores por un punto y coma. Ordenados según su participación o importancia en el artículo, por orden alfabético del nombre completo en su defecto. En *Times New Roman*, tamaño 12, texto centrado, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 0 puntos anterior y 0 posterior.

d) **Afiliación:** Con dirección completa y código postal de las instituciones participantes, correo electrónico de todos los autores, separando cada uno de estos datos de una misma afiliación por un guion corto. En caso de haber diferentes afiliaciones, numerar cada una con números naturales y en superíndice, asignando ese número tras el nombre del autor y antes de la afiliación. En *Times New Roman*, tamaño 9, cursiva, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 0 puntos anterior y 0 posterior.

e) **Resumen y *abstract*:** Los artículos incluirán un resumen en castellano y otro en inglés (abstract), y deberán dar una idea clara del contenido y conclusiones de la comunicación (máximo 200 palabras). En Times New Roman, tamaño 9, justificado, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 12 puntos anterior y 12 puntos posterior; nombres de sendos apartados centrados, en un párrafo anterior, en mayúsculas y negrita. Sangría de 0,5 cm en todo el texto a ambos lados.

f) **Palabras claves:** Podrá haber un máximo de 5 en castellano, traduciendo las mismas en inglés (key words), separadas por comas. Se colocarán bajo el resumen y el abstract según su idioma. En Times New Roman, tamaño 9, cursiva, justificado, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 12 puntos anterior y 12 puntos posterior, nombres de sendos apartados al inicio del mismo párrafo, en negrita y precedidos de dos puntos Sangría de 0,5 cm en todo el texto a ambos lados. El título de cada uno de estos apartados se colocará en cursiva, seguido de ":" y precede al conjunto de las palabras clave en su misma línea.

g) **Texto principal:** Estas son las normas generales para escribir el resto de apartados desde de la introducción en adelante. El escrito será en Times New Roman, tamaño 12, justificado, interlineado sencillo, espacio entre párrafos 0 puntos anterior y 0 puntos posterior, con sangría de 0,5 cm en la primera línea a la izquierda, en dos columnas con un espaciado de 0,8 cm entre ellas. No puede haber ningún tipo de índices automáticos o enlaces activos en todo el texto. Los títulos de los capítulos o apartados, empezando por la Introducción, deben escribirse en Times New Roman, tamaño 12, completamente en mayúsculas, en negrita. En caso de contener subapartados, estos se escribirán en Times New Roman, tamaño 12, en cursiva. No se recomienda realizar más subdivisiones en el texto. Se recomienda incluir numeración de líneas para facilitar su revisión. Ha de tenerse en cuenta en todo el escrito, incluidos títulos y resumen, que las palabras en un idioma diferente al castellano serán escritas en cursiva, salvo nombres de lugares. En el abstract (y el título en inglés), se seguirán las mismas reglas, pero para las palabras en un idioma diferente al inglés. Por supuesto, palabras o expresiones en idiomas diferentes al castellano e inglés se escribirán en cursiva en ambos idiomas, así como abreviaciones en griego o latín (ej.: et al.). Las normas de la revista en cuanto a escritura en cursiva no prevalecen sobre las normas de escritura científica de los diferentes taxones, por lo que siempre se escribirán, por ejemplo, los nombres de géneros o especies en cursiva (salvo si el texto donde se incluyen está en cursiva).

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

i) **Principal aportación del artículo:** Es la parte central del trabajo. Tendrá la estructura clásica de metodología, resultados y discusión, pero puede adaptarse en función del contenido del artículo, dejando el nombre de los apartados y la estructura en manos del autor. Se recomienda que sea una estructura que facilite su lectura y un texto atractivo a la par que riguroso, para que la revista sirva tanto para un publico interesado, pero no especializado, como para un publico especializado que busque información y datos de interés científico.

j) **Conclusiones:** Se incluirán las principales conclusiones del trabajo o consideraciones si las hubiere.

k) **Figuras y fotografías:** En formato JPEG o TIFF con buena calidad (300 DPI), ya sea en color, en blanco y negro o en tonos de gris. En todas las figuras que se considere conveniente deberá ir una escala gráfica. El pie de figura irá en Times New Roman, tamaño 9, justificado, precedido de "Figura X." en versalitas, sustituyendo X por el número de figura correspondiente (numeradas con números naturales); interlineado sencillo y espaciado de 0 puntos anterior y 12 puntos posterior. En el texto, se hará referencia a las diferentes figuras como "fig. X", sustituyendo "X" por el número de figura correspondiente. También se puede mencionar a la figura en el texto (ej.: "Como se observa en la figura 1…"). Si existe un mismo pie para varias figuras se las organizará alfabéticamente en el pie de figura con letras mayúsculas y paréntesis de cierre. Esas mismas letras se colocarán en las imágenes, sin paréntesis, preferiblemente en blanco y en la esquina inferior derecha, pudiendo elegirse otro color (a ser posible, negro o tonos de gris) o esquina, dependiendo de las características de la imagen. Se permite el ajuste de imágenes al texto, uso recomendado para grandes imágenes apaisadas, aunque es preferible que tanto las figuras como sus pies se encuentren en una tabla sin bordes. Se enviará una copia por separado de cada imagen del documento, sin tener las letras añadidas del pie de foto. El tamaño en Mb de las figuras no podrá exceder los 4 Mb, salvo en figuras de página completa (hasta 10 Mb) o aquellas que necesiten más detalle. El tamaño y calidad de las imágenes podrá ser reducido en maquetación, salvo en los casos en los que, por el detalle de las figuras, los autores especifiquen lo contrario en un documento de texto junto a las mismas o en el correo de recepción del artículo; con el visto bueno de los editores.

l) **Tablas:** Las tablas tendrán todos sus bordes (sin diagonales) en color negro con un grosor de un punto y medio. El encabezado de tabla irá en Times New Roman, tamaño 9, justificado, precedido de "Tabla X." en versalitas, sustituyendo X por el número de tabla correspondiente (numeradas con números naturales); interlineado sencillo y espaciado de 12 puntos anterior y 0 puntos posterior. Las referencias de las tablas en el texto se harán de la misma manera que las figuras. Ej.: (tabla 1) o "Los datos de la tabla 1…". Para asegurar que se mantiene el formato de las tablas durante la maquetación, se podrá requerir las misas en formato imagen (mismos requisitos que las figuras).

m) **Referencias:** Para citar en el texto, hacerlo entre paréntesis con apellido/s del autor y año de publicación, separados por una coma y el texto en versalitas. Ej.: (ABERASTURI RODRÍGUEZ, 2010). Si son dos autores, añade los apellidos de ambos separados por el signo ampersand ("&"). Ej.: (ABERASTURI RODRÍGUEZ & FIERRO BANDERA, 2004). Si son tres o más autores se escribirá el nombre del primero seguido de la expresión "et al.", seguido de coma y el año de publicación. Ej.: (ABERASTURI RODRÍGUEZ et al., 2019). En el apartado final de referencias, tras el texto principal, tendrá sangría francesa de 0,5 cm en la primera línea, y los apellidos e iniciales de los autores estarán escritos en versalitas. Las referencias han de aparecer ordenadas por orden alfabético. A continuación, mostramos algunos ejemplos de diferentes citas:

Libro

APELLIDO, I., APELLIDO, I. & APELLIDO, I. (1995). *Título del Libro.* Vols. I y II. Ciudad: Editorial, 239 pp.

Capítulo en libro o actas

APELLIDOS, I. & APELLIDOS, I. (2007). Título del Capítulo, In I. APELLIDO, I. APELLIDO & I. APELLIDO (Eds.), *Título del Libro* (pp. 125-157). Ciudad, País: Editorial.

Artículos de revista

APELLIDO, I. (2019). Título del artículo. *Nombre de la revista,* **31**: 63-70 pp.

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). Ej.:

Nombre de la Página Web (2014). Recuperado el 3 de junio de 2014, de htto://nombre.dela/página_web.com

Resúmenes de congreso

APELLIDO, I., APELLIDO, I., APELLIDO, I. & APELLIDO, I. (2015). Nombre del resumen.

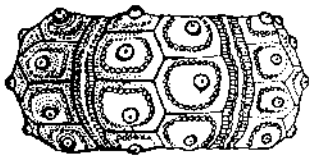
Nombre del congreso, Ciudad, País: p. 51.

Tesis

APELLIDO, I. (2015). Título de la tesis. Tesis doctoral. Universidad, Ciudad, 685 pp.

n) **Agradecimientos:** De manera opcional, se puede incluir al final del texto este apartado con la finalidad de realizar una mención especial, agradeciendo o dando reconocimiento a revisores, personas que hayan contribuido algo al escrito, pero no sean autores, y/o a aquellos que han dado un apoyo importante de cualquier otra manera. Recordamos que este apartado es opcional y cuenta dentro del límite de páginas, por lo que se recomienda brevedad.

o) **Anexos:** Se trata de material de apoyo, opcional (NUNCA INFORMACIÓN ESENCIAL DEL ARTÍCULO), que NO aparecerá en la versión impresa del artículo (salvo si entra dentro del límite de12 páginas del artículo), pero que podrá estar disponible en la versión online (por ejemplo: bases de datos extensas, figuras o tablas adicionales, gráficas de espectrometría, perfiles sísmicos, modelos 3D, etc.). Todos los archivos deben enviarse con un nombre que indique claramente lo que contiene el archivo y en un orden secuencial lógico, haciendo alusión a la existencia de dichos documentos en la versión escrita aceptada (ej.:, ANEXO 1, ANEXO 2…). La manera de referirse en el texto a los mismos es igual que para las figuras y tablas, con la excepción de que la inicial siempre es en mayúscula (ej.: "Esta información puede encontrarse más desarrollada en el Anexo 1."). Si el anexo únicamente estuviera disponible en la versión digital de la revista al encontrarse fuera del límite de las 12 páginas, se deberá indicar claramente en el texto. Los anexos digitales pueden desestimarse por parte de los editores si lo consideran oportunos, informando previamente a los autores después de cualquier periodo de revisiones y antes de la publicación de la revista.



MUPE - MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE -

Cidaris

Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía

EDITORIAL

Hace dos años que la Revista Cidaris volvió a nacer, acompañada de la convocatoria del «Primer Premio Revista Cidaris», con su presentación en el 2021 en el Centro de Congresos «Ciutat d'Elx».

Estos primeros pasos han estado llenos de retos, pero han dado lugar a los números 33 y 34 de esta revista, además del que hoy tienes entre las manos. Este año especialmente, nos hemos armado de valor para afrontar la incertidumbre a la hora de recibir tanto financiación como artículos para la revista, asumiendo los riesgos y confiando en conseguirlo con el apoyo del mundo universitario y la Administración pública.

Precisamente, uno de los motivos de estos premios es buscar estrechar vínculos entre el museo y la comunidad universitaria, generando una dinámica a través de la revista que permita favorecer la transferencia de información científica a la sociedad y ofrecer un marco de participación a jóvenes investigadoras e investigadores.

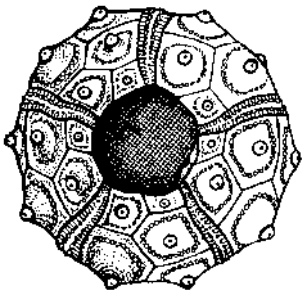
Cidaris es un medio para divulgar la geología y la paleontología de la provincia de Alicante, su patrimonio, que apuesta tener como protagonistas a los jóvenes que realizaron Trabajos de Fin de Grado o Fin de Máster en esa línea en la Universidad Miguel Hernández de Elche, la Universidad de Alicante o la Universidad de Valencia, universidades con las que la Fundación Cidaris, como gestora del Museo Paleontológico de Elche, mantiene convenios de colaboración. En este número, podrás disfrutar de los 5 trabajos seleccionados durante la convocatoria del «Tercer Premio Revista Cidaris», además de las novedades del Museo Paleontológico de Elche (MUPE), resumidas en las clásicas «Notas breves», apartado en que se incluye la actividad del museo durante el 2022. Sin embargo, este año destacamos el artículo de D. Carlos Sillero García, uno de los socios fundadores del Grupo Cultural Paleontológico de Elche (precursor del MUPE), que ha querido compartir con nosotros su punto de vista de la Paleontología, junto a tantas otras cosas.

Los trabajos presentados este año son diversos y multidisplinares dentro de las Ciencias de la Tierra, abarcando diferentes aspectos de la Geología y la Paleontología, entre los que está presente el patrimonio paleontológico, tanto mueble como inmueble; estudios de indicadores geoambientales, tarea fundamentalmente geológica que incluye la capacidad de acogida del territorio y usos del suelo; o caracterización hidrogeológica de acuíferos, recurso y patrimonio vital en nuestra zona. Esperemos que los disfrutes y que esta revista te ayude a valorar y conocer facetas de estas ciencias que normalmente son desconocidos, se pasan por alto o se piensa que pertenecen a otras disciplinas.

El compromiso del MUPE se deriva de la actual estrategia de la institución: FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante). Esto hace que desempeñe un papel indispensable para la gestión patrimonial, y creemos que así debe seguir haciéndolo. Iniciativas como la presente, donde se buscan alianzas, y su trayectoria trabajando con múltiples colectivos, dentro de los Objetivos Desarrollo Sostenible (ODS), ofrecen un gran valor social, tanto para la ciudad de Elche como para toda la provincia de Alicante.

Son muchas las personas e instituciones que con su apoyo permiten el avance del museo: ¡muchísimas gracias por formar parte del MUPE! En este número, el 35 de la revista, queremos agradecer especialmente a la Diputación de Alicante su colaboración ya que, gracias a una subvención concedida, la revista es hoy una realidad (Convocatoria de subvenciones a fundaciones y a otras entidades sin fin de lucro, Provincia de Alicante para la realización de actividades culturales 2023).

Jose Navarro Almendro, Ainara Aberasturi Rodríguez
e Ignacio Fierro Bandera



ACTA DEL PREMIO PARA LOS ARTÍCULOS DE LA REVISTA CIDARIS

III PREMIO REVISTA CIDARIS FALLO COMISIÓN EVALUADORA 2023

En la ciudad de Elche, a las 12:35 horas del día 13 de julio de 2023, se reúnen en calidad de miembros de la comisión evaluadora **Alice Giannetti**, directora del Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente de la Universidad de Alicante; **Juana María Botía Aranda**, vicedecana del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad Miguel Hernández de Elche; **Francisco Javier Ruiz Sánchez**, coordinador general del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad de Valencia; junto con **Ignacio Fierro Bandera**, director Gerente de GeaLand Patrimonio S.L. También están presentes en el fallo, en calidad de secretaria, Ainara Aberasturi Rodríguez, paleontóloga Directora del Museo Paleontológico de Elche, y el editor de la Revista Cidaris, Jose Navarro Almendro, Geólogo del MUPE.

Tras examinar los 5 artículos científicos presentados, preseleccionados tras una revisión por pares. Estando en la fase final del **III Premio Revista Cidaris** (promovido por GeaLand Patrimonio y la Fundación Cidaris), se ha procedido a su valoración mediante metodología objetiva establecida en las bases y posterior deliberación.

La comisión evaluadora acuerda que los tres mejores trabajos, merecedores del premio son:

→ Primer Premio: mención y una retribución económica de 400 €

PREPARACIÓN, ESTUDIO Y DIVULGACIÓN DE RESTOS FÓSILES DE MASTODONTE AHLLADOS EN EL YACIMIENTO DE "CREVILLENTE 2" (ALICANTE, ESPAÑA)
cuyo autor es
Toni Díaz Beltrán

→ Segundo Premio: mención y una retribución económica de 150 €

ANÁLISIS GEOLÓGICO MULTIDISCIPLINAR DE CABO CERVERA (TORREVIEJA, ALICANTE)
cuya autora es
Inmaculada Ferri Moreno

→ Tercer Premio: mención y seis entradas al MUPE.

ESTROMATOLITOS GIGANTES AL SUR DE LA CIUDAD DE ALICANTE. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL
cuyos autores son
Patricio Guillermo Villafañe, Carlos Cónsole Gonella, Jesús Miguel Soria Mingorance y Hugo Corbí Sevila

Estos tres trabajos serán publicados en este orden en la Revista Cidaris. El resto de los trabajos participantes en el premio aparecerán, tras ellos, siguiendo el orden alfabético de sus autores.

El primer trabajo premiado contempla un estudio de restos de mastodonte procedentes del yacimiento paleontológico de "Crevillente-2", en el se muestra el proceso de preparación del ejemplar en laboratorio, la posterior investigación y la divulgación a través de actividades didácticas en un centro educativo.

La comisión evaluadora del trabajo ha valorado la originalidad del mismo, el valor divulgativo, la fundamentación y, finalmente, la relevancia e interés del trabajo para el ámbito de la provincia de Alicante, la geología de su entorno y el patrimonio.

PREPARACIÓN, ESTUDIO Y DIVULGACIÓN DE RESTOS FÓSILES DE MASTODONTE HALLADOS EN EL YACIMIENTO DE "CREVILLENTE 2" (ALICANTE, ESPAÑA)

Preparation, study and dissemination of mastodon fossil remains found at "Crevillente 2" site (Alicante, Spain)

Toni Díaz-Beltrán
Museo Paleontológico de Elche, Plaza de San Juan, s/n - 03203 Elche - Correo electrónico: tonidiazb@gmail.com

El yacimiento "Crevillente 2" (Alicante) es conocido por su abundancia de fauna fósil. En este trabajo, se explica la preparación, estudio y divulgación llevada a cabo sobre varios fósiles de proboscídeos hallados en el mismo. Esta intervención paleontológica tuvo lugar en las instalaciones del Museo Paleontológico de Elche, y los elementos trabajados resultaron ser dos metatarsales, dos primeras falanges, una segunda falange y un tarsal ectocuneiforme. Estos restos corresponderían a parte de un mismo autópodo posterior. La asignación taxonómica resultó complicada debido a los escasos trabajos sobre autópodos de proboscídeos en general y a que estos no suelen ser diagnósticos. Basándonos en la información bibliográfica, y comparando nuestros restos con las imágenes de otros ejemplares, se propuso a *Tetralophodon* y *Deinotherium* como posibles géneros del material estudiado. Finalmente, se llevaron a cabo distintas charlas de carácter divulgativo en el Instituto de Educación Secundaria Macià Abela, en Crevillent. La realización y análisis de una encuesta que completó el alumnado participante, mostró el interés de la población joven por la paleontología de su municipio.

Palabras clave: *Crevillent, divulgación, laboratorio, mastodonte, metápodos.*

ABSTRACT

The "Crevillente 2" site (Alicante) is known for its abundance of fossil fauna. In this work, the preparation, study and dissemination carried out on different proboscidean fossils found in it are explained. This paleontological intervention took place in the Elche Paleontological Museum, and the elements worked on turned out to be two metatarsals, two first phalanges, a second phalanx and an ectocuneiform tarsal. These remains would correspond to a partial later autopod. The taxonomic assignment was complicated due to the few studies on proboscidean autopods in general and the fact that these are not usually diagnostic. Based on bibliographic information, and comparing our remains with images of other specimens, *Tetralophodon* and *Deinotherium* were proposed as possible genera of the studied material. Finally, various informative talks were held at the Macià Abela Secondary Education Institute, in Crevillent. The analysis of a survey completed by the participating students shows the interest of the young population in the paleontology of your municipality.

Key words: *Crevillent, dissemination, laboratory, mastodon, metapodes.*

INTRODUCCIÓN

La península ibérica goza de uno de los mejores registros fósiles de vertebrados de Europa del Cenozoico, tanto en calidad de preservación como en cantidad de restos y yacimientos (Navarro *et al.*, 2018). En la región SE de la Península, concretamente en la provincia de Alicante, podemos hallar yacimientos cenozoicos históricos como los de la zona de Crevillent, de gran interés científico y patrimonial (Montoya, 1994; Martín-Suárez & Freudenthal, 1994; Montoya & Alberdi, 1995; Mazo & Montoya, 2003) y entre los que destacan: "Crevillente 15", "Crevillente 16" y "Crevillente 2", siendo este último el lugar de procedencia de los fósiles objeto del presente artículo.

"Crevillente 2" se considera clave a la hora de entender la diversidad de los macromamíferos del Turoliense de la península ibérica, pudiendo encontrar en él restos de carnívoros, perisodáctilos, artiodáctilos y proboscídeos (Alcalá *et al.*, 1987). De este último grupo, las piezas excavadas se asignaron, en su momento, a los mastodontes *Deinotherium giganteum* y *Tetralophodon* cf. *longirostris* "grandincisivoid form" (Mazo & Montoya, 2003). Actualmente, parte de estos restos están depositados en el Museo Paleontológico de Elche (en adelante, MUPE).

Los primeros artículos que citan la aparición de restos de macromamíferos en Crevillent corresponden a Montenat & Crusafont (1970), hace más de 50 años. En ellos, se habla de un yacimiento al que denominan "Aspe" por su cercanía a la carretera que conecta la localidad homónima con la población de Crevillent y donde aparecen (entre otros taxones) restos de hiénidos,

équidos, mustélidos y cérvidos. En vista de los hallazgos, los autores situaron el yacimiento en una "posición basal del Turoliense, cerca del límite Vallesiense-Turoliense" (Montoya, 1994).

En su tesis doctoral, Montenat (1973) cambia la denominación del yacimiento por la correcta de "Crevillente". Un estudio posterior de Alberdi (1974) indica la presencia de más restos óseos en otros tres niveles de la serie además del original. Estos hallazgos fueron el detonante de una campaña de prospección donde se localizan seis yacimientos ricos en micromamíferos (y no en macromamíferos) que se distribuyen a lo largo del Turoliense (Bruijn *et al.*, 1975).

Una década después, una obra civil de acondicionamiento de la zona permitió el hallazgo fortuito de una asociación relativamente abundante de restos de macromamíferos. Estratigráficamente, coincide con la posición del yacimiento "Crevillente" (antes, "Aspe") (Montenat & Crusafont, 1970; Montenat, 1973) y su posición coincide con la del yacimiento descrito por Bruijn *et al.* (1975) como "Crevillente 2", por lo que acaba denominándose de la misma manera.

Tras una primera excavación valorativa en 1985 por parte de la *Secció de Paleontologia del Museu Històric Municipal de Novelda*, el *Departament de Geologia de la Universitat de València* y el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, se llevaron a cabo tres campañas sucesivas de excavación en los veranos de 1986, 1987 y 1988, cuyos resultados se exponen en la tesis de Montoya (1994).

Cabe destacar que el yacimiento "Crevillente 2" (CR2) es localidad tipo para el roedor *Neocricetodon occidentalis* (Aguilar, 1982). Y, también, para el cérvido *Lucentia iberica* (Azanza & Montoya, 1995). En total, en este yacimiento se han llegado a identificar cuarenta taxones entre los que, además de los citados anteriormente, también destacan el puercoespín más primitivo conocido, osos, tigres dientes de sable y reptiles.

Por otro lado, "Crevillente 2" posee un gran interés bioestratigráfico ya que es la localidad de referencia para la zona de mamíferos MN11 (Turoliense inferior) (Mein, 1990, 1999; Bruijn *et al*., 1992).

Desde las últimas excavaciones llevadas a cabo en la década de los 80 del siglo pasado, no fue hasta el 2005 cuando un equipo conformado por miembros del MUPE y de la *Universitat de València* realizan una excavación de urgencia (Aberasturi *et al.*, 2014) y, desde el 2006 al 2009, reanudan las excavaciones sistemáticas en el yacimiento. Los restos estudiados en el presente trabajo se recuperaron durante la excavación de 2009.

Ocho años más tarde, Aranzabal & Fierro (2017) realizan una valoración patrimonial del yacimiento, haciendo especial hincapié en su potencial didáctico y socioeconómico para desarrollar actividades en la localidad donde se encuentra.

El presente artículo, basado en un Trabajo de Fin de Máster, incluye la preparación en el laboratorio de restos de mastodonte procedentes de CR2, concretamente de un conjunto de falanges y metápodos englobados en matriz. También se propone una identificación anatómica y una asignación taxonómica en función de la información bibliográfica recopilada sobre otros estudios de mastodontes.

Además de la intervención de laboratorio y el estudio desde el punto de vista taxonómico, se presenta una serie de actividades didácticas. Por la naturaleza de los restos y la localización de los mismos, se creyó conveniente que la propuesta educativa se desarrollase dentro del ámbito de la Educación Secundaria Obligatoria (en adelante, ESO) y en el municipio del cual proceden los restos: concretamente, en el Instituto de Educación Secundaria Macià Abela de Crevillent (fig. 1). Con ello, también se pretendía paliar el hecho de que el Patrimonio Paleontológico haya quedado relegado por completo a un segundo plano, teniendo apariciones escasas en los temarios de las distintas leyes educativas propuestas desde 1970 (Acedo Peñato *et al.*, 2020).

Por lo tanto, los apartados de este trabajo se desarrollan separados en tres secciones: laboratorio, investigación y didáctica.

Figura 1. Vista exterior del IES Macià Abela de Crevillent, centro donde se desarrollaron las actividades didácticas vinculadas a los ejemplares estudiados.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

El yacimiento "Crevillente 2" se localiza en el término municipal de Crevillent, en la provincia de Alicante, al sur de la Comunidad Valenciana y, por lo tanto, al SE de la península ibérica. Se sitúa cerca de la carretera nacional que une Aspe y Crevillent (Montoya, 1994).

Este yacimiento se encuentra situado en las cuencas neógenas que afloran al sur de la zona oriental de la Cordillera Bética (fig. 2), que es uno de los orógenos más importantes de la península ibérica. Dicha cordillera configura todo el relieve del sur de la misma y condiciona desde su hidrogeología hasta su distribución geográfica. Esta cordillera parte del Golfo de Cádiz hasta llegar a la provincia de Alicante, llegando a formar relieves aislados como lo son la Isla de Tabarca.

Su origen tiene lugar a raíz de la colisión entre las placas africana y europea. Concretamente, entre el Dominio de Alborán y el paleomargen Sudibérico (Roldán García *et al.*, 2012). Durante el Mesozoico, ambos conjuntos se encontraban en un contexto distensivo, pero esto cambia de manera abrupta al inicio del Neógeno (hace aproximadamente unos 23 millones de años), cuando el movimiento relativo de ambas placas pasó a ser convergente y se inicia la orogenia (De Vicente & Vegas, 2007). En este punto de la historia tectónica de la cordillera, el máximo esfuerzo compresivo habría tenido una orientación aproximada de WNW-ESE. Dentro de este contexto, en el Mioceno superior, un período de distensión daría lugar a una serie de cuencas donde, posteriormente, se depositarían materiales detríticos de naturaleza marina y continental (Sanz de Galdeano, 1983a; Sanz de Galdeano, 1983b).

Estas depresiones interiores posteriores a la orogenia alpina se corresponden con las cuencas neógenas entre las que se asienta el yacimiento de "Crevillente 2" (Fontboté & Vera, 1983), que suponen un sistema superpuesto a las denominadas Zonas Externas y Zonas Internas junto a otras cuencas cenozoicas.

La zona de estudio está incluida dentro de la Cuenca del Bajo Segura. Presenta distintas estructuras que coinciden con la progresiva desconexión entre el Mediterráneo y el Atlántico, provocando que su relleno acabase siendo de naturaleza continental o extremadamente somera (Montoya, 1994; Estévez Rubio *et al.*, 2004; Corbí *et al.*, 2020). Estas condiciones permitieron el enterramiento y la conservación de megafauna cenozoica, incluyendo los proboscídeos cuyos restos son ahora el objeto de estudio del presente trabajo.

Figura 2. Contexto geológico modificado de Corbí *et al.* (2020) con el yacimiento indicado en flecha morada.

METODOLOGÍA

Laboratorio

El bloque que contenía los fósiles objeto del presente trabajo se encontraba depositado en el Museo Paleontológico de Elche, resultado de la última excavación sistemática realizada hasta la fecha en el yacimiento (nº Expdte.: 2009/0365-A).

Como paso previo a la intervención, y tal como queda reflejado en la Ley 4/1998, de 11 de junio, de la *Generalitat Valenciana*, del Patrimonio Cultural Valenciano, se solicitó el correspondiente permiso de preparación fósil a la Dirección General de Patrimonio (nº Expdte.: 2022/0144-A-MUS). Una vez obtenido el permiso, se llevó a cabo el trabajo de laboratorio en las instalaciones del Museo Paleontológico de Elche (Plaza San Juan, s/n, 03203 – Elche, Alicante).

Antes de intervenir el bloque, se revisaron las memorias técnicas y las hojas de excavación, y se tomaron las orientaciones de los elementos para colocarlos en la disposición original en la que fueron hallados en el yacimiento.

Los metápodos y falanges objeto de intervención se encontraban en una matriz margosa, conservando en su base parte del embalaje original a base de papel de aluminio (fig. 3). A primera vista, el estado de conservación de los fósiles era bueno, preservándose la integridad casi completa de las piezas. Se observaron pequeños faltantes que, en ningún caso, comprometían el correcto estudio de los ejemplares. No obstante, uno de los metápodos mostraba una clara deformación por torsión y muestras de disolución en su parte distal.

Figura 3. Trabajo de preparación del ejemplar en el laboratorio del MUPE.

El proceso de preparación del fósil comenzó con una limpieza superficial de las piezas mediante hisopo impregnado en una mezcla de agua y acetona. Después, mediante empacos a base de algodón, agua y acetona, se fue ablandando la matriz y, utilizando bisturís y sondas de dentista, se fue retirando el sedimento progresivamente alrededor de las distintas piezas hasta poder extraerlas de la matriz con seguridad. Pese a que los fósiles ya habían sido consolidados durante la campaña de campo, se fue consolidando de nuevo con Paraloid© B-72 al 5% disuelto en acetona a medida que nuevas partes de su superficie quedaban expuestas.

También se utilizó el vibroincisor con el objetivo de desbastar el grueso de la matriz. Durante el proceso, se observaron grietas que atravesaban la matriz longitudinalmente de manera que, por cuestiones de conservación, se dispuso un refuerzo mediante precinto alrededor de ella. Además, sobre las piezas, se aplicó un engasado a base de Paraloid© B-72 al 15% disuelto en acetona. También se inyectó esta resina acrílica, Paraloid©, en las grietas de mayor tamaño.

Por último, utilizando un cepillo de cerdas suaves empapado en una mezcla de agua con acetona, se realizó una limpieza final de todos los elementos. Tras el secado, se consolidaron por impregnación mediante una brocha y Paraloid© B-72 al 5%. Como paso final, las piezas fueron sigladas, previa aplicación de una capa de protección a base de Paraloid© B-72 al 10% disuelto en acetona, con rotulador negro indeleble.

Investigación

Tras realizar las fotografías pertinentes, se midieron las dimensiones de cada pieza con un pie de rey. Las medidas consideradas fueron: longitud, anchura central, distal y proximal y altura de la parte proximal y la parte distal, tomando el valor más elevado de cada una de ellas. Una vez obtenidos estos datos, se estructuraron y compararon con la información de los restos de mastodontes de otros yacimientos, con el objetivo de ver si era posible realizar una aproximación taxonómica a partir de un autópodo incompleto.

Dicha información se obtuvo de bibliografía específica sobre proboscídeos de otros autores que ya habían tratado el tema (Mazo & Alberdi, 1974; Montoya, 1994; Mol *et al.*, 1999;

Smith, 2004; Tassy, 2005; Weissengruber *et al.*, 2006; Athanassiou, 2012; Mumby *et al.*, 2013; Aiglstorfer *et al.*, 2014; Alberdi *et al.*, 2017; Ferretti *et al.*, 2017; Chen & Tong, 2017).

Didáctica

Por último, se planteó el diseño de una actividad didáctica (fig. 4) que sirviese tanto para concienciar a la comunidad estudiantil sobre el Patrimonio Paleontológico de su localidad como para complementar el currículo oficial de la Comunidad Valenciana.

Según el currículo oficial de la misma y en función del Proyecto de Ley Orgánica de Modificación de la LOE (Ley Orgánica de Educación - 2006) (2020), la asignatura donde tendría cabida una iniciativa de esta índole sería Biología y Geología. Esta asignatura se imparte de manera troncal en 1º y 3º de la ESO, y con carácter optativo en 4º de la ESO y 1º de Bachillerato. Además, en 2º de Bachillerato, el alumnado puede cursar por separado (también de manera optativa) las asignaturas de Biología o Geología.

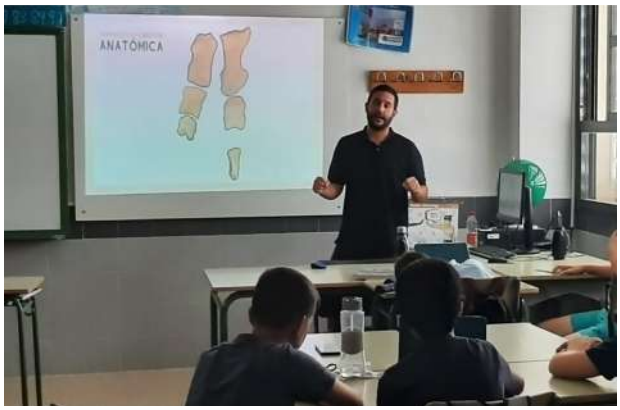


Figura 4. Desarrollo de la actividad didáctica en el IES Macià Abela de Crevillent.

Por lo tanto, para una gran parte del alumnado, el tiempo dedicado a la asignatura de Biología y Geología es mínimo en comparación con otras materias. Ello deja a los docentes muy poco margen de actuación para poder transmitir "un acervo cultural en paleontología aceptable" (Bazán, 2021), reduciendo la probabilidad de que el alumnado desarrolle interés por esta disciplina posteriormente.

A partir de estas observaciones, y teniendo en cuenta que la Paleontología suele gozar de mayor popularidad entre las y los estudiantes de menor edad, se decidió ejecutar la actividad didáctica en el primer ciclo de la ESO. Dado que en el segundo curso no se imparte Biología y Geología, la actividad se llevó a cabo con cinco grupos de 1º de ESO del IES Macià Abela de Crevillent, localidad de origen de los fósiles considerados.

La actividad constó de una primera parte donde el autor de este artículo realizó una presentación breve sobre él mismo y su trabajo en el Museo paleontológico de Elche. Tras llevar a cabo un test de *Kahoot* para evaluar los conocimientos previos del alumnado, se continuó con una charla sobre el Patrimonio Paleontológico de Crevillent y diversas actividades lúdicas sobre las piezas trabajadas.

Por último, se planteó un debate sobre la Paleontología local y su potencial para un uso científico, social o económico. Al finalizar, se solicitó al alumnado que valorara la experiencia mediante un documento de *Google Forms*.

RESULTADOS

Laboratorio

Tras llevar a cabo la preparación de las piezas, se obtuvieron seis elementos fósiles frente a los cinco inicialmente identificados en el campo, puesto que se descubrió uno nuevo durante el proceso de intervención, ya que se encontraba englobado en la matriz sedimentaria. Este elemento recibió la sigla CV-5669. Los caracteres empleados en el siglado son diferentes a los del resto de piezas (CR2/09) porque esta sigla se asignó ya en laboratorio, en el momento de la intervención, mientras que el resto tenía la sigla de campo.

Investigación

Como resultado del trabajo de laboratorio, se obtuvieron dos metápodos y en principio cuatro falanges.

El metápodo CR2/09-5078 pudo aislarse por completo del resto de elementos fósiles. La línea de fusión entre la epífisis distal y la diáfisis se observaba perfectamente, siendo más recta en la parte derecha hacia donde, además, está inclinada. Las facetas de la parte proximal mostraban un eje vertical claro a partir del cual la epífisis toma dos direcciones distintas para encajar distintos huesos carpales o tarsales. La falange CR2/09-5084 también pudo aislarse completamente del resto de elementos, y mostraba una morfología

pseudocuadrada muy compacta, además de una concavidad clara en la parte proximal. El resto de elementos (CR/09-5077, CR2/09-5085, CR2/09-5086 y CV-5669) se aislaron de manera conjunta, ya que se encontraban fuertemente soldados entre sí debido a las condiciones de fosilización. El metápodo CR2/09-5077 presentaba la línea de fusión entre la epífisis distal y la diáfisis solapada por CR2/09-5086, por lo que era imposible distinguirla correctamente. Además, estaba deformada. La falange CR2/09-5086 presentaba una morfología similar a la falange CR2/09-5084, pero sin una proporción 1:1 tan evidente. No pudieron tomarse todas las medidas debido la posición en la que habían soldado los distintos elementos de este conjunto. El elemento CV-5669 era, claramente, de menor tamaño que el resto de falanges, aunque su morfología recordaba a CR2/09-5084 y CR2/09-5086.

Las medidas de los distintos elementos anatómicos se reúnen en la Tabla 1 a excepción de CR2/09-5085. Ello se debe a que su toma de medidas difería demasiado de la del resto de ejemplares, puesto que no se daban las condiciones para tomar las mismas. La falange CR2/09-5085, en su vista en planta, mostraba un surco que avanzaba desde uno de sus extremos hasta el lateral del otro. Su morfología anatómica era totalmente distinta a la de las otras falanges del conjunto, con una apariencia casi triangular.

Tabla 1. Medidas en mm de los fósiles estudiados. Siendo: **L:** Longitud; **AC:** Anchura central; **AP:** Anchura proximal; **AD:** Anchura distal; **AP*:** Altura proximal; **AD*:** Anchura distal.

Pieza	L	AC	AP	AD*	AP*	AD
CR2/09-5077	1244	566	629	677	-	600
CR2/09-5078	1135	563	608	630	564	495
CR2/09-5084	580	546	619	589	433	226
CR2/09-5086	645	584	636	576	539	-
CV-5669	387	420	430	400	255	-

Didáctica

La actividad contó con un total de 62 alumnos participantes. Para obtener el porcentaje de acierto o error total de las distintas cuestiones, y teniendo en cuenta que no todas las participaciones fueron simultáneas, se realizó un sumatorio de las respuestas acertadas respecto al total de respuestas.

En cuanto al *Kahoot* que evaluaba los conocimientos previos, las primeras seis cuestiones eran de carácter competitivo y estaban relacionadas con aspectos sobre Paleontología general, con preguntas como: "¿Qué es la Paleontología?" o "¿Qué es un yacimiento paleontológico?". Estas primeras preguntas obtuvieron una media de acierto del 71,0%.

No obstante, al hablar de términos más específicos o concretos de la localidad de Crevillent, esta media bajó drásticamente hasta el 38,4% ("¿Crevillent tiene Patrimonio Paleontológico?"), llegando hasta el 6,4% con la cuestión: "¿Sabes lo qué es el yacimiento de "Crevillente 2"?" (Gráfico 1).

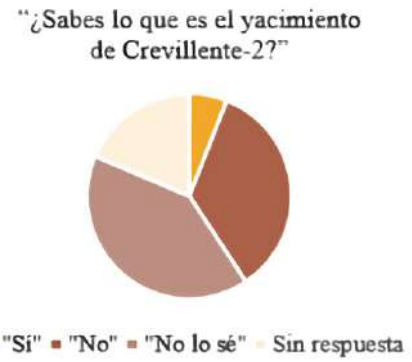


Gráfico 1. Representación visual de las respuestas a la cuestión: "¿Sabes qué es el yacimiento de "Crevillente 2"?"

Al final de la actividad, se pasó un cuestionario en *Google Forms* para que el alumnado valorase la experiencia. Dicho cuestionario proponía afirmaciones positivas sobre la misma, y las y los participantes debían indicar su conformidad respecto a ellas con valores entre el 1 y el 5, siendo 5 una conformidad total. Como ejemplo, algunas de estas afirmaciones: "He aprendido la diferencia entre Paleontología y Arqueología", "La sesión me ha parecido divertida", "Considero que el Patrimonio Paleontológico de Crevillente debería promocionarse y protegerse".

Realizando una media aritmética de un total de 764 respuestas, se observa que un 58,24% del total de las respuestas fueron con un valor de 5, un 26,96% fueron con un valor de 4, un 10,34% fueron con un valor de 3, un 2,22% fueron con un valor de 2 y un 2,22% fueron con un valor de 1.

DISCUSIÓN

Laboratorio

La preparación en el laboratorio constituye un pilar básico en cualquier proceso de investigación que incluya restos fósiles. En el caso del presente artículo, ha sido imprescindible para poder tomar las medidas con las que realizar la

asignación anatómica y la clasificación taxonómica, además de contribuir a la conservación de los ejemplares (fig. 5).

Durante el proceso de preparación, resultó evidente que estos procedimientos han de realizarse por profesionales (o futuros/as profesionales bajo supervisión) de la Paleontología, ya que era necesario conocer la morfología de los distintos elementos anatómicos para poder tratarlos, así como tener conocimientos básicos de las técnicas y de los productos empleados en el laboratorio.

Investigación: asignación anatómica y análisis taxonómico

La falange individualizada CR2/09-5084, por su tamaño y planta rectangular, se asemejaba a la morfología de la primera falange de *Tetralophodon longirostris* (Alberdi *et al.*, 2017) y de los elefantes africanos actuales (Weissengruber *et al.*, 2006) y se encontraría asociada anatómicamente con el metápodo CR2/09-5078.

El metápodo CR2/09-5078 también mostraba una anatomía similar a la de los géneros *Tetralophodon* o *Loxodonta* (Weissengruber *et al.*, 2006; Alberdi *et al.*, 2017). Además, presentaba una morfología muy cercana a la de los metápodos centrales del género *Gomphotherium* (Mazo & Alberdi, 1974).

Las morfologías y tamaños de los elementos del conjunto eran muy diferentes, por lo que se puede descartar que se encontrasen elementos anatómicos por duplicado. Por lo tanto, se plantea que todos ellos formarían parte de un único autópodo.

En los géneros de mastodonte *Tetralophodon* (Tassy, 2005; Alberdi *et al.*, 2017), *Gomphotherium* (Mazo & Alberdi, 1974) o *Anancus* (Mol *et al.*, 1999), los metápodos centrales suelen mostrar una mayor elongación que los distales, siendo el de mayor tamaño el tercer metápodo. Esta característica también está presente en otros grupos de proboscídeos; extintos como en el caso del mamut de la estepa *Mammuthus trogontherii* (Athanassiou, 2012) o actuales como en el caso del elefante *Loxodonta africana* (Smith, 2004; Weissengruber *et al.*, 2006).

Por lo tanto, se descartaría que CR2/09-5078 se correspondiese con el primer o quinto metápodos dada su proporción entre el eje longitudinal y el eje transversal. También se podría suponer que no se trata del segundo metápodo por dos motivos: el primero, que si partimos de la base de que CR2/09-5078 y CR2/09-5084 están en asociación anatómica, la diferencia de tamaño entre ambos debería de ser mayor, como se observa en los segundos metápodos de otros proboscídeos actuales, como en el caso de los elefantes africano y asiático (Smith, 2004; Weissengruber *et al.*, 2006; Mumby *et al.*, 2013), o extintos (Alberdi *et al.*, 2017). Y, el segundo motivo, sería que los segundos metápodos suelen mostrar menor compresión lateral en comparación con terceros y cuartos metápodos, como se observa en otros mastodontes (Mazo & Alberdi, 1974; Alberdi *et al.*, 2017). De esta manera, CR2/09-5078 se correspondería con uno de esos dos últimos metápodos. Este mismo razonamiento también podría seguirse para el otro metápodo CR2/09-5077. Por lo que, para saber qué posición

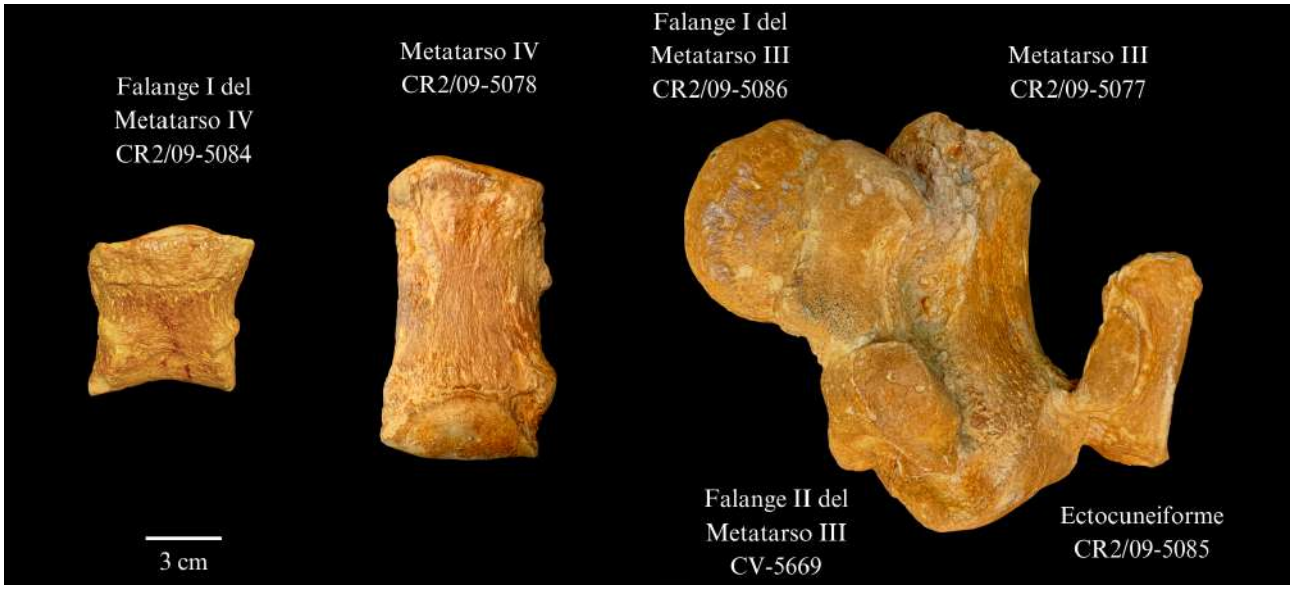


Figura 5. Resultado final de la preparación en el laboratorio.

ocuparía cada uno respectivamente en el autópodo, habría que basarse principalmente en tres parámetros: la línea de fusión entre la epífisis distal y la diáfisis, las facetas proximales y el tamaño.

Mientras que en CR2/09-5078 la línea de fusión entre la epífisis y la diáfisis se distinguía perfectamente inclinada hacia la derecha en vista anterior, en CR2/09-5077 esta se encontraba solapada por la pieza CR2/09-5086, por lo que no se apreciaba al completo. En cuanto a las facetas proximales, CR2/09-5078 presentaba un eje vertical claro que separaba dos direcciones donde encajarían los huesos carpales o tarsales. No obstante, CR2/09-5077 mostraba una parte proximal totalmente lisa que dificultaba su interpretación. Por lo tanto, el criterio principal a tener en cuenta sería el tamaño de ambas piezas. CR2/09-5077 presentaba mayor robustez, mayor medida en su eje longitudinal y mayor altura distal que CR2/09-5078. Así, se determinaría que CR2/09-5078 era el cuarto metápodo del autópodo del ejemplar y CR2/09-5077 el tercero. Por lo tanto, CR2/5084 sería la primera falange del cuarto metápodo.

La falange CR2/09-5086 se asemejaba, morfológicamente, a CR2/09-5084, pero presentaba mayor longitud y mayor altura en su parte proximal. Comparando, de nuevo, tanto con proboscídeos actuales como extintos (Mazo & Alberdi, 1974; Smith, 2004; Mumby *et al.*, 2013; Alberdi *et al.*, 2017), se pudo inferir que se trataba también de una primera falange.

Distalmente, el metápodo CR2/09-5077 mostraba una altura mayor que la parte proximal de CR2/09-5086, y la misma también presentaba una concavidad muy marcada. Es decir, ambas piezas estarían en asociación anatómica. Así, CR2/09-5086 sería la primera falange del tercer metápodo.

También unida a este conjunto se encontraba la falange CV-5669. Su tamaño era significativamente menor al de las falanges anteriormente descritas. Su parte distal mostraba un estrechamiento y, aunque su parte proximal no podía observarse en su totalidad, se apreciaba cierta concavidad. Comparando este elemento con autópodos completos de *Tetralophodon longirostris* (Alberdi *et al.*, 2017), *Loxodonta africana* (Smith, 2004) y *Elephas maxima* (Mumby *et al.*, 2013), pudimos identificar este elemento como una segunda falange. Por posición y tamaño, podría ser la falange asociada a CR2/09-5086, siendo así la segunda falange del tercer metápodo.

En cuanto a CR2/09-5085, su morfología era distinta al resto de falanges, ya que presentaba una forma asimétrica más plana. Destacaban, sin embargo, los surcos superior e inferior, característicos de los ectocuneiformes.

El ectocuneiforme es un tarsal que se sitúa anteriormente a los metatarsos. Por lo tanto, si se parte de la hipótesis de que todos los elementos estudiados pertenecían a un mismo autópodo y que CR2/09-5085 era un ectocuneiforme, se propuso que los restos preparados en el laboratorio conformaban un autópodo posterior o trasero incompleto. También en el estudio de Chen & Tong (2017), se explica que el ectocuneiforme en proboscídeos se corresponde con los metatarsos III y IV que, en este apartado, serían CR2/09-5077 (al que aparece soldado) y CR2/09-5078 respectivamente. Por lo tanto, asignar CR2/09-5085 a un ectocuneiforme también reforzaría la identificación del resto de elementos óseos.

Desde un punto de vista biocronológico, el yacimiento "Crevillente 2" se sitúa la biozona MN11 (Mein, 1990: Bruijn *et al.*, 1992). Ello supone una antigüedad de, aproximadamente 8,5-8 millones de años (Casanovas-Vilar *et al.*, 2011). En él, ya se habían descrito restos identificados como *Deinotherium giganteum* y *Tetralophodon* cf. *longirostris* "grandincisivoid form" (Mazo & Montoya, 2003). Esta última terminología abierta se utilizó para remarcar el hecho de que, aunque los restos encontrados se asemejaban a esta especie de mastodonte, también presentaba similitudes morfométricas con *Stegotetrabelodon* (Mazo & Van der Made, 2012). Además, en "Crevillente 15" se describieron restos asociados también a *Deinotherium giganteum*, *Tetralophodon* sp. y un gonfotérido indeterminado, y en "Crevillente 16", restos atribuidos a la especie *Tetralophodon longirostris* (Montoya & Alberdi, 1995). Cabe destacar que, estos dos yacimientos, tienen una posición estratigráfica superior a "Crevillente 2" y se engloban en la biozona MN12 (Mazo & Montoya, 2003).

Durante el Oligoceno tardío y el Mioceno temprano, hace entre 25-20 millones de años, tuvo lugar el denominado "*Proboscidean Datum Event*" (en adelante, PDE), que se corresponde a un aumento del número de géneros de proboscídeos y de las apariciones de este grupo en el registro fósil (Tassy, 1989). A partir de dicho evento, los proboscídeos y, entre ellos, los mastodontes, sufrieron una diversificación de sus morfologías

y expandieron sus hábitats fuera del continente africano, alcanzando la ubicuidad en cualquier ecosistema con megafauna herbívora de Eurasia o África (Van der Made, 2010). No obstante, hace aproximadamente 8 millones de años, comenzó el dominio de los ecosistemas herbáceos C4, lo cual supuso un cambio drástico en la evolución de las comunidades de megafauna (Lister, 2013). A partir de este punto, el trabajo de Cantalapiedra *et al.* (2021) refleja un decrecimiento sustancial de la riqueza de proboscídeos conforme también lo hacía la productividad de los biomas de sabana.

Así, de forma evidente, solo tres géneros aparecen en el sureste de la península ibérica (fig. 6) (además de las formas grandincisivoides y un gonfoterio indeterminado): *Deinotherium*, *Tetralophodon* y *Anancus* (Martín-Suárez & Freudenthal, 1998; Mazo & Montoya, 2003; Mazo & Van der Made, 2012). No obstante, los restos asignados a *Anancus* en los yacimientos de Librilla o La Alberca (Murcia) y Venta del Moro (Valencia), se corresponden biocronológicamente con la zona MN 13, que es diferente a la asignada para el yacimiento de "Crevillente 2": MN11 (Mein, 1990: Bruijn *et al.*, 1992). Por lo tanto, *Anancus* quedaría descartado de entre los géneros candidatos a los que ser asignados los restos estudiados.

En el registro fósil de la península ibérica, se da una clara transición del género *Gomphotherium* a *Tetralophodon* durante el Aragoniense tardío (fig. 6) (Mazo & Van der Made, 2012). El primero es mayoritario hasta los yacimientos datados como MN 7 y MN 8, a partir de los cuales comienza a prevalecer el segundo hasta MN 12 (Mazo & Van der Made, 2012). Por lo tanto, al ser el género predominante de este período, la asignación de los restos estudiados a *Tetralophodon* podría parecer clara, ya fuese como *Tetralophodon longirostris*, *Tetralophodon* sp. o *Tetralophodon* cf. *longirostris* "grandincisivoid form". Sin embargo, la presencia de *Deinotherium* en los yacimientos de la localidad de Crevillent (Montoya, 1994; Martín-Suárez & Freudenthal, 1998; Mazo & Montoya, 2003) hace que, al menos, sean dos géneros los potenciales candidatos a los que podrían pertenecer los metatarsos y las falanges estudiadas.

Al comparar los restos del autópodo con fósiles de estos géneros para realizar la clasificación taxonómica de los mismos (Montoya, 1994; Aiglstorfer *et al.*, 2014; Alberdi *et al.*, 2017), no se hallaron caracteres diagnósticos para ello.

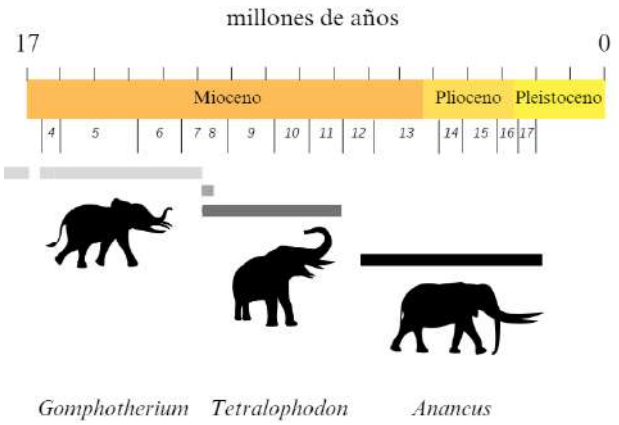


Figura 6. Sucesión de los géneros de mastodontes en la península ibérica.

Además, de los únicos dos metatarsos con los que se contaba, sobre uno de ellos se podían realizar observaciones incompletas debido a que presentaba varias falanges soldadas a su estructura.

De cara a futuras investigaciones, que permitan realizar una asignación taxonómica más precisa, es necesario completar estas observaciones con las de otros elementos anatómicos, como el cráneo o la dentición.

Implicaciones didácticas

El alumnado que conformó el grupo de estudio demostró tener unos conocimientos generales sobre Paleontología, lo cual se refleja en las respuestas de las primeras preguntas del *Kahoot*, pero más carencias informativas sobre el Patrimonio Paleontológico local. En vista de los resultados, es obvio que, pese a las iniciativas locales por poner en valor el Patrimonio Paleontológico de Crevillent y su aparición en los medios de comunicación, este no ha calado entre la población más joven. Esto podría deberse a varios motivos: al poco espacio que la asignatura de Biología y Geología (y, con ella, el estudio de la Paleontología) tiene en el currículo oficial de la Comunidad Valenciana (Bazán, 2021), a la ausencia de contenido paleontológico en las nuevas vías que la gente joven utiliza para acceder al conocimiento (Millán-Paredes, 2006) o a la menor cantidad de divulgadores científicos de esta disciplina en los medios de comunicación, en comparación con otras disciplinas.

En la provincia de Alicante, se cuenta con la existencia del Museo Paleontológico de Elche, donde se han tratado los restos estudiados. Pese a que los museos no son un recurso nuevo, el MUPE se encuentra a la vanguardia en cuanto a metodologías didácticas y utilización de las TIC.

Con una estrategia totalmente adaptada a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, es un recurso casi indispensable para cualquier docente o perfil divulgador que quiera utilizar la Paleontología como herramienta educativa.

Al finalizar la sesión, se realizó un segundo cuestionario a través de la plataforma *Google Forms*. Al tratarse de afirmaciones positivas sobre la actividad se podría decir que, a mayor puntuación, mejor valoración de la misma por parte del alumnado. Es decir, más de un 85% de las respuestas estuvieron en mayor o menor medida de acuerdo con el carácter afirmativo de las diferentes cuestiones planteadas. En especial, se destacan las tres últimas, donde se observa que más de un 65% afirmaba sentirse motivado para aprender más sobre Paleontología tras la sesión, más de un 88% afirmaba que consideraba necesario promocionar y proteger el Patrimonio Paleontológico de Crevillent y más de un 69% afirmaba estar dispuesto a realizar otras actividades relacionadas con dicho patrimonio.

Según estas respuestas, *a priori* y a falta de estudios con más muestra, se podría interpretar que la Paleontología en el aula es un recurso que despierta un considerable interés.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se presenta la preparación de unos restos fósiles de proboscídeo procedentes del yacimiento del mioceno superior de "Crevillente 2", su posterior estudio y clasificación taxonómica y, finalmente, la divulgación de los resultados en el ámbito educativo local.

Durante la preparación en el laboratorio, y tras una intervención de doce sesiones, las piezas estaban disponibles para ser estudiadas o, incluso, expuestas llegado el momento. No obstante, la mayor dificultad se encontró en el momento de la asignación taxonómica.

En la gran mayoría de artículos relacionados con proboscídeos fósiles, los caracteres morfológicos utilizados para su clasificación y estudio son, casi de forma exclusiva, cráneo, defensas y dentición. Por lo tanto, los elementos post-craneales quedan totalmente relegados a un segundo plano.

Comparadas con la anatomía de proboscídeos extintos y actuales, las piezas estudiadas en el presente artículo se identificaron como un cuarto metatarso (CR2/09-5078) que presentaba asociación anatómica con una primera falange (CR2/09-5084), y un tercer metatarso (CR2/09-5077) que podría tener conexión anatómica con otra primera falange (CR2/09-5085) seguida de una segunda falange (CR2/09- CV-5669). Además, otro elemento se clasificó finalmente como un tarsal ectocuneiforme (CR2/09-5086), que sirvió para proponer que los restos estudiados conformaban un autópodo incompleto posterior.

Tras la revisión bibliográfica sobre distintos hallazgos de mastodontes, tanto fuera como dentro de la península ibérica, finalmente se proponen los géneros *Tetralophodon* y *Deinotherium* como candidatos para la asignación taxonómica.

En cuanto a la parte didáctica, el proyecto educativo llevado a cabo ha puesto de manifiesto que, tras las diferentes actividades y encuestas realizadas, el yacimiento de CR2 despierta el interés del alumnado, así como la labor de los profesionales de la Paleontología. De un total de más de sesenta participantes, el 85% de las valoraciones a las distintas cuestiones planteadas sobre la actividad resultaron positivas en mayor o menor grado. Además, un porcentaje muy elevado del alumnado consideraba necesario promocionar y proteger el Patrimonio Paleontológico de Crevillent.

En vista de los resultados obtenidos, es necesario seguir llevando a cabo iniciativas que fomenten el interés por el Patrimonio Paleontológico por parte de la comunidad escolar. Tras la valoración patrimonial del yacimiento realizada por Aranzabal & Fierro (2017), empleando la metodología IELIG (Inventario Español de Lugares de Interés Geológico), y teniendo en cuenta que el yacimiento actualmente se encuentra oculto para su conservación y protección, la investigación, conservación y divulgación de los bienes muebles depositados en museos como el MUPE parecería una prioridad.

REFERENCIAS

Aberasturi, A., Fierro, I. & Marín-Ferrer, J. M. (2014). Una década del Museo Paleontológico de Elche. *Cidaris*, **32**, 71-79 pp.

Acedo Peñato, A., Fesharaki, O. & García Frank, A. (2020). Análisis comparativo de menciones al patrimonio paleontológico y otros tipos de patrimonio en los currículos de Educación Secundaria en España (periodo 1970-2020). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **32** (2), 41-62 pp.

Aguilar, J. P. (1982). Contributions a l'étude des micromammifères du gisement miocène supérieur de Montredon (Hérault). 2 – Les rongeurs. *Paleovertebrata*, **12** (3), 81-117 pp.

Aiglstorfer, M., Göhlich, U. B., Böhme, M. & Gross, M. (2014). A partial skeleton of Deinotherium (Proboscidea, Mammalia) from the late Middle Miocene Gratkorn locality (Austria). *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **94** (1), 49-70 pp.

Alberdi, M. T., De la Iglesia, A., Montoya, P. & Morales, J. (2017). La ciénaga de los mastodontes. In J. Morales & E. Baquedano (Eds.), *La colina de los Tigres Dientes de Sable: los yacimientos miocenos del Cerro de los Batallones (Torrejón de Velasco, Comunidad de Madrid)*, (pp. 395-409). Madrid, España: Obra Social La Caixa, CosmoCaixa, CSIC, Museo Arqueológico Regional, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Comunidad de Madrid.

Alcalá, L., Azanza, B., Cerdeño, E., Iñesta, M., Juan, J.R., Montoya, P., Mora, P. & Morales, J. (1987). Nuevos datos sobre los macromamíferos turolienses de Crevillente (Alicante). *Geogaceta*, **3**, 24-27 pp.

Aranzábal, C. & Fierro, I. (2017). "Crevillente 2" (Alicante, España), un yacimiento paleontológico a incluir en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico.In *XV Meeting of Early-Stage Researchers in Paleontology (EJIP)* (Póster). Pombal, Portugal.

Athanassiou, A. (2012). A skeleton of *Mammuthus trogontherii* (Proboscidea, Elephantidae) from NW Peloponnese, Greece. *Quaternary International*, **255**, 9-28 pp.

Azanza, B. & Montoya, P. (1995). A new deer from the lower Turolian of Spain. *Journal of Paleontology*, **69** (6), 1163-1175 pp.

Bazán, E. G. (2021). Consideraciones sobre el uso didáctico de los museos paleontológicos en Educación Secundaria. *Lucas Mallada*, **23**, 51-59 pp.

Bruijn, H. D., Mein, P., Montenat, C. & Van De Weerd, A. (1975). Corrélations entre les gisements de rongeurs et les formations marines du Miocène terminal d'Espagne méridionale (provinces de Alicante et Murcia). *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetensch., B*, **78**, 282-313 pp.

Bruijn, H. D., Daams, R., Daxner-Höck, G., Fahlbusch, V., Ginsburg, L., Mein, P., Morales, J., Heinzmann, E., Mayhew, D. F., Van der Meulen, A. J., Schmidt-Kittler, N. & Telles Antunes, M. (1992). Report of the RCMNS Working Group on fossil mammals, Reisensburg 1990. *Newslett. Stratigr.*, **26** (2), 65-118 pp.

Cantalapiedra, J. L., Sanisidro, Ó., Zhang, H., Alberdi, M. T., Prado, J. L., Blanco, F. & Saarinen, J. (2021). The rise and fall of proboscidean ecological diversity. *Nature Ecology & Evolution*, **5** (9), 1266-1272 pp.

Casanovas-Vilar, I., Alba, D. M., Robles, J. M. & Moyà-Solà, S. (2011). Registro paleontológico continental del Mioceno de la cuenca del Vallès-Penedès. *Paleontol. Evol., Mem. Espec.*, **6**, 55-80 pp.

Chen, X. & Tong, H. W. (2017). On the hindfoot bones of *Mammuthus trogontherii* from Shanshenmiaozui in Nihewan Basin, China. *Quaternary International*, **445**, 50-59 pp.

Corbí, H., Soria, J. M., Giannetti, A. & Yébenes, A. (2020). The step-by-step restriction of the Mediterranean (start, amplification, and consolidation phases) preceding the Messinian Salinity Crisis (climax phase) in the Bajo Segura basin. *Geo-Marine Letters*, **40** (3), 341-361 pp.

De Vicente, G. & Vegas, R. (2007). La extraña topografía de la Península Ibérica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **15** (2), 124-134 pp.

Estévez Rubio, A., Vera, J. A., Alfaro García, P., Andreu Rodes, J. M., Tent-Manclus, J. E. & Yébenes Simón, A. (2004). Geología de la provincia de Alicante. *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, **12** (1), 2-15 pp.

Ferretti, M. P., Rook, L., Carone, G. & Marra, A. C. (2017). New findings of *Stegotetrabelodon syrticus* from the Late Miocene of Cessaniti, southern Italy. *Boll. Soc. Paleontol. It.*, **56**, 89-92 pp.

Fontboté, J. M. & Vera, J. A. (1983). La Cordillera Bética. Introducción. In J. A. Comba (Ed.), *Geología de España (Libro Jubilar J.M. Ríos)* (Vol II, pp. 205-218). Inst. Geol. Min. España, Com. Nac. Geol.

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Lister, A. M. (2013). The role of behaviour in adaptive morphological evolution of African proboscideans. *Nature*, **500** (7462), 331-334 pp.

Martín-Suárez, E. & Freudenthal, M. (1998). Biostratigraphy of the continental upper Miocene of Crevillente (Alicante, SE Spain). *Geobios*, **31** (6), 839-847 pp.

Mazo, A. V. & Alberdi, M. T. (1974). Estudio descriptivo y taxonómico del mastodonte de Yuncos (Toledo). *Estudios Geológicos*, **30**, 47-61 pp.

Mazo, A. V. & Montoya, P. (2003). Proboscidea (Mammalia) from the Upper Miocene of Crevillente (Alicante, Spain). *Scripta Geologica*, **126**, 79-109 pp.

Mazo, A. V. & Van der Made, J. (2012). Iberian mastodonts: Geographic and stratigraphic distribution. *Quaternary International*, **255**, 239-256 pp.

Mein, P. (1990). Updating of MN Zones. In E. H. Lindsay, V. Fahlbusch & P. Mein (Eds.), *European Neogene Mammal Chronology* (Vol. 180 pp. 73-90). NATO ASI Series.

Mein, P.(1999). European Miocene Mammal Biochronology. In G. E. RÖSSNER & K. HEISSIG (Eds.), *The Miocene Land Mammals of Europe*: (pp. 25-38). Verlag Dr. Friedrich Pfeil, Munchen.

Millán-Paredes, T. (2006). La digitalización de la realidad en las nuevas generaciones del siglo XXI. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, **13** (26), 171-175 pp.

Mol, D., Van den Bergh, G. D. & De Vos, J. (1999). Fossil proboscideans from the Netherlands, the North Sea and the Oosterschelde Estuary. *Deinsea*, **6** (1), 119-146 pp.

Montenant, C. (1973): Les Formations Néogenes et Quaternaires du Levant Espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia). *Tesis doctoral.* Universitè Paris-Sud, Francia, 1170 pp.

Montenat, C. & Crusafont, M. (1970). Découverte de Mammifères dans le Néogène et le Pléistocène du Levant espagnol (Provinces d'Alicante et de Murcia). *CR Acad. Sci. Paris*, **270**, 2434-2437 pp.

Montoya, P. (1994). Los macromamíferos del Mioceno Superior del área de Crevillente (Alicante). *Tesis Doctoral*, Universitat de València, Valencia, 421 pp.

Montoya, P. & Alberdi, M. T. (1995). Crevillente 15 y Crevillente 16, dos nuevos yacimientos con macromamiferos en el Mioceno superior de Alicante (España). *Estudios geológicos*, **51** (3-4), 159-182 pp.

Mumby, C., Bouts, T., Sambrook, L., Danika, S., Rees, E., Parry, A., Rendle, M., Masters, N. & Weller, R. (2013). Validation of a new radiographic protocol for Asian elephant feet and description of their radiographic anatomy. *Veterinary Record*, **173** (13), 318-318 pp.

Roldán García, F. J., Rodríguez Fernández, J. & Azañón, J. M. (2012). La Unidad Olistostrómica, una formación clave para entender la historia neógena de las Zonas Externas de la Cordillera Bética. *Geogaceta*, **52**, 9-12 pp.

Sanz de Galdeano, C. (1983a). Los accidentes y fracturas principales de las Cordilleras Béticas. *Estudios Geológicos*, **39**, 157-165 pp.

Sanz de Galdeano, C. (1983b). La neotectónica de las Cordilleras Beticas. In J. A. Comba (Ed.), *Geología de España (Libro Jubilar J.M. Ríos)* (Vol. 2, pp. 469-485). Inst. Geol. Min. España, Com. Nac. Geol.

Smith, K. M. (2004). Metapodial restructuring in Mammut and recent elephants: evidence of disease or physical stress? *Trabajo de Final de Máster*, Michigan State University, MSU LIBRARIES.

Tassy, P. (1989). The "Proboscidean Datum Event": how many proboscideans and how many events? In E. H. Lindsay, V. Fahlbusch & P. Mein (Eds.), *European Neogene Mammal Chronology* (Vol. 180 pp. 237-252). NATO ASI Series.

Tassy, P. (2005). Proboscideans (Mammalia) from the late Miocene of Akkasdagı, Turkey. *Geodiversitas*, **27**, 707-714 pp.

Van der Made, J. (2010). Elefantentreich: eine Fossilwelt in Europa. In Meller, H. (Ed.). *Landesamt für Denkmalpflege und Archäologie Sachsen-Anhalt-Landesmuseum für Vorgeschichte* (pp. 340-360). Saale: Landesmuseum für Vorgeschichte Halle.

Weissengruber, G. E., Egger, G. F., Hutchinson, J. R., Groenewald, H. B., Elsässer, L., Famini, D. & Forstenpointner, G. (2006). The structure of the cushions in the feet of African elephants (*Loxodonta africana*). *Journal of Anatomy*, **209** (6), 781-792 pp.

Este artículo está basado en un Trabajo de Fin de Máster, realizado en el Máster en Paleontología Aplicada de la Universidad de Valencia y Universidad de Alicante, que fue tutorizado por Ainara Aberasturi Rodríguez y Hugo Corbí Sevila, quienes han sido notificados de la presentación del mismo a este premio. El autor es dueño, se hace responsable y exíme de toda responsabilidad a la revista Cidaris*, editores y maquetadores, del contenido del artículo; así como cualquier problema de autoría o derechos de autor y otros posibles conflictos que pudiese ocasionar la publicación de este trabajo.*

ANÁLISIS GEOLÓGICO MULTIDISCIPLINAR DE CABO CERVERA (TORREVIEJA, ALICANTE)

Multidisciplinary geological analysis of Cabo Cervera (Torrevieja, Alicante)

Inmaculada Ferri-Moreno
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 - Correo electrónico: inmferri@ucm.es

RESUMEN

Cabo Cervera se localiza al sur de la provincia de Alicante, en el municipio de Torrevieja. La cuenca del Bajo Segura ha sido objeto de estudio en numerosas ocasiones, sin embargo, aún existen zonas donde los datos podrían ser más detallados, como es el caso de Cabo Cervera. En este estudio se identifican, cartografían y describen cuatro unidades aloestratigráficas: unidad Plioceno, formada por un conjunto de materiales marinos someros a continentales; unidad Pleistoceno I, interpretada como posibles dunas subacuáticas y subaéreas y caracterizada por morfologías sigmoidales, estratificaciones cruzadas, rizolitos e icnofósiles asociados a los géneros *Skolithos* y *Bichordites*; unidad Pleistoceno II (Tirreniense), formada por materiales de playa somera con un alto contenido paleontológico de «fauna senegalesa»; y la unidad Holoceno, formada por coluviones y playas. En cuanto a la geomorfología, se han reconocido dos plataformas emergidas antiguas y una sumergida actual modeladas por los procesos litorales y la tectónica. Además, a lo largo de la zona de estudio pueden reconocerse otras formas como lapiaces, kamenitzas y erosión tipo alveolar. También se desarrollan numerosas fracturas de dirección predominante NNO-SSE. Finalmente, se ha realizado una valoración patrimonial de Cabo Cervera, obteniendo un valor alto tanto en los ámbitos científicos, como educativos y turísticos.

Palabras clave: *análisis estructural, estratigrafía, geomorfología, petrografía, valoración patrimonial.*

ABSTRACT

Cabo Cervera is located in the southern Alicante province, in Torrevieja municipality. The Bajo Segura basin has been studied on numerous occasions, although there are areas where data could be more detailed, such as Cabo Cervera. In this study, four allostratigraphic units are identified, cartographied and described: Pliocene unit, formed by shallow marine to continental materials; Pleistocene I unit, interpreted as a possible subaqueous dune and characterized by sigmoidal morphologies, cross-stratification and ichnofossils associated to *Skolithos* and *Bichordites* genus; Pleistocene II (Tyrrhenian) unit, formed by shallow beach material with high paleontological content of «fauna senegalesa»; and Holocene unit, formed by colluvium deposits and beaches. Regarding geomorphology, two ancient emerged littoral platforms and one current submerged drawn by tectonics and coastal processes are identified. Throughout the studied area,other forms such as lapiez, kamenitzas and honeycomb erosion can be also distinguished. There also numerous fractures wich main bearing is NNW-SSE Finally, a patrimonial assessment of Cabo Cervera has been performed obtaining a high value in terms of scientific, educational and tourist ambits.

Key words: *structural analysis, stratigraphy, geomorphology, petrography, patrimonial assessment.*

INTRODUCCIÓN

La cuenca del Bajo Segura ha sido objeto de estudio en numerosas ocasiones, destacando el análisis estructural y estratigráfico de la misma.

Uno de los primeros trabajos más representativos sobre el estudio de la cuenca fue la tesis doctoral "Las formaciones neógenas y cuaternarias del levante español" de Christian Montenat en 1973. Esta tesis recoge el estudio de las series neógenas y cuaternarias de parte del sureste español. Tiempo después, en 1990, Montenat actualiza y completa su estudio en la zona. En los años posteriores se realiza la cartografía de la Serie MAGNA. En primer lugar, se publica en 1977 la hoja 935 correspondiente a Torrevieja (Martínez *et al.*, 1977), y un año después, en 1978, se publica la hoja 914 correspondiente a Guardamar del Segura (Almela *et al.*, 1978). Mas recientemente, en la zona de estudio, se recogen diversos artículos, principalmente sobre materiales pleistocenos. En 1981, Zazo *et al.* realizan una síntesis del estudio del Tirreniense de la península donde se incluyen los afloramientos de La Mata (Torrevieja). En 1987, Somoza *et al.* realizan la descripción de varios materiales pleistocenos localizados entre el sur del municipio de Guardamar del Segura y Cabo Cervera (Torrevieja), que interpretan como formados en una isla barrera. Seguidamente,

en 1990, Goy *et al.* publican un artículo en el que se refleja parte de la historia de la cuenca del Bajo Segura durante el Pleistoceno. En 1993, Goy *et al.* repasan la información de parte de los materiales tirrenienses dispersos desde la provincia de Murcia hasta la de Alicante.

En cuanto al estudio estratigráfico de la cuenca, destaca el trabajo de revisión de Soria *et al*. (1996) donde se realiza la descripción de los materiales del Plioceno de la cuenca del Bajo Segura en la localidad de Rojales. Más tarde, en 2004, Santisteban *et al.* se centran en la descripción de los materiales del acuífero de Torrevieja a partir de los testigos de los sondeos realizados en el entorno de La Mata (Torrevieja). Para el ámbito tectónico, cabe destacar el trabajo de Alfaro *et al.* (2002) donde se recopila la información sobre la tectónica de la cuenca, y se expone su estructura general y su relación con la actividad de la Falla del Bajo Segura.

El objetivo de este trabajo es estudiar en detalle y desde el punto de vista multidisciplinar la geología del cabo para poder poner en valor el patrimonio geológico de la zona. Estos resultados podrían permitir la incorporación de la zona como Lugar de Interés Geológico dentro del IELIG (Inventario Español de Lugares de Interés Geológico del IGME). La integración de este enclave natural en el inventario podría ser la clave para comenzar a tomar medidas de geoconservación en el cabo.

CONTEXTO GEOLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza al sur de la provincia de Alicante, en el término municipal de Torrevieja, en la pedanía de La Mata. Concretamente, el trabajo se ha acotado entre la playa de Torrelamata y la cala Cornuda (fig. 1). La zona se caracteriza por la presencia de una playa arenosa alargada (playa de Torrelamata) y un conjunto de entrantes y salientes al mar que se resumen en pequeñas calas pedregosas.

Cabo Cervera forma parte de la cuenca del Bajo Segura localizada en la parte oriental de la Cordillera Bética, concretamente, formando parte de una unidad de rango menor conocida como Cuencas Neógenas (Vera, 2004). La naturaleza de los materiales que rellenan la cuenca es muy variada, albergando sucesiones continentales y marinas con un gran significado paleogeográfico. La tectónica juega un papel muy importante en la distribución de los materiales así como en la naturaleza de los depósitos que se formaron (Soria *et al*., 1996). El valle fluvial del río Segura, condicionado por las condiciones tectónicas de la cuenca, divide a la misma en un sector norte caracterizado por facies típicas de medios marinos someros y continentales, y un sector sur formado por sistemas de depósito marino de mayor profundidad (Corbí, 2017).

El entorno de Cabo Cervera está caracterizado por materiales de edades pliocenas y cuaternarias descritas por diversos autores (Montenat, 1973; Soria *et al*., 1996; Martínez *et al*., 1997). La descripción general de los materiales del Plioceno Inferior, que rellenan la cuenca en este sector, fue realizada en la localidad de Rojales por Soria *et al*., 1996 y en ella podemos encontrar de muro a techo:

- Fm. Margas de Hurchillo: alternancia de margas arenosas y pequeños paquetes de areniscas.
- Fm. Areniscas de Rojales: bancos de areniscas, presentando un primer tramo sin estructuras sedimentarias reconocibles ni fauna, y un segundo tramo que presenta algunos sets de megaestratificación cruzada en surco con frecuentes bioturbaciones. La formación termina con una estratificación cruzada de bajo ángulo.
- Fm. Areniscas y Margas Versicolores: alternancia de lutitas y arenas con raíces, gasterópodos de agua dulce y restos de microinverterbrados.
- Fm. Conglomerados del Segura: conformada por varios bancos de conglomerados granodecrecientes.

La cuenca del Bajo Segura se encuentra delimitada por dos fallas principales: la Falla del Bajo Segura y la Falla de Crevillente (Martín-Rojas *et al*., 2014) de dirección ENE-OSO. Además de estas, se pueden encontrar otras fallas complementarias que cortan a las primeras, entre las que se encuentra la Falla de Torrevieja (Montenat, 1977). Estas estructuras forman parte de la Zona de Cizalla del Este de las Béticas, una zona de acortamiento de dirección NNO-SSE que desarrolla pliegues y fallas en la cubierta sedimentaria (Giménez *et al*., 2009). El movimiento de estas fallas y el desarrollo de

pliegues tienen como resultado la formación de relieves positivos y negativos (Alfaro *et al*., 2002). En estos relieves, los materiales pliocenos y cuaternarios se ven deformados, dando lugar a los sinclinales de Torrevieja y La Mata (Alfaro *et al*., 2002). La zona de estudio de este trabajo forma parte del anticlinal de Cabo Cervera que separa estos dos sinclinales.

METODOLOGÍA

Se han realizado en campo la identificación y la descripción de las diferentes unidades geológicas y su cartografía. La edad y delimitación de las unidades ha sido deducida en base a la bibliografía (Montenat, 1973; Martínez *et al*., 1977; Almela *et al*., 1978 y Goy *et al*., 1993) y a criterios estratigráficos. Para la realización de los cortes se han tenido en cuenta los espesores medidos en las secciones de la costa y los aportados por Santisteban *et al.*, (2004) en relación con los sondeos realizados cerca de la laguna de La Mata.

Además, se tomaron muestras de las unidades diferenciadas para preparar láminas delgadas que se analizaron con un microscopio petrográfico Nikon modelo Eclipse E2000 (ocular 10x22). A partir de imágenes, se realizó el contaje de componentes de las muestras con el software JMicrovision. Posteriormente fueron clasificadas siguiendo la clasificación de Zuffa (1980), Dunham (1962) y Folk (1958).

Para valorar Cabo Cervera como un LIG propio, se realizó un cálculo sobre la valoración patrimonial en base a la metodología propuesta por García-Cortés et al. (2018).

RESULTADOS

Cartografía

Se han diferenciado cuatro unidades aloestratigráficas: Plioceno, Pleistoceno I, Pleistoceno II (Tirreniense) y Holoceno (fig. 1). Las edades atribuidas corresponden a las mencionadas por la bibliografía. La estructura principal del cabo es un anticlinal de flancos suaves de dirección NNO-SSE que afecta a la unidad del Plioceno (fig. 2). Adosados al anticlinal y de manera discordante, encontramos las demás unidades.

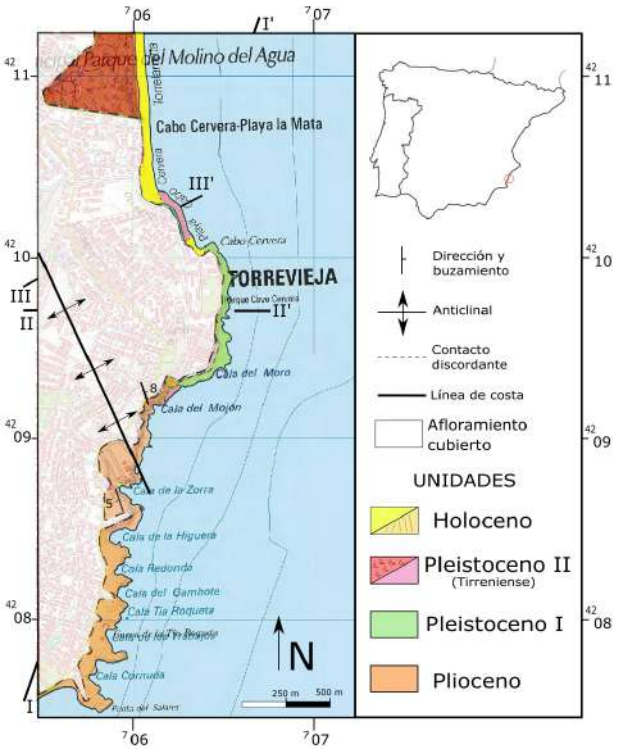


Figura 1. Localización y cartografía geológica de Cabo Cervera. Se señalizan los cortes geológicos (números romanos) y las columnas estratigráficas: P (Plioceno), PI (Pleistoceno I), PII (Pleistoceno II).

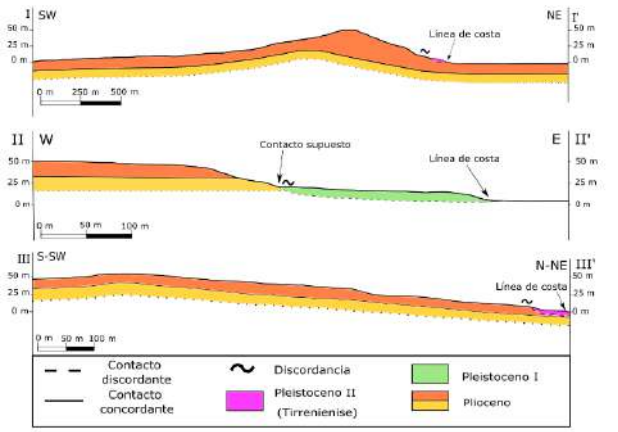


Figura 2. Cortes geológicos I-I', II-II' y III-III'. La línea discontinua hace referencia al muro de la unidad Plioceno no visible. De manera discordante encontramos los depósitos de las unidades del Pleistoceno (espesores exagerados).

Descripción de las unidades

<u>Plioceno</u>

Es la unidad aflorante más antigua del cabo. Está formada por 4 tramos bien definidos (fig. 3).

El primer tramo de la serie no es completamente observable, por lo que se desconoce su espesor real. Para la columna solo se ha tenido en cuenta el aflorante (4 m). Consiste en una arenisca de grano grueso homogénea que destaca por la presencia de un set de estratificación cruzada de gran ángulo.

El tramo 2 está constituido por una arenisca de grano grueso anaranjada, muy bioturbada, con un espesor de 10 m. En la base de este tramo (0.5 – 1 m) se presenta una estratificación cruzada de bajo ángulo, justo encima del tramo 1. El rasgo más característico es la bioturbación masiva y ruiniforme. Se trata de galerías de desarrollo vertical que se extienden a lo largo de todo el paquete. A techo se observa un nivel discontinuo de areniscas rojizas fácilmente reconocibles.

El tramo 3 está conformado por areniscas de grano grueso anaranjado de unos 5 m en el que se distinguen dos sets: uno de estratificación cruzada (30º) y otro de estratificación cruzada de bajo ángulo (10-15º).

El tramo 4 abarca unos 8 m de espesor. En él se distingue una arenisca gruesa de color rojo que presenta capas horizontales continuas de naturaleza carbonática tipo caliche, a partir de las cuales se desarrollan huellas de raíces que destacan por su sinuosidad y continuidad vertical. Las raíces están formadas por calcita (rizolitos) que presentan láminas concéntricas alrededor de la porosidad móldica dejada por la raíz. También se pueden encontrar fracturas verticales rellenas por calcita.

Pleistoceno I

Esta unidad la forman los materiales que afloran en el saliente de la costa de Cabo Cervera (fig. 4). Consiste en una arenisca de grano medio-grueso anaranjada de unos 10 m en el que se distinguen dos tramos. En el primer tramo se observan cuerpos de morfología sigmoidal con estratificación cruzada con algunas capas intensamente bioturbadas. Las bioturbaciones consisten en pequeñas galerías, con orientación preferentemente vertical que aportan aspecto ruiniforme. El segundo tramo lo conforma un set de estratificación cruzada de bajo ángulo donde se alternan láminas de diferente tamaño de grano y cementación.

En esta unidad se pueden observan numerosas huellas fósiles discretas distribuidas irregularmente. Se pueden diferenciar rizolitos y galerías verticales y horizontales. Los rizolitos en ocasiones pueden alcanzar 0,5 m de desarrollo. Las galerías, sin embargo, aparecen generalmente huecas y con las paredes tapizadas por calcita atravesando la estratificación cruzada.

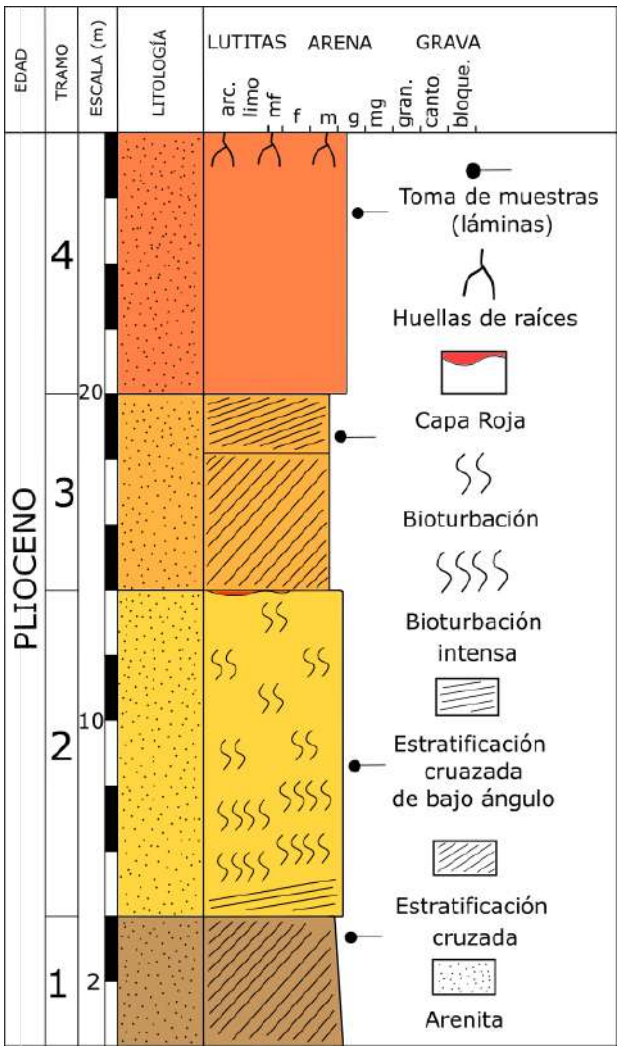


FIGURA 3. Columna estratigráfica de la unidad del Plioceno.

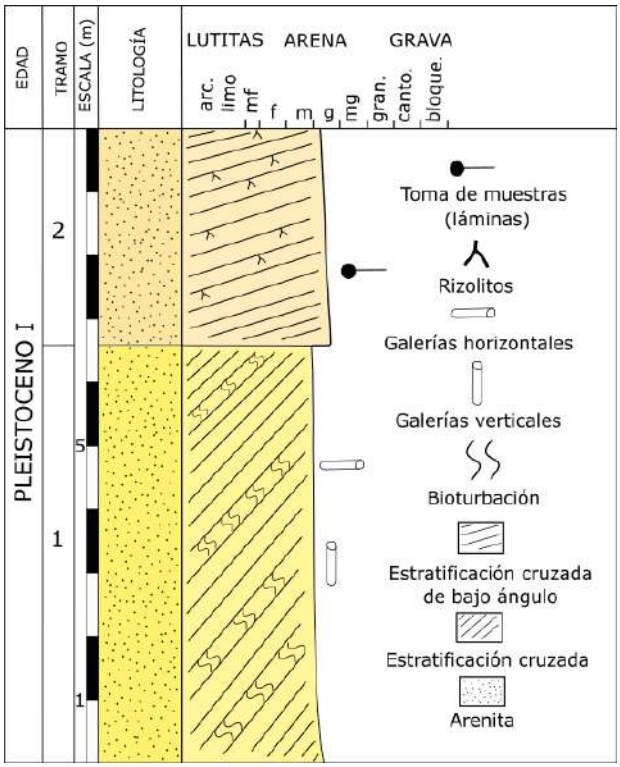


FIGURA 4. Columna estratigráfica de la unidad Pleistoceno I.

Pleistoceno II (Tirreniense)

Se diferencian dos tipos de depósitos:

Areniscas con estratificación cruzada

Se localizan al norte de la zona de estudio y están formadas por varios sets de areniscas con estratificación cruzada en los que se observa una bioturbación intensa de rizolitos.

Calcarenitas bioclásticas

Son unas areniscas de grano grueso anaranjado de unos 3 m de espesor con una gran cantidad de fósiles (fig. 5). En la base, sobre la discordancia que afecta a unidades más antiguas se observa una brecha rojiza. La unidad es bastante heterogénea. Se pueden encontrar de manera desigual coloraciones rojizas, grandes acumulaciones de fósiles y pasadas de brechas rojizas similares a las de la base. Cabe destacar la presencia de grandes bloques de litologías similares a las descritas en el tramo 4 de la unidad Plioceno. El contacto de esta unidad con la costa es de tipo *onlap* (fig. 6).

La característica más remarcable es su amplio y variado contenido paleontológico (fig. 7). Debido a la variación de las características se han diferenciado dos grandes afloramientos de esta unidad:

- Afloramiento norte: La diversidad de fósiles es menor que en el sur. Encontramos de manera dominante uno de los bivalvos (fig. 7A). Las conchas aparecen desarticuladas.
- Afloramiento sur: Podemos encontrar una mayor diversidad de formas, presentando un grado de conservación mejor.

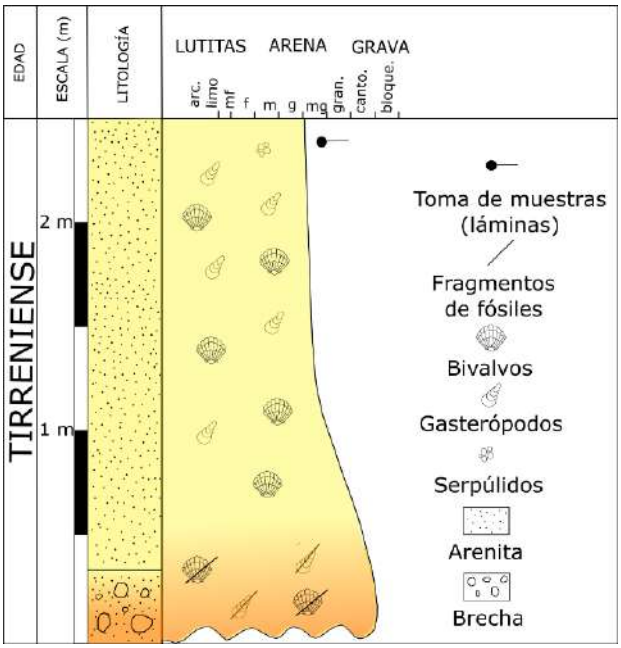


FIGURA 5. Columna estratigráfica del Tirreniense.

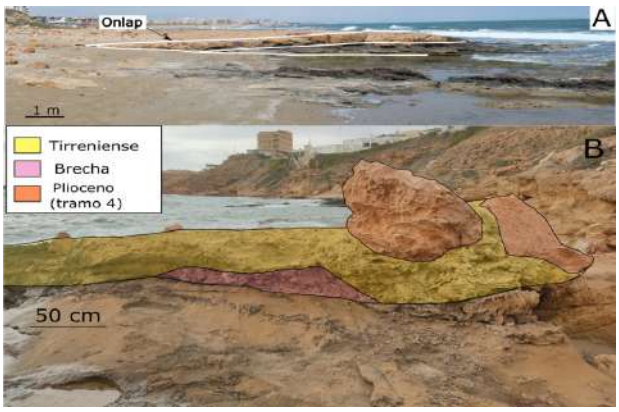


FIGURA 6. A) La geometría de tipo *onlap* de la unidad Tirreniense sobre los materiales infrayacentes marca la discontinuidad existente B) Bloques del tramo 4 del Plioceno incorporados al material del Tirreniense.

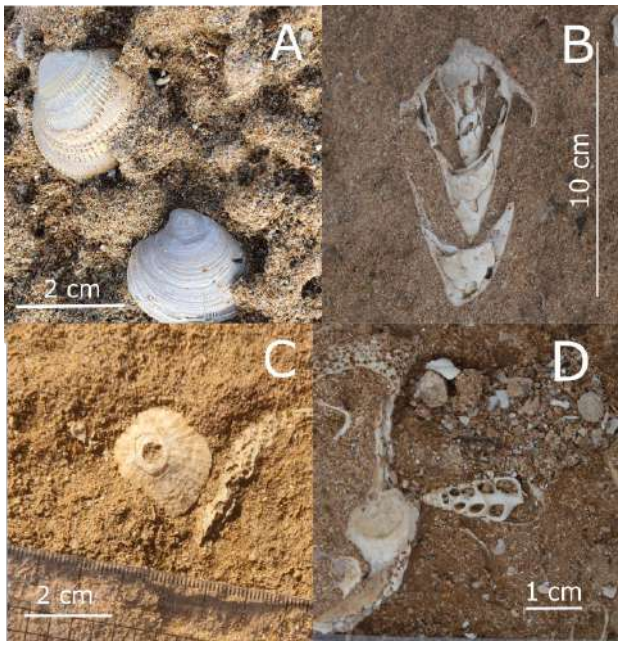


FIGURA 7. Fotografía de detalle de los fósiles presentes en las calcarenitas bioclásticas del Tirreniense. A. Bivalvo charnela taxodonta (presente en ambos afloramientos). B. Gasterópodo de concha bicónica (presente en ambos afloramientos). C. Gasterópodo de concha plateliforme (afloramiento sur). D. Gasterópodos de concha turbinada (presente en ambos afloramientos).

Holoceno

La unidad está representada por coluviones dispuestos sobre superficies erosivas y playas actuales formadas por arenas y cantos. Existen algunos coluviones antrópicos sobre la unidad Pleistoceno I.

Descripción petrográfica

Plioceno

Todos los tramos presentan gran similitud en tipo de componentes y en aspectos texturales. El esqueleto está constituido por extraclastos (cuarzos, rocas metamórficas y algunas ígneas), intraclastos carbonáticos y bioclastos (bivalvos,

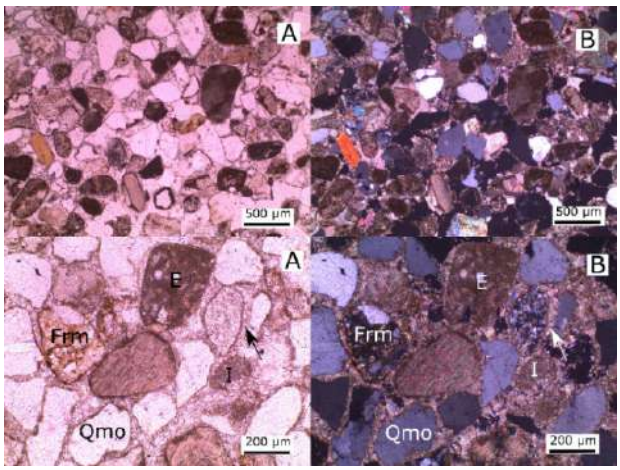


Figura 8. Componentes principales al microscopio óptico del Plioceno. A: Nícoles paralelos. B: Nícoles cruzados. Frm: Fragmento de roca metamórfica. Qmo: Cuarzo monocristalino. E: Fragmento de roca carbonática extracuencal. I: Intraclasto. La flecha señala el cemento en mosaico. Nótese también el cemento circungranular en torno a los clastos.

algas rojas, briozoos y foraminíferos) (fig. 8).Se observan tres tipos de cementos: circungranular, mosaico y cemento en menisco de manera puntual, este último solamente en el tramo 4. El contaje de puntos las clasifica como arenitas híbridas (*sensu* Zuffa, 1980).

Pleistoceno I

Se han estudiado tanto los depósitos con estratificación cruzada como la zona con bioturbación (fig. 9). En ambos casos los componentes del esqueleto son similares, con granos extracuencales (cuarzos, fragmentos de rocas metamórficas y alguna turmalina) e intracuencales (de barro micrítico y algunos bioclastos de foraminíferos,

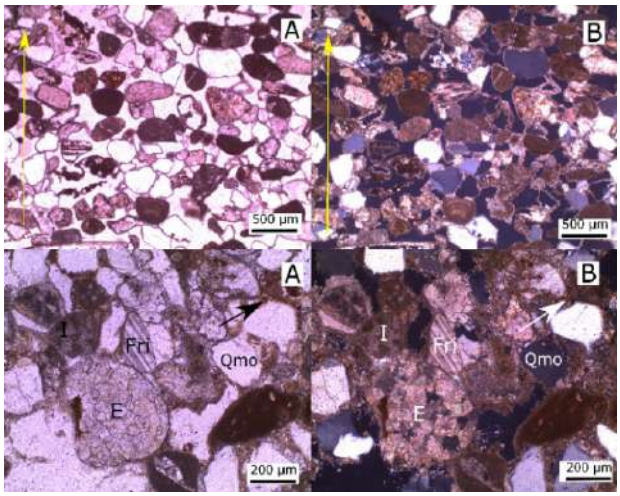


Figura 9. Componentes principales al microscopio óptico de las muestras del Pleistoceno I. A: Nícoles paralelos. B: Nícoles cruzados. Las flechas de la fotografía superior indican el techo de la unidad. Las flechas de la fotografía inferior señalan la matriz de la muestra bioturbada. Qmo: Cuarzo monocristalino. E: Grano carbonático extracuencal. Fri: Fragmento de roca ígnea. I: Intraclasto.

algas y bivalvos). En la muestra con estratificación cruzada se observa una orientación preferencial de los granos alargados. El cemento presente es circungranular y en alguna ocasión se pudo observar un cemento en menisco de manera puntual. El aspecto más importante de la muestra es la presencia de matriz que indica una menor madurez textural. Con el contaje de puntos se puede clasificar como una arenita híbrida *sensu* Zuffa (1980).

Pleistoceno II (Tirreniense)

Se estudiaron los afloramientos (norte y sur) de los depósitos tirrenienses (fig. 10). La descripción de ambos es muy similar.El esqueleto está compuesto principalmente por bioclastos fragmentados (algas rojas, gasterópodos, bivalvos, briozoos, foraminíferos y equinodermos). El cemento es circungranular, de tipo mosaico o fibroso rellenando porosidad móldica. La roca puede clasificarse como una calcarenita (*sensu* Zuffa, 1980), un *grainstone* (*sensu* Dunham, 1962) o una bioesparita (*sensu* Folk, 1958).

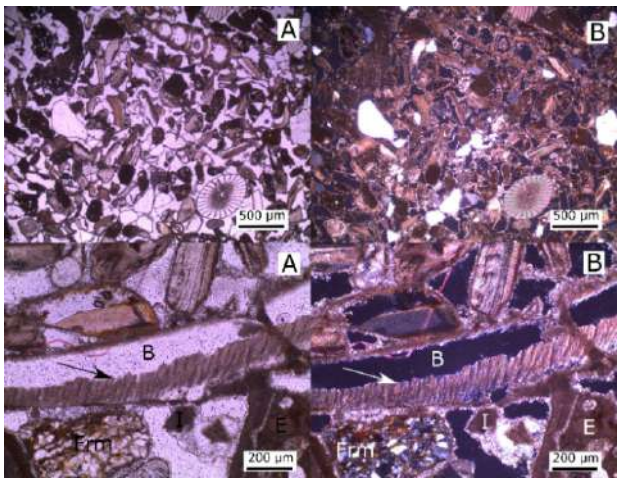


Figura 10. Componentes principales al microscopio óptico del Pleistoceno II. A: Nícoles paralelos B: Nícoles cruzados. B: Cemento fibroso rellenando bioclasto disuelto. Frm: Fragmento de roca metamórfica. I: Intraclasto. E: Extraclasto. La flecha señala el cemento fibroso que podemos encontrar en un bioclasto previamente disuelto.

Geomorfología de Cabo Cervera

Los aspectos geomorfológicos a destacar son las plataformas litorales y los procesos de karstificación litoral. Se pueden observar al menos tres plataformas litorales a diferentes cotas, una sumergida (0 metros sobre el nivel del mar) y dos emergidas (1 y 2 metros sobre el nivel del mar respectivamente), todas distinguibles a lo largo de la costa. La plataforma emergida inferior se

inunda en eventos de tormenta. Sobre estas plataformas litorales se desarrollan otras morfologías asociadas a karst litoral como kamenitzas de diferentes tamaños, lapiaces y erosión alveolar o tafoni (fig. 11). Destaca la presencia de bloques de gran tamaño sobre las plataformas emergidas.

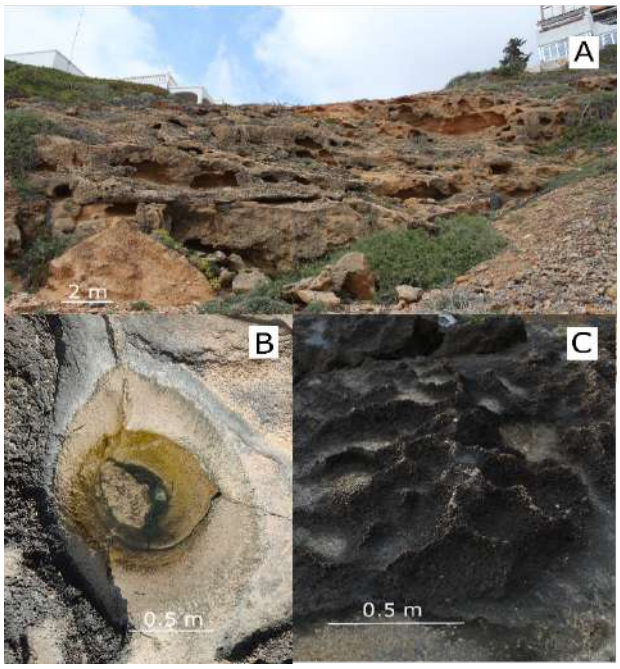


Figura 11. A) Erosión tipo tafoni. B) Kamenitza en la plataforma litoral emergida inferior de la unidad Pleistoceno I. C) Lapiaz costero en la plataforma litoral emergida superior de la unidad Pleistoceno I.

Geología estructural

La deformación frágil del cabo puede observarse en el desarrollo de fracturas en las tres unidades más antiguas: Plioceno, Pleistoceno I y Pleistoceno II (Tirreniense). Para cada unidad se han tomado medidas que se agrupan en tres diagramas de rosa en los que se observa una dirección predominante NNO-SSE (fig. 12). Algunas de estas fracturas se encuentran rellenas por calcita post-sedimentaria y otras por calcarenita bioclástica de la unidad Pleistoceno II (Tirreniense).

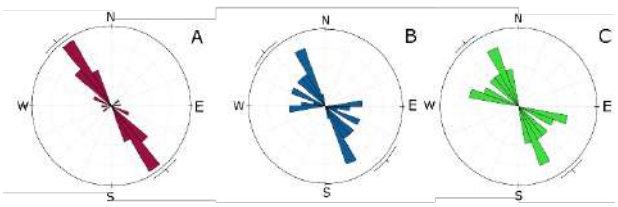


Figura 12. Diagramas de rosa que recogen las medidas de las fracturas de las diferentes unidades: Plioceno (A), Pleistoceno I (B), Pleistoceno II (C). La dirección predominante para todas las unidades es NNO-SSE.

Valoración patrimonial

Tras realizar la valoración patrimonial de Cabo Cervera (tabla 1), se ha obtenido un valor alto en cuanto a interés científico, turístico y didáctico, siendo este último el más elevado. El valor de susceptibilidad degradación (S_D) obtenido es de 1.05, por tanto, la zona de estudio presenta una susceptibilidad de degradación media. En cuanto al riesgo total de degradación (R_D), el valor es de 0.68, dato considerado como riesgo de degradación medio.

Tabla 1. Datos obtenidos mediante la valoración patrimonial de Cabo Cervera.

	Valor (máx. 400)	Valor (máx. 10)	Puntuación
Científico	225	5.625	Alto
Didáctico	260	6.500	Alto
Turístico	250	6.25	Alto

DISCUSIÓN

Los datos recogidos durante el desarrollo del trabajo han permitido interpretar cómo se formaron los depósitos de Cabo Cervera, y cómo fueron la historia de deformación posterior y los procesos litorales que configuran su geomorfología. En este apartado se sintetizan y discuten los resultados principales obtenidos y se analizan los datos de la valoración patrimonial realizada.

Unidades, cronología y clasificación de rocas

Las unidades definidas en este trabajo distan de lo expuesto anteriormente por la bibliografía, principalmente en lo que respecta a las unidades Pleistoceno I, Pleistoceno II (Tirreniense) y Holoceno.En el caso del Plioceno, los datos cartográficos y descriptivos coinciden con la bibliografía, por lo que se ha podido considerar que la unidad descrita en este trabajo como Plioceno puede asemejarse a las características de la Fm. Areniscas de Rojales (Soria *et al.,* 1996). La edad asumida para la unidad Pleistoceno I ha sido Pleistoceno, tal y como Somoza *et al.* (1987) describen en su artículo. En este artículo se hace referencia a diversas características observadas en campo como la presencia de una brecha rojiza, de bloques caídos o el relleno posterior por la siguiente unidad de edad Tirre-

niense (Pleistoceno II). Sin embargo, otros autores (Goy *et al.,* 1993) la consideran parte del Tirreniense, o incluso de un Cuaternario indiferenciado (Martínez *et al*., 1977; Almela *et al*., 1978). En general, los trabajos no incluyen los afloramientos tirrenienses ni tampoco holocenos debido a la mayor escala de estudio.

En cuanto a la clasificación de rocas, los diferentes autores (Montenat, 1973; Martínez *et al*., 1977; Almela *et al*., 1978) se limitan a describirlas como calcarenitas. En este trabajo se ha realizado un análisis petrográfico y un contaje de puntos con el que se ha podido clasificar a las rocas de las unidades Plioceno y Pleistoceno I como arenitas híbridas (*sensu* Zuffa, 1980). La unidad Pleistoceno II (Tirreniense) presenta una proporción de granos intracuencales elevada (+40%) que nos permite su clasificación como calcarenita (*sensu* Zuffa, 1980), *grainstone* (*sensu* Dunham, 1962) o bioesparita (*sensu* Folk, 1958).

Interpretación sedimentaria

La historia de Cabo Cervera comienza con el depósito de materiales del Plioceno. La columna estratigráfica de esta unidad refleja una secuencia costera. El *shoreface* está caracterizado por estratificaciones cruzadas producto de la migración de dunas subacuáticas (Allen, 1982) y mucha bioturbación de galerías verticales sin ramificaciones que podían formar parte del icnogénero *Skolithos* Haldeman, 1840 asociado a la actividad de organismos suspensívoros. Estas se vinculan a sustratos arenosos móviles de alta energía (Stephen, 1974; Selley & Plimer, 2005) que puede concordar con la interpretación de los cuerpos sedimentarios como el resultado de la migración de barras o dunas subacuáticas. La estratificación cruzada de bajo ángulo podría representar el paso al *foreshore* (Allen, 1982). La presencia de caliches, desarrollo de raíces y cemento en menisco observados en el tramo 4 indicarían la somerización de la serie a ambientes diagenéticos vadosos (Tucker, 2001). Estos últimos depósitos probablemente formaron parte del *backshore* de una playa pliocena.

La secuencia de somerización es coherente con la tendencia general de la cuenca del Bajo Segura durante el Plioceno (Soria *et al*., 1996 y Santisteban *et al*., 2004). A pesar de la tendencia general de continentalización, no se descarta la posibilidad de algún episodio que conllevase al descenso del nivel del mar y su posterior subida, produciendo de manera puntual la formación de depósitos continentales próximos a la costa, como la pequeña capa roja a techo del tramo 2 de la unidad Plioceno. Capas similares han sido descritas por Santisteban *et al.* (2004) en sondeos realizados en la Mata, también interpretados como pequeños intervalos de sedimentación continental.

La unidad Pleistoceno I presenta unas morfologías sigmoidales o clinoformas con los *topset* preservados, las cuales son descritas en barras subacuáticas (p.ej. Desjardins *et al*., 2012). Estas morfologías y su contenido icnológico sugieren que no se trata de dunas eólicas, como parte de la bibliografía muestra (p. ej. Goy *et al*., 1993), o por lo menos, no en su totalidad, ya que en el tramo superior sí se han distinguido cuerpos sedimentarios con características más propias de dunas subaéreas. El conjunto de bioturbaciones observadas refleja diferentes paleoambientes con *sets* de estratificación cruzada acompañada por rizolitos, es decir, colonizados por vegetación, y otros con presencia de bioturbación discreta (galerías verticales que atraviesan la estratificación) atribuidas al icnogénero *Skolitos* Haldeman, 1840. También pueden distinguirse otras galerías horizontales cuyas características pueden asemejarse al icnogénero *Bichordites* Plaziart & Mahmoudi, 1988 asociadas al paso de erizos. Esta icnoasociación de *Skolithos* y *Bichordites* refleja el alto valor hidrodinámico presente en el momento de formación, siendo ambos icnogéneros coherentes con dunas acuáticas de relativa movilidad (Nara, 2014; Stephen, 1974; Selley & Plimer, 2005). Así mismo, los cementos circungranulares presentes en la muestra de la parte del tramo con estratificación cruzada son muy comunes durante la diagénesis temprana en la zona freática, mientras que los cementos en menisco localizados en la muestra bioturbada (rizolitos) mostrarían el paso a la zona vadosa (Tucker, 2001). Atendiendo a estos datos, podemos suponer que esta unidad compleja formó parte de una zona de transición en la que se desarrollase la migración de dunas subacuáticas o barras junto al desarrollo de zonas emergidas de poca profundidad o de muy poca profundidad donde se desarrollase vegetación y tuviesen lugar los cementos puntuales de tipo vadoso.

Sobre esta unidad se desarrolla de manera discordante la base del Tirreniense tras una bajada relativa del mar, pudiendo formar parte la brecha descrita, de algunos coluviones producidos durante la regresión. El acoplamiento *onlap* evidencia una transgresión en la que se desarrollan los materiales tirrenienses. La presencia de fósiles aporta un gran valor tafonómico a la unidad. Las acumulaciones de conchas desarticuladas y su colocación nos hace suponer que estos depósitos se pudieron producir en una zona de energía moderada-alta, lo que puede concordar con un depósito de playa (Allen, 1982). Los bloques integrados en esta unidad pueden deberse a antiguos terremotos producidos en la zona debido a la actividad de la falla de Torrevieja que pudieron desprenderse de un paleoacantilado. Los ejemplares fósiles encontrados se pueden asociar con la fauna descrita en depósitos tirrenienses por otros autores (Cuerda Barceló, 1957; Butzer & Cuerda Barceló, 1961). Las formas B y F de la figura 8 pueden pertenecer a ejemplares de *Glycymeris* sp. y *Persististrombus* sp., respectivamente. Estos fósiles también son descritos por Goy *et al.* (1993) quienes realizan una datación a un ejemplar de *Persististrombus* sp. mediante isótopos de uranio-torio que aporta una edad aproximada de unos 100.000 – 115.000 años. Finalmente, en el último periodo regresivo, el nivel del mar se sitúa en la posición actual donde se depositan los materiales holocenos discordantes.

Procesos geomorfológicos

El primer proceso y más remarcable es la formación de la plataforma litoral, donde en primer lugar se formaron las plataformas antiguas emergidas y finalmente la actual. En el caso de las plataformas antiguas, se han podido encontrar evidencias de procesos litorales como un antiguo *notch* y bloques caídos. Además, sobre ellas se ha producido una intensa erosión en un contexto subaéreo que ha dado lugar a la formación de lapiaces, kamenitzas y erosión de tipo alveolar o tafoni, indicando que estas plataformas ya no están actualmente activas como tal (fig. 13).

Estas formas son la evidencia de los diferentes cambios relativos del mar, que pueden relacionarse con cambios eustáticos y/o tectónicos (Somoza *et al.*, 1987). Para determinar si se formaron por ciclos eustáticos, debemos atender a las curvas de nivel del mar (fig. 14). Teniendo en cuenta que las plataformas se desarrollan tras la sedimentación de las playas del Tirreniense, y analizando los datos del nivel del mar a la edad atribuida por Goy *et al.* (1993), 100.000-115.000 años, puede observarse que aunque han habido diferentes cambios, ninguna subida eustática ha supuesto un nivel tan alto, por lo que, estas plataformas no pueden considerarse producto del eustatismo, o al menos no como factor exclusivo. Probablemente, la tectónica activa de la región durante el Cuaternario (Martín-Rojas *et al.*, 2014) haya condicionado la disposición de estos materiales y hayan producido estas plataformas a diferentes cotas.

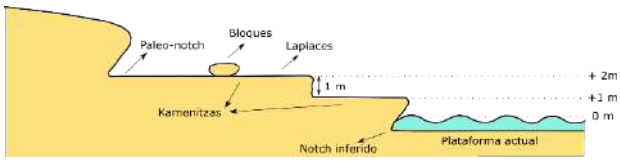


Figura 13. Disposición de las plataformas litorales y otras formas de karstificación litoral.

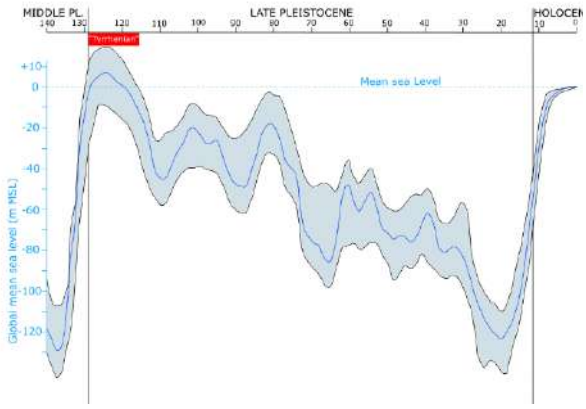


Figura 14. Ciclos eustáticos del Mar Mediterráneo. Tomada y simplificada de Benjamin *et al*. (2017).

Tectónica activa del cabo

La tectónica controla la formación del cabo a través de un pliegue de dirección NNO-SSE que levanta el cabo. Como producto de la deformación se pudieron desarrollar las fracturas medidas a lo largo de las unidades Plioceno, Pleistoceno I y Pleistoceno II (Tirreniense), cuya dirección predominante es NNO-SSE. Esta dirección coincide con la del eje y pueden considerarse fracturas longitudinales asociadas al plegamiento (Ramsay, 1977). Los esfuerzos son coherentes con la deformación regional (zona transpresiva) (Giménez *et al.*, 2009).

Valoración patrimonial

Cabo Cervera se encuentra protegido por la Ley de Costas actual (Ley 22/1988, 28 de Julio, de Costas, posteriormente modificada por la Ley 2/2013, 29 de mayo, de protección y uso sostenible del litoral) que realiza el deslinde sobre la costa. Además, sobre él también recaen otras figuras de protección especial como son el LIC (Lugar propuesto de Importancia Comunitaria) del Espacio marino de Cabo Roig y la ZEPA (Zona de Especial protección para las Aves) del Espacio marino Tabarca-Cabo de Palos (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2021). Aunque estas figuras otorgan protección sobre las aves y el ecosistema marino, no lo hacen sobre los elementos geológicos. Durante las campañas de campo se han observado problemáticas ligadas a la conservación del patrimonio geológico de Cabo Cervera, por ejemplo, infraestructuras construidas sobre parte de las plataformas emergidas o restos de coluviones antrópicos de posibles construcciones cercanas (fig. 15).

Figura 15. A) Escalera construida sobre las plataformas emergidas. B) Coluviones antrópicos presentes sobre los depósitos tirrenienses.

Teniendo en los valores de susceptibilidad de degradación, el riesgo por degradación natural que presenta Cabo Cervera se considera bajo, mientras que el antrópico se considera de valor medio. Esto toma un papel importante a la hora de realizar y aplicar medidas de protección. La principal amenaza natural sobre el cabo es la dinámica litoral, que supone un riesgo intrínseco del lugar y que en realidad, ha formado parte de su historia, modelando y depositando los depósitos que en este trabajo han sido analizados. Por otro lado, las amenazas antrópicas están relacionadas con la cercanía a la población (que en época estival aumenta en gran cantidad), fácil accesibilidad con turismos, construcción de viviendas sobre el cabo, posibilidad de expolio, y carencia de protección en ámbito geológico entre muchas otras. Entre las medidas (a largo plazo) que podrían ayudar en la conservación de la zona, encontramos la instalación de paneles informativos que contribuyan a la concienciación de la población sobre el patrimonio geológico y ambiental que Cabo Cervera representa. En cualquier caso, sería necesaria la revisión de infraestructuras y residuos que perjudican la imagen y valor de la zona.

La declaración de Cabo Cervera como LIG supondría un avance en la conservación del patrimonio geológico español, así como de instrumento de divulgación científica y enriquecimiento cultural para la población.

CONCLUSIONES

Tras el estudio geológico realizado en Cabo Cervera se han identificado, descrito y cartografiado cuatro unidades aloestratigráicas discordantes entre sí: Plioceno, Pleistoceno I, Pleistoceno II (Tirreniense) y Holoceno.

La unidad Plioceno está formada por cuatro tramos que describen una progradación. Las estructuras sedimentarias (estratificación cruzada, estratificación de bajo ángulo), el contenido fósil (bivalvos, algas rojas, briozoos y foraminíferos), los icnofósiles (bioturbación) y las características petrográficas (cemento circungranular) sugieren que los tramos inferiores se habrían formado en ambientes marinos someros tales como el *shoreface* o el *foreshore* de una playa. El tramo superior está caracterizado por la presencia de caliches, rizolitos y un cemento en menisco, más típicos de un ambiente de *backshore.*

La unidad Pleistoceno I está caracterizada por estratificaciones y morfologías sigmoidales, representando la migración de dunas subacuáticas, donde habitarían organismos suspensívoros y se produciría el paso de erizos. Sin embargo, no se descarta la interdigitación con otros ambientes sedimentarios de tipo eólico en esta unidad como indicarían la presencia de rizolitos o los cambios en la estratificación cruzada.

Los materiales tirrenienses han sido interpretados como playas transgresivas en las que se desarrolla la «fauna senegalesa». Finalmente, la unidad Holoceno está formada por coluviones dispersos en la parte central de la zona de estudio. Los sistemas de playas actuales se desarrollan en las bahías de la zona.

Las rocas del cabo pueden clasificarse como arenitas híbridas (*sensu* Zuffa, 1980) a excepción de las atribuidas al Tirreniense, que pueden clasificarse como calcarenitas (*sensu* Zuffa, 1980), *grainstone* (*sensu* Dunham, 1962) o bioesparita (*sensu* Folk, 1958).

La combinación de los procesos tectónicos juntos con los ciclos eustáticos de la zona, definen un paisaje geomorfológico caracterizado por dos plataformas litorales emergidas antiguas (sobre las que se desarrollan otras formas kársticas) y una plataforma litoral actual sumergida.

Los procesos tectónicos son claves en la formación y desarrollo de Cabo Cervera, puesto que produce el levantamiento de los diferentes materiales para dar lugar a la estructura general del cabo conformada por un pliegue suave de dirección NNO-SSE. Las fracturas localizadas en los diferentes materiales, de dirección preferente NNO-SSE corroboran una tectónica activa del cabo.

La valoración patrimonial realizada puntúa en el enclave geológico de Cabo Cervera con unos valores científico, didáctico y turístico alto, siendo apropiada su propuesta como un Lugar de Interés Geológico. La incorporación de la zona al IELIG podría ser clave en la conservación de los elementos geológicos del cabo, así como del aprovechamiento científico, didáctico y turístico que estos suponen.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio está basado en el Trabajo Fin de Grado que fue tutorizado por Davinia Díez-Canseco, quien ha sido notificada de la presentación del mismo a este premio. Quiero agradecer a Juan Carlos Cañaveras, Jaime Cuevas y Alice Giannetti por sus comentarios durante el proceso de defensa y corrección, que junto a los revisores de la revista ayudaron a mejorar el presente trabajo.

REFERENCIAS

Alfaro, P., Delgado, J., Estévez, A., Soria, J. M. & Yébenes, A. (2002). Onshore and offshore compressional tectonics in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). *Marine Geology*, **186**, 337-349 pp.

Allen, J. R. L. (1982). *Sedimentary structures, their character and physical basis. Developments in Sedimentology*. N. Y: Elsevier, 579 pp.

Almela, A., Quintero, I., García Nogueroles, E. & Mansilla, H. (1978). *Mapa Geológico y memoria explicativa de la hoja 914 (Guardamar del Segura).* Mapa geológico de España. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España, 20 pp.

Butzer, K. W., & Cuerda Barceló, J. (1961). Formaciones cuaternarias del litoral este de Mallorca (Canyamel – Porto Cristo). *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, **Tomo VII**, Fase 1-2-3-4.

Corbí, H. (2017). El registro sedimentario de la Cuenca del Bajo Segura (SE España) a través del análisis de correspondencia: implicaciones paleoambientales. Estudios Geológicos**, 73** (2).

Cuerda Barceló, J. (1957). Fauna marina del Tirreniense de la bahía de Palma (Mallorca). *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, **Tomo III**, Fase 1-2-3.

Desjardins, P. R., Buatois, L. A., Pratt, B. R. & Mangano, M. G. (2012). Sedimentological-ichnological model for tide-dominated shelf sandbodies: Lower Cambrian Gog Group of western Canada. *Sedimentology,* **59**, 1452-1477 pp.

Dunham, R. J. (1962). Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture. In W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate Rocks* (pp. 108-121). Tulsa, EE. UU.: American Association of Petroleum Geologist (AAPG) Memoir 1.

Folk, R.L. (1962). Spectral subdivision of limestone types. In W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate Rocks* (pp. 62-84). Tulsa, EE. UU.: AAPG Mem. 1.

García-Cortés, A., Caravilla, L., Díaz-Martínez, E. & Vegas, J. (2018). Documento metodológico para la elaboración del inventario español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). IGME, 17-24 pp.

Giménez, J., Borque, M. J., Gil, A. J., Alfaro, P., Estévez, A. & Suriñach, E. (2009). Comparison of long-term and short-term uplift rates along an active blind reverse fault zone (Bajo Segura, SE Spain). *Studia Geophysica Geoaetica,* **53**: 81-98 pp.

Goy, J. L., Zazo, C., Bardaji, T., Somoza, L., Causse, C. & Hillaire-Marcel, C. (1993). Eléments d'une chronostratigraphie du Tyrrhénien des régions d'Alicante-Murcie, Sud-Est de l'Espagne. *Geodinámica Acta*, **6** (2), 103-119 pp.

Goy, J. L., Zazo, C., Somoza, L. & Dabrio, C. J. (1990). Evolución paleogeográfica de la depresión de Elche-Cuenca del Bajo Segura (España) durante el Pleistoceno. *Estudios geológicos*, **46**: 237-244 pp.

Haldeman, S. S. (1840) *Supplement to Number One of "A Monograph of the Limniades, or Freshwater Univalve Shells of North America", Descriptions of Apparently New Animals in Different Classes, and the Names and Characters of the Subgenera in* Paludina *and* Anculosa. Dobson, J., Ed., Philadelphia, EE. UU. 3 pp.

Ley 22/1988, de 28 de julio, de Costas. Boletín Oficial del Estado, núm. 181, de 29 de julio de 1988.

Martínez, E., Núñez, A. & Colodrón, I. (1977). *Mapa Geológico de España. 1:50.000. Hoja 935 (Torrevieja).* Ministerio de Industria, Madrid, 19 pp.

Martín-Rojas, I., Alfaro, P. & Estévez, A. (2014). Evolución tectónica del borde norte de la cuenca del Bajo Segura. Implicaciones en la evolución de la falla de Crevillente (sector Abanilla-Alicante). *Cuaternario y Geomorfología*, **28**(3-4), 85-94 pp.

Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (2021). Recuperado el 20 de mayo de 2021. https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/actuaciones-proteccion-costa/alicante/actuaciones-alicante.aspx

Montenat, C. (1990). Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne). Tectonique et sédimentation dans un couloir de décrochement. Premiere partie: etude régionale. *Documents et travaux de l'Institut géologique Albert de Lapparent.* 12-13, 392 pp.

Montenat, C. (1973). Les formations néogènes et quaternaries du Levant espagnol. *Tesis doctoral.* Universitè Paris-Sud, Francia, 1170 pp.

Nara, M. (2014). The Bichordites ichnofabric in the Pleistocene ocean current-generated sand ridge complex. *Spanish Journal of Paleontology,* **29** (2), 191-202 pp.

Plaziat, J.-C and Mahmoudi, M. (1988). Trace fossils attributed to burrowing echinoids: a revision including new ichnogenus and ichnospecies. *Geobios,* **21**: 209-233 pp.

Ramsay, J. (1977). *Plegamiento y fracturación de las rocas* (1a ed.). Madrid: Hermann Blume, 568 pp.

Santisteban, J. I., Mediavilla, R., Martínez, P., Castaño, S., Martínez, P., Murillo, J.M., López, J. A. & Rodríguez, L. (2004). Nuevos datos sobre la estratigrafía del subsuelo del acuífero de Torrevieja (Alicante): Implicaciones en el modelo conceptual del funcionamiento. In A. Fernández Uria (Ed.) *VIII Simposio de Hidrogeología* (pp. 215-223). Zaragoza, España: Hidrogeología y Recursos Hidráhulicos XXVII.

Selley, R. C., Cocks, L. R. M. & Plimer, I. R. (Eds.) (2005). *Encyclopedia of Geology*. Amsterdam: Academic Press, 3297 pp.

Somoza, L., Bardaji, T., Dabrio, C. J., Goy, J. L. & Zazo, C. (1987). Análisis de secuencias de islas barrera pleistocenas en relación con variaciones del nivel del mar, laguna de La Mata (Alicante). *Acta Geològica Hispànica*, **21-22**, 151-157 pp.

Soria, J. M., Alfaro, P., Ruiz Bustos, A. & Serrano, F. (1996). Organización estratigráfica y bioestratigráfica del Plioceno en el borde sur de la Cuenca del Bajo Segura (Sector de Rojales, Alicante), Cordillera Bética Oriental. *Estudios Geológicos,* **52**, 137-145 pp.

Stephen, P. A. (1974). Systematic review of the genus *Skolithos*. *Journal of Paleontology*, **48**(4), 661-669 pp.

Tucker, M. (2001). *Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks* (3rd ed.). Oxford, Reino Unido: Blackwell Science, 272 pp.

VV. AA. (2004). Capítulo 4: Cordilleras Bética y Balear. In J. A. Vera (Ed), *Geología de España* (pp. 531-586). Madrid: SGE-IGME.

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 pp.

Zuffa G. G. (1980). Hybrid arenites: their composition and classification. *Journal Sedimentary Petrology*, **50**, 21-29 pp.

Este artículo está basado en un Trabajo de Fin de Grado, realizado en el Grado en Geología de la Universidad de Alicante, que fue tutorizado por Davinia Díez Canseco, quien ha sido notificada de la presentación del mismo a este premio.

La autora es dueña, se hace responsable y exíme de toda responsabilidad a la revista Cidaris*, editores y maquetadores, del contenido del artículo; así como cualquier problema de autoría o derechos de autor y otros posibles conflictos que pudiese ocasionar la publicación de este trabajo.*

ESTROMATOLITOS GIGANTES AL SUR DE LA CIUDAD DE ALICANTE. DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN PALEOAMBIENTAL

Giant stromatolites in southern Alicante city. Paleoenvironmental description and interpretation

Patricio Guillermo Villafañe[1, 2.]; Carlos Cónsole Gonella[1†]; Jesús Miguel Soria[3]; Hugo Corbí[3]

[1]*Instituto Superior de Correlación Geológica (INSUGEO, CONICET), Av. Presidente Perón, s/n - 4107 Yerba Buena, Tucumán, Argentina - Correo electrónico: pgvillafan@gmail.com*
[2]*Universitat de Valencia, Departamento de Geología y Botánica, Cam. del Cementerio, 20 - 46100 Burjassot, Valencia, España.*
[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*
Correo electrónico: hugo.corbi@ua.es; jesus.soria@ua.es

RESUMEN

La secuencia CAM integra un afloramiento de estromatolitos messiniense perteneciente a la unidad denominada Complejo Carbonatado Terminal, en la cuenca del Bajo Segura (Sierra del Colmenar, SE de España). Aquí se presenta un análisis detallado de estas estructuras organo-sedimentarias con la finalidad de reconstruir las condiciones ambientales durante su crecimiento. La macroestructura de los estromatolitos estudiados consiste en la alternancia de formas dómicas e interdómicas, logrando una notoria continuidad lateral. Estas estructuras se habrían desarrollado cerca de la línea de costa y actuaron como barrera paleogeográfica, reduciendo el estrés físico, canalizando el efecto erosivo del agua y favoreciendo condiciones restringidas. La morfología interna del nivel estromatolítico de la secuencia CAM se compone de siete subfacies, producto de cambios ambientales durante el crecimiento geomicrobial. A grandes rasgos se interpreta un ambiente costero, restringido y poco profundo durante la formación del estromatolito. Sin embargo, las variaciones en su morfología interna (mesoestructura y microestructura) sugieren fluctuaciones menores en la batimetría y energía hidrodinámica del ambiente, finalizando con una progresiva somerización.

Palabras clave: *Estromatolitos, Crisis de Salinidad del Mediterráneo, cuenca del Bajo Segura, Complejo Carbonatado Terminal.*

ABSTRACT

The CAM sequence integrates an outcrop of Messinian stromatolites belonging to the Terminal Carbonate Complex in the Bajo Segura basin (Sierra del Colmenar, SE Spain). Here we present a detailed analysis of these organo-sedimentary structures in order to reconstruct the environmental conditions during their growth. The macrostructure of the studied stromatolites consists of alternating domic and interdomic forms, achieving a remarkable lateral continuity. These structures would have developed close to the coastline and acted as a palaeogeographical barrier, reducing physical stress, channelling the erosive effect of water and favouring restricted conditions. The internal morphology of the stromatolitic level of the CAM sequence is composed of seven sub-facies, product of environmental changes during the geomicrobial growth. A coastal, restricted and shallow environment is broadly interpreted during the formation of the stromatolite. However, variations in their internal morphology (mesostructure and microstructure) suggest minor fluctuations in the bathymetry and hydrodynamic energy of the environment, ending with a progressive shallowing.

Key words: *Stromatolites, Messinian Salinity Crisis, Bajo Segura basin, Terminal Carbonate Complex.*

INTRODUCCIÓN

La Crisis de Salinidad del Messiniense es un acontecimiento mayor en la evolución del mar Mediterráneo, caracterizada por la precipitación de evaporitas tanto en sus llanuras abisales como en las cuencas marginales. Este evento se inició hace 5.9 millones de años (Messiniense) debido al progresivo cierre de las vías marinas (pasillos Bético y Rifeño) que lo comunicaban con el Atlántico, produciendo una caída en el nivel del mar de más de 1.500 metros. La desecación generó la alternancia de grandes cuerpos evaporíticos con bancos de margas, areniscas y calizas, y posibilitó el intercambio faunístico entre África y la Península Ibérica (Soria *et al.*, 2008).

En las cuencas mediterráneas marginales, la Crisis de Salinidad del Messiniense generó ambientes marinos poco profundos, restringidos y en progresiva somerización, con aguas salinas-carbonatadas y perdidas de la biodiversidad (Corbí, 2010; Corbí *et al.*, 2020). Estas condiciones ambientales resultaron favorables para el desarrollo de microbialitos en una gran cantidad de localidades (Suarez-Gonzalez *et al.*, 2019).

Los microbialitos son estructuras organo-sedimentarias formadas por la interacción entre comunidades microbianas bentónicas y detríticas y/o sedimentos químicos presentes en ambientes marinos, costeros o lacustres (Riding *et al.*, 2011). Si un microbialito presenta una estructura interna laminada y crece adherido al sustrato es denominado "estromatolito" (Burne & Moore, 1987).

El registro messiniense de la cuenca del Bajo Segura (Mediterráneo occidental) exhibe numerosos yacimientos microbialíticos, pertenecientes al Complejo Carbonatado Terminal (Messiniense, Mioceno Superior), justo por debajo de la discordancia fini-Messiniense (e-M) (vease Feldmann & McKenzie, 1997; Soria *et al.*, 2008; Corbí, 2010; Corbí *et al.*, 2016)

En la secuencia CAM (Sierra del Colmenar, Alicante), sector Norte de esta cuenca (Corbí, 2010), se ha reportado la presencia de importantes domos estromatolíticos. El objetivo de este trabajo es comprender la relación entre estas estructuras y su ambiente sedimentario, con la finalidad de reconstruir las condiciones paleoambientales previas a la desecación del Mediterráneo.

MARCO GEOLÓGICO

La cuenca del Bajo Segura (CBS), ubicada en el extremo oriental de la Cordillera Bética, posee una superficie de 3.000 km^2 (Corbí, 2010). Los sectores Norte y Sur de esta cuenca se diferencian claramente desde el punto de vista tectónico, separados entre sí por el valle fluvial del rio Segura.

Esta cuenca presenta uno de los registros más completos del Mioceno (M) y Plioceno (P) del margen mediterráneo, mostrando diferentes facies sedimentarias asociadas a la Crisis de Salinidad del Messiniense (ej.: Soria *et al.*, 2008, 2014; García-García *et al.*, 2011; Corbí & Soria, 2016; Corbí *et al.*, 2016). En el sector Norte, donde se centra nuestro estudio, las unidades aloestratigráficas del Messiniense y Plioceno presentan asociaciones de facies típicas de medios marinos someros y continentales (fig. 1A). Mientras que en el sector Sur las unidades aloestratigráficas del Messiniense y Plioceno presentan asociaciones de facies que se corresponden con ambientes marinos profundos (Viseras *et al.*, 2004).

En el registro estratigráfico neógeno de la cuenca del Bajo Segura, las unidades se separan en Sintemas. Un sintema se define como un cuerpo rocoso limitados por arriba y por abajo por discontinuidades significativas, concretamente definidas en una sucesión estratigráfica, a poder ser de extensión regional o interregional (Corbí, 2010).

Estratigráficamente, los estromatolitos analizados en este trabajo están incluidos en el Sintema Messiniense II (MII), de edad Tortoniense-Messiniense, y limitados en la parte superior por la discordancia fini-Messiniense (Soria *et al.*, 2008) (fig. 1). En el sector Norte de la cuenca, el Sintema MII se compone por cinco sistemas de depósito, siendo el Sintema MIIe el estudiado en este trabajo. Este sistema de depósito fue previamente denominado Complejo Carbonatado Terminal, y se encuentra caracterizado por margas calcáreas, calcarenitas oolíticas y calizas estromatolíticas (Calvet *et al.*, 1996).

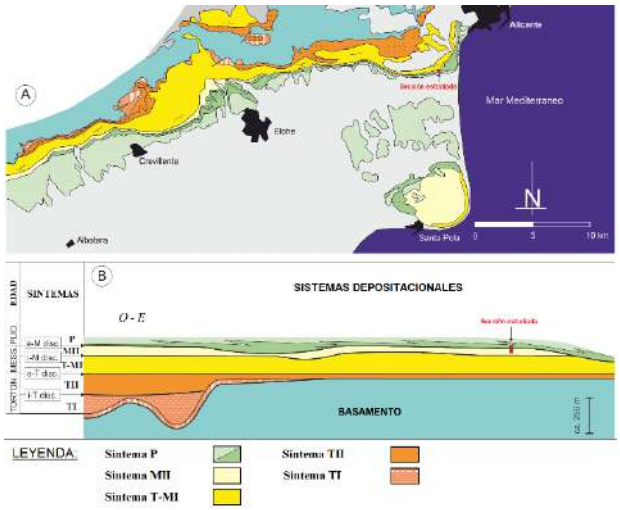


Figura 1. (A) Mapa geológico de la cuenca del Bajo Segura con localización de la sección estudiada. (B) Arquitectura estratigráfica sintética del sector norte de la cuenca del Bajo Segura, con localización de la sección estudiada. Se representan los Sintemas que componen el registro estratigráfico en el sector Norte de la cuenca (TI, TII, T-MI, MII y P), separados por sus respectivas discontinuidades (i-T, e-T, i-M y e-M). Modificado de Corbí (2010).

METODOLOGÍA

La secuencia CAM se encuentra a pocos kilómetros de la ciudad de Alicante (Alicante, España) (38º18,203 N; 0°32,018 O). En esta secuencia se levantó un perfil estratigráfico, destacando las facies estromatolíticas y realizando un muestreo sistemático de las mismas. A esto se le sumó un análisis estratigráfico y sedimentológico de la secuencia identificando la discontinuidad fini-Messiniense. Las muestras obtenidas fueron procesadas para la obtención de secciones pulidas y cortes delgados en el Laboratorio de Petrología de la Universidad de Alicante (España).

El estudio de los estromatolitos se realizó siguiendo el enfoque tradicional de múltiples escalas, centrado en la caracterización separada de: i) megaestructura (es decir, características a gran escala del yacimiento microbialítico); ii) macroestructura (es decir, forma bruta de los cuerpos microbialíticos con dimensiones de decenas de centímetros a metros); iii) mesoestructura (es decir, texturas internas de elementos macroestructurales visibles a simple vista), y iv) microestructura (es decir, fabricas microscópicas observadas bajo análisis petrográfico).

La megaestructura y macroestructura se analizó en base a datos de campo, teniendo en cuenta dimensiones, distribución espacial, apariencia externa general, color, tipos de contactos, espesores, etc. La mesoestructura se estudió en base a la preparación de secciones pulidas, buscando definir parámetros como estructuras internas, tipos de laminación, variaciones geométricas, rasgos texturales, presencia de material clástico, etc. Mientras que para el estudio de la microestructura se utilizaron cortes delgados con la finalidad de definir parámetros como: tipos de laminación, apilamiento, continuidad lateral y vertical de la laminación, dinámica de crecimiento, microtexturas, estructuras erosivas, hiatos, porosidad, etc.

La primera valoración patrimonial de este afloramiento fue realizada en el marco del proyecto de documentación del patrimonio geológico del término municipal de Alicante, información técnica que sirvió para el desarrollo del Catálogo Municipal (Sánchez-Ferris & Fierro Bandera, 2009). En el trabajo que aquí presentamos se ha estimado el valor científico del afloramiento mediante la cuantificación de los parámetros indicados por el Modelo FOPALI (Sánchez-Ferris *et al*., 2019), aspecto que actualiza el conocimiento patrimonial del lugar.

RESULTADOS

Morfología externa (megaestructura y macroestructura)

La secuencia CAM comprende niveles pertenecientes a los Sintemas MII y P (Soria *et al.*, 2008), los cuales van desde un posible Tortoniense terminal hasta el Plioceno Inferior. Esta secuencia incluye a los estromatolitos del Complejo Carbonatado Terminal y la discontinuidad fini-Messiniense (Calvet *et al.*, 1996). Litológicamente se compone por una alternancia de estratos tabulares de margas calcáreas, calcarenitas y calizas (fig. 2), los cuales inclinan 15º al SE.

Los estromatolitos se desarrollaron sobre un sustrato sinuoso de composición calcárea (*mudstone-wackestone*) con bioclastos y bioturbaciones. Son cubiertos por calcarenita de grano medio y textura masiva (fig. 2). No todos los domos están completos, ya que algunos fueron erosionados con la caída del nivel del nivel, proceso que dio lugar a la discontinuidad fini-Messiniense (fig. 3; página siguiente).

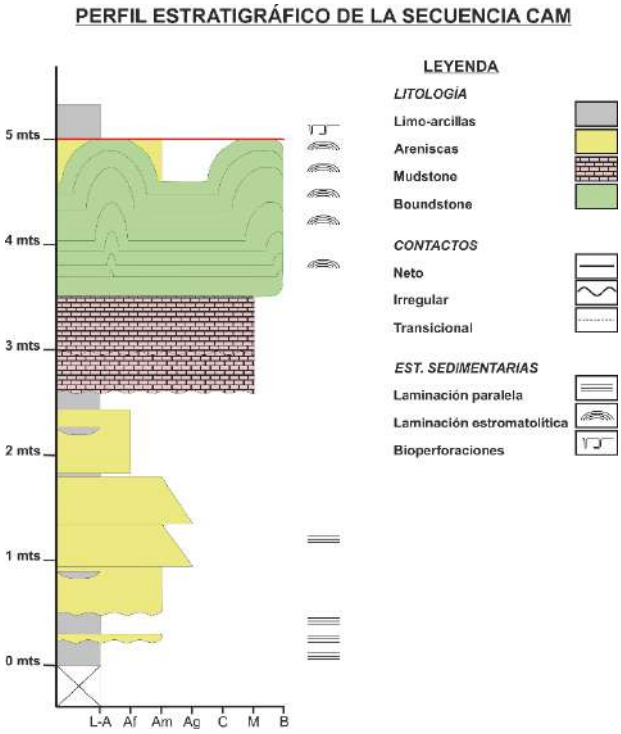


Figura 2. Columna estratigráfica de la secuencia CAM. Se destaca el nivel estromatolítico y la discontinuidad fini-Messiniense (línea roja). L-M: Limo-arcilla, Af: Areniscas grano fino, Am: Areniscas grano medio, Ag: Areniscas grano grueso; C: Conglomerados; M: Mudstone; B: Boundstone.

Por su continuidad lateral, el nivel estromatolítico es considerado un biostromo. El mismo se compone de formas dómicas, ligadas lateralmente entre sí por estructuras que se extienden de manrera semiparalela al sustrato, denominadas "interdómicas". Los domos llegan a alcanzar alturas de hasta 2,00 m y radios hasta 1,50 m. Mientras que las estructuras interdómicas pueden alcanzan potencias de hasta 1,00 m y extensiones de hasta 4,00 m. (fig. 3; página siguiente).

El nivel estromatolítico no presenta una megaestructura homogénea. Se observan algunos sectores donde hay una mayor densidad de domos, evidenciando un contacto directo entre ellos. Mientras que, en otras áreas, el

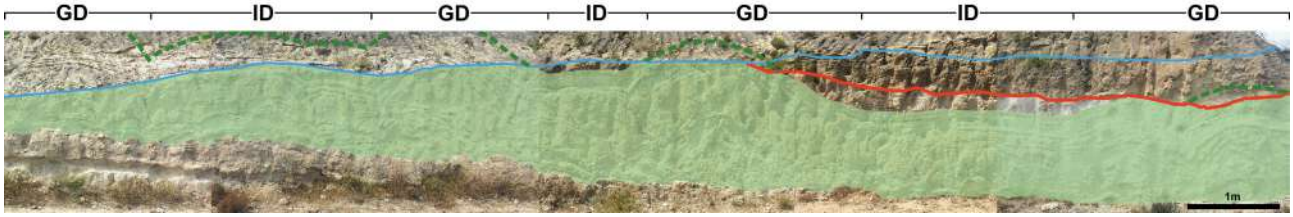


Figura 3. Fotografía panorámica del afloramiento, en la cual se muestra la variación lateral en la morfología y la arquitectura de los estromatolitos (filtro verde). Se marcan zonas de domo (GD), zonas de interdomo (ID), la discontinuidad fini-Messiniense (línea roja) y el límite del talud (línea celeste).

espaciamiento entre domo es mayor, ligados entre sí por las estructuras interdómicas. Exhiben una morfología externa tipo "coloforme" (vease Jahnert & Collins, 2012; Cooper *et al.*, 2013; Perissinotto *et al.*, 2014; Suosaari *et al.*, 2016), compuesta por lóbulos agrupados (con diámetros de 1 a 4 cm), producto de las terminaciones de estructuras internas.

Morfología interna (mesoestructura y microestructura)

La morfología interna del nivel estromatolítico se compone de siete subfacies, caracterizadas por variaciones estructurales/texturales (fig. 4A). Estas subfacies muestran continuidad lateral, tanto en las zonas de domos como interdomos, construyendo una estructura interna del tipo LLH (hemiesferoides ligados lateralmente) (*sensu* Logan *et al.*, 1964).

Subfacie 1:

Subfacie basal, desarrollada sobre el sustrato calcáreo. Posee un espesor de 0,15 m en la zona de interdomos, y hasta 0,60 m en la zona de domos (fig. 4B). La base de esta subfacie se compone de clastos calcáreos (de hasta 5 µm de diámetro), sumergidos en una matriz micrítica.

En la zona de interdomos, la microestructura de la subfacie 1 presenta micrita con textura masiva, mientras que la porosidad puede abarcar un 50 % de la superficie del corte, presentando poros irregulares (*sensu* Choquette & Pray, 1970), con diámetros de 50 µm a 400 µm.

En la parte superior de las zonas de domos puede observarse el inicio de la laminación simple alternada (*sensu* Monty, 1976) (fig. 4C). La misma se caracteriza por láminas micríticas densas (muy empaquetadas) y oscuras, alternando con láminas micríticas claras y con intraclastos micríticos dispersos. Las láminas son de 200 a 500 µm de espesor, continuas y ligeramente sinuosas, y con límites difusos. La porosidad en este sector es solo del 5 %, con poros de tipo *vug* y "fenestrales" (*sensu* Choquette & Pray, 1970).

Subfacie 2:

Presenta un espesor de 10 a 15 cm, y se caracteriza por una mesoestructura del tipo LLH-S (Logan *et al.*, 1964) (fig. 4D). Tanto en la zona de domos como de interdomos su microestructura presenta alternancia simple (*sensu* Monty, 1976) de láminas micríticas oscuras y densas, con láminas micríticas claras y con clastos dispersos (intraclastos micríticos y algunos bioclastos) (fig. 4E). Las láminas alcanzan espesores de hasta 100 µm, son lateralmente continuas, ligeramente onduladas y con bordes difusos (*sensu* Sarjeant, 1975).

Los intraclastos se componen de sedimento micrítico litificado (100 a 400 µm de diámetro). Mientras que los bioclastos (hasta 200 µm) se asocian con posibles foraminíferos. Por otro lado, la porosidad va de un 35 % (zona de domos) a un 10 % (zona de interdomos). Incluye poros del tipo *vug*, "cavernas" y fenestrales (selectivos de tejidos) (*sensu* Choquette & Pray, 1970), con diámetros de hasta 300 µm.

Subfacie 3:

Esta subfacie se caracteriza por la ausencia de laminación y un espesor prácticamente constante, variable entre 0,15 y 0,25 cm (fig. 4F). Su textura puede clasificarse como *sparse* a *packed* intramicrita (*sensu* Kendall & Flood, 2011).

Se describen intraclastos micríticos (de hasta 300 µm de diámetro), dispersos en la matriz o agrupados en bolsones de hasta 600 µm de ancho. También destaca la presencia de ooides (de hasta 300 µm de diámetro) sub-redondeados, concéntricos y con núcleos micríticos (fig. 4G). La porosidad no supera el 10 %, presentándose de tipo *vug* y cavernas (*sensu* Choquette & Pray, 1970), con diámetros de hasta 300 µm.

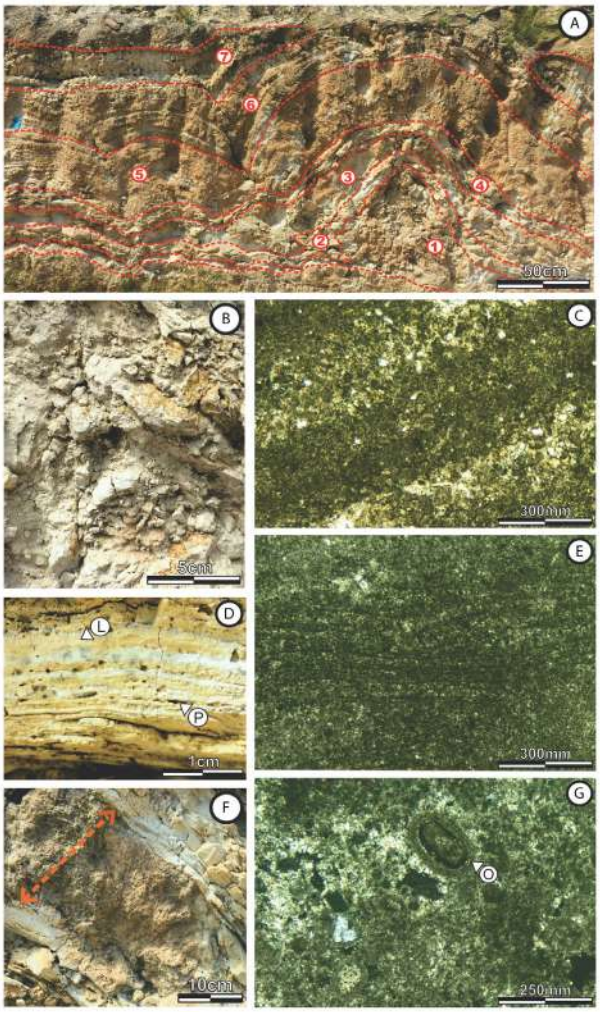


FIGURA 4. A) Nivel estromatolítico con morfología dómica en el cual se indican las siete subfacies reconocidas. B) Mesoestructura de la subfacie 1. C) Alternancia de láminas en la microestructura de la subfacie 1, zona de domos. D) Mesoestructura de la subfacie 2, se observa laminación (L) y porosidad (P). E) Alternancia de láminas en la microestructura de la subfacie 2. F) Mesoestructura de la subfacie 2. G) Ooide (O) sumergido en la matriz intramicrítica de la subfacie 3.

Subfacie 4:

Presenta un espesor de 10 a 20 cm y se caracteriza por una mesoestructura del tipo LLH-S (LOGAN *et al.*, 1964) (fig. 5A). Microestructuralmente, tanto en la zona de domos como interdomos, se compone por la alternancia simple (*sensu* MONTY, 1976) de láminas micríticas oscuras y densas con láminas micríticas claras (fig. 5B). Las láminas presentan espesores de hasta 200 µm, son lateralmente continuas, ligeramente onduladas y con bordes difusos (*sensu* SARJEANT, 1975).

Pueden destacarse intraclastos micríticos y bioclastos de hasta 200 µm. Mientras que la porosidad va de un 4 % (zonas de domos) a un 2 % (zonas de interdomos), incluyendo poros del tipo *vug*, *cavernas* y *fenestrales* (*sensu* CHOQUETTE & PRAY, 1970), con diámetros de hasta 100 µm.

Subfacie 5:

Esta subfacie posee un espesor de 0,8 m en la zona de interdomos y hasta 1 m en la zona de domos. Se caracteriza por una mesoestructura del tipo LLH-C (*sensu* LOGAN *et al.*, 1964) (fig. 5C).

Su microestructura, tanto en la zona de domos como interdomos, se compone por la alternancia simple (*sensu* MONTY, 1976) de láminas micríticas oscuras y densas con láminas micríticas claras (fig. 5D). Las láminas presentan espesores de 100 a 300 µm, son lateralmente continuas, ligeramente onduladas y con bordes difusos (*sensu* SARJEANT, 1975).

La porosidad de esta subfacie va de un 15 % (zonas de domos) a un 20 % (zonas de interdomos). Incluye poros del tipo *vug*, "moldes" y fenestrales (*sensu* CHOQUETTE & PRAY, 1970), con diámetros de hasta 500 µm.

Subfacie 6:

Presenta un espesor de 25 a 30 cm y se caracteriza por una mesoestructura del tipo SH-C (LOGAN *et al.,* 1964) compuesta por columnas de hasta 3,5 cm de alto y 0,5 cm de ancho (fig. 5E). Las columnas poseen radio basal constante sin bifurcaciones a lo largo de su desarrollo vertical. En algunos casos el crecimiento vertical es interrumpido por sectores con areniscas calcáreas.

Las columnas se encuentran separadas por cavidades de 0,1 a 0,2 cm. Estas son rellenas por areniscas calcáreas con textura masiva y, en algunos sectores, pueden observarse láminas intentando unir dos espacios columnares adyacentes.

Su microestructura, tanto en la zona de domos como interdomos, se compone de una alternancia simple (*sensu* MONTY, 1976) de láminas micríticas oscuras y densas con láminas micríticas claras (fig. 5F). Las láminas presentan espesores de 200 a 300 µm, lateralmente interrumpidas, ligeramente onduladas y con bordes difusos (*sensu* SARJEANT, 1975).

La porosidad de esta subfacie va de un 20 % (zonas de domo) a un 25 % (zonas de interdomos). Incluye poros del tipo *vug*, moldes y fenestrales (*sensu* CHOQUETTE & PRAY, 1970), con diámetros de hasta 400 µm.

Subfacie 7:

Esta subfacie posee un espesor de 15 a 20 cm y se caracteriza por una mesoestructura del tipo SH-V (LOGAN *et al.*, 1964), compuesta por estructuras columnares de hasta 4 cm de alto y

1,5 cm de ancho (fig. 5G). En el afloramiento estudiado, parte de la *zona de* domos de esta subfacies se encuentra erosionada por la discontinuidad fini-Messiniense.

Las columnas presentan radio basal variado (el cual aumenta hacia el techo) sin bifurcaciones, separadas entre sí por cavidades de 0,1 cm rellenas por areniscas calcáreas con textura masiva. En algunos casos, se observan también interrupciones del crecimiento vertical con sectores de areniscas calcáreas.

Su microestructura, tanto en la zona de domos como interdomos, se compone de una alternancia simple (*sensu* Monty, 1976) de láminas micríticas oscuras y densas con láminas micríticas claras (fig. 5H). Las láminas presentan espesores de 100 µm a 200 µm, lateralmente interrumpidas, ligeramente onduladas y con bordes difusos (*sensu* Sarjeant, 1975).

La porosidad llega a un 10 %. Se observan poros del tipo *vug*, moldes y fenestrales (*sensu* Choquette & Pray, 1970), con diámetros de hasta 500 µm.

DISCUSIÓN

Principales factores en el crecimiento estromatolítico

El crecimiento estromatolítico es el resultado de la interacción entre factores intrínsecos (microorganismos productores) y extrínsecos (parámetros ambientales) del medio en el cual estas estructuras se desarrollan (Dupraz *et al.*, 2006; Mercedes-Martin *et al.*, 2014). En base a esto podemos reconstruir condiciones ambientales durante su formación, en momentos previos a la Crisis de Salinidad del Messiniense.

El aporte sedimentario y la precipitación carbonática son los responsables de proporcionar el material para el crecimiento estromatolítico (Grotzinger & Knoll, 1999). En líneas generales, el bajo contenido en granos en los estromatolitos de la secuencia CAM y la abundante micrita, indican un ambiente con predominio de la precipitación carbonática sobre el aporte sedimentario. Esto permite indicar que el principal mecanismo de crecimiento para estas estructuras es la precipitación mineral *in situ* biológicamente inducida (Reid *et al.*, 2000, 2003; Suárez-González *et al.*, 2014).

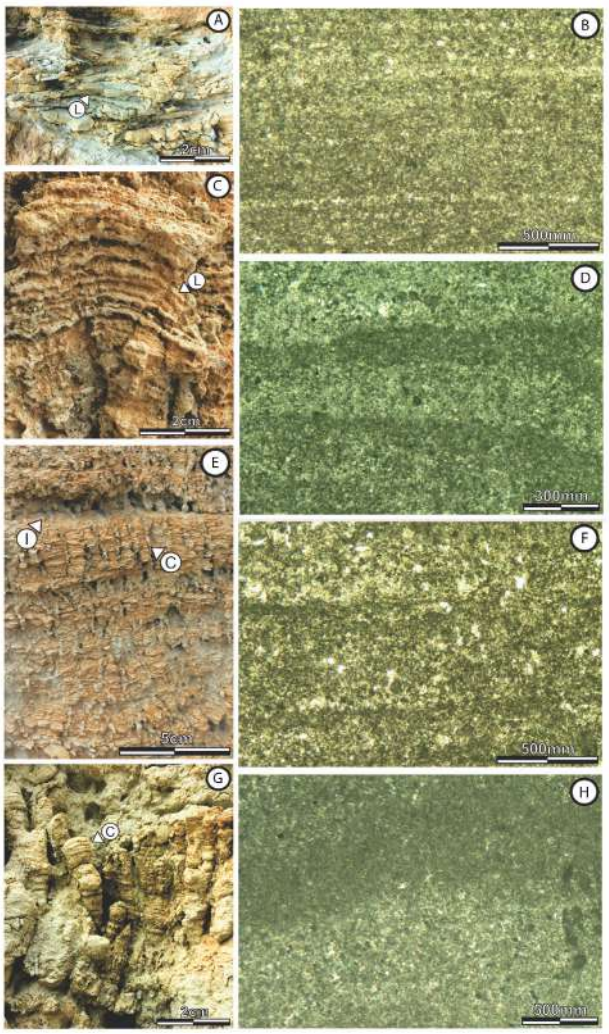


Figura 5. A) Mesoestructura de la subfacie 4, se observa laminación (L). B) Alternancia de láminas en la microestructura de la subfacie 4. C) Mesoestructura de la subfacie 5, se observa laminación (L). D) Alternancia de láminas en la microestructura de la subfacie 5. E) Mesoestructura de la subfacie 6, se observan estructuras columnares (C) y canales (I). F) Alternancia de láminas en la microestructura de la subfacie 6. G) Mesoestructura de la subfacie 7, se observan estructuras columnares (C) y canales (I). H) Alternancia de láminas en la microestructura de la subfacie 7.

La batimetría se posiciona como otro factor de gran importancia, ya que regula el espacio de crecimiento vertical (Kah *et al.,* 2006), pero también influye en factores como la energía hidrodinámica y la luminosidad. Los estromatolitos de la Secuencia CAM presentan una morfología externa de tipo dómica coloforme, la cual, en ambientes análogos, se asocia a áreas intermareales inferiores a submareales, con profundidades de 0,5 a 2 m (ej.: Jahnert & Collins, 2012; Suosaari *et al.*, 2016). Sin embargo, un estromatolito puede crecer durante cientos o miles de años (ej.: Jahnert & Collins, 2012), por lo que es probable que a lo largo de cada subfacie la batimetría haya fluctuado.

La energía hidrodinámica es un factor que puede condicionar la morfología de un microbialito a diferentes escalas (Villafañe *et al.*, 2021a). La macroestructura de tipo LLH observada en los estromatolitos estudiados puede asociarse a ambientes marinos someros actuales, cercanos a la línea de costa (Logan *et al.*, 1964; Andres & Reid, 2006). Algunos autores sugieren que estas estructuras con continuidad lateral actúan como barreras paleogeográficas reduciendo el estrés físico y favoreciendo condiciones de resztricción en respuesta al descenso de la profundidad y al aumento de la energía hidrodinámica del entorno (Feldmann & McKenzie, 1997; Mercedes-Martín *et al.*, 2014). Por otro lado, las formas dómicas son usualmente una respuesta para minimizar la energía hidrodinámica, mientras que las *zonas interdómicas* servirían como grandes áreas de descarga (Villafañe, *et al*., 2021a).

Existe una gran variedad de factores ecológicos que pueden influir en el crecimiento estromatolítico (ej.: salinidad, luminosidad, nutrientes, etc.), aunque su evidencia en el registro geológico suele ser muy acotada. Debido a su proximidad temporal a la Crisis de Salinidad del Messiniense, podemos decir que la salinidad sería el factor más controvertido en la secuencia CAM. Basándonos en trabajos realizados en el Complejo Carbonatado Terminal (Calvet *et al.*, 1996; Feldmann & McKenzie, 1997), y la carencia de restos fósiles en los estromatolitos estudiados, se puede inferir un ambiente con importantes condiciones de salinidad. Sin embargo, esto tendría que ser apoyado mediante otros estudios.

La luz es otro factor ecológico importante debido a su relación con la actividad metabólica de los microorganismos productores (Awramik & Vanyo, 1986). Si bien no podemos conocer exactamente el grado de luminosidad para la secuencia CAM, las condiciones batimétricas e hidrodinámicas inferidas responden a un ambiente somero con buena intensidad de luz.

Finalmente, los microorganismos productores (factores intrínsecos) pueden influir en todas las escalas de la morfología final de un microbialito (Planavsky & Grey, 2008; Allwood *et al.*, 2009). Determinar estos productores es un proceso complejo, dificultado por los cambios tafonómicos y geoquímicos ocurridos durante la tafocenosis y la diagénesis, requiriendo técnicas especializadas. A pesar de esto, algunas características observadas en los estromatolitos de la secuencia CAM como el predominio de la precipitación mineral *in situ* biológicamente inducida (Reid *et al.*, 2000; Dupraz *et al.*, 2006), la porosidad fenestral (Mata *et al.,* 2012) y las morfologías coloformes (Jahnert & Collins, 2012), sostienen una importante influencia biológica.

Interpretación de las subfacies y modelo sedimentario

El desarrollo del estromatolito se inicia con la Subfacie 1, la cual pasa de tener micrita masiva con clastos calcáreos en la base a láminas micríticas sin material clástico hacia el techo. No se observan evidencias de desecación, por lo que podemos indicar un ambiente submareal con energía hidrodinámica relativa decreciente, permitiendo la aparición de la laminación y disminución del material clástico (Reid *et al.*, 2000, 2003) (fig. 6, pág. siguiente). La laminación se encuentra más conservada en las zonas de domo, lo cual permite sugerir un mayor gradiente hidrodinámico en los interdomos debido a la descarga y escorrentía de agua (Villafañe *et al*., 2021a).

Para la Subfacie 2 la mesoestructura del tipo LLH-S indica un ambiente subacuático con una energía hidrodinámica relativamente baja (Logan *et al.*, 1964), donde la laminación simple alternada se asocia a variaciones cíclicas en el medio (Decho, 2000; Riding, 2011). La presencia de clastos intramicríticos en la zona de interdomos responde a la descarga y escorrentía del agua, debido a incrementos temporales en energía hidrodinámica del ambiente (Kendall & Flood, 2011; Mercedes-Martín *et al.*, 2014) (fig. 6).

La textura intramicrítica observada en la Subfacie 3 sugiere un ambiente con mayor energía hidrodinámica relativa que la Subfacie 2 (Kendall & Flood, 2011). Esto podría explicarse debido a una reducción en la profundidad, favoreciendo la acción del oleaje. Los intraclastos micríticos son el resultado del transporte de sedimentos autóctonos o parautóctonos durante intervalos de mayor energía (Acosta *et al.*, 1988; Castro & Ruiz Ortiz, 1991). Mientras que los ooides concéntricos marca condiciones hidrodinámicas con alta energía en ambientes someros (Calvet *et al.*, 1996) (fig. 6). Sin embargo, la continuidad horizontal y el espesor constante de

esta subfacie sugieren influencia biológica a lo largo de su precipitación (Riding *et al.*, 1991).

La mesoestructura de la Subfacie 4 se relaciona a un ambiente subacuático, con energía hidrodinámica relativamente baja (Logan *et al.*, 1964; Reid *et al.*, 2000, 2003; Suárez-González *et al.*, 2014). La disminución de la energía hidrodinámica del entorno con respecto a la Subfacie 3 podría explicarse por un aumento de la profundidad o de la restricción del entorno paleogeográfico (fig. 6). La microestructura muestra un ciclo de crecimiento continuo e ininterrumpido, donde el mecanismo principal es la precipitación mineral *in situ* biológicamente inducida (Decho, 2000; Riding, 2011).

Durante la Subfacie 5 la energía hidrodinámica del ambiente continua relativamente baja. Sin embargo, se puede proponer un aumento en la profundidad del sistema debido a dos factores: i) El importante desarrollo vertical de esta subfacie sugiere un mayor espacio de acomodamiento (Kah *et al.*, 2006), y ii) el cambio de morfología de tipo LLH-S (Subfacies 4) a LLH-C como una respuesta a la necesidad de aumentar la superficie específica de las láminas para compensar la pérdida de iluminación (Awramik & Vanyo, 1986; Cohen *et al.*, 1997) (fig. 6).

El mecanismo de crecimiento principal continúa siendo la precipitación mineral *in situ* biológicamente inducida (Reid *et al.*, 2000). Mientras que el aumento de material granular en las zonas de domos puede ser el resultado de episodios de inundación que aumentaron la profundidad del medio y generaron una fijación más activa del sedimento en las partes con mayor relieve (Ginsburg, 1955).

El paso a una mesoestructura compuesta por columnas (Subfacie 6) indica un incremento de la energía hidrodinámica (Acosta *et al.*, 1988), el cual puede ser causado por la somerización. La presencia de estructuras columnares es probablemente una respuesta a las condiciones energéticas del entorno (Dupraz *et al.*, 2006), donde los canales entre columnas actúan como áreas de descarga (Acosta *et al.*, 1988; Shapiro & Awramik, 2000) (fig. 6).

Si bien las columnas pueden responder a factores biológicos, la composición de las láminas no varía con respecto a las subfacies anteriores, descartando cambios taxonómicos. Por su parte, la laminación simple alternada micrítica (*sensu*

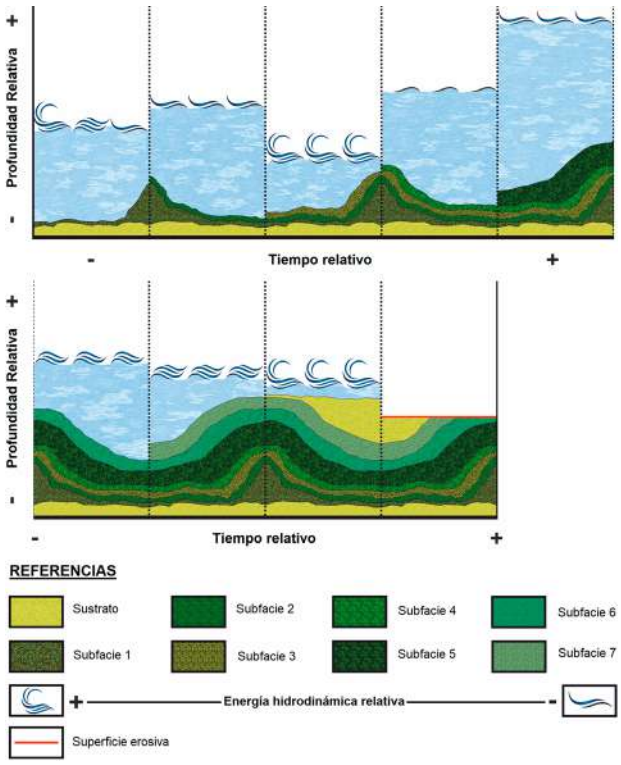


Figura 6. *(A)* Evolución ambiental y crecimiento estromatolítico a lo largo del tiempo. Modificado de Villafañe *et al.* (2018).

Monty, 1976) indica un continuo predominio de la precipitación de carbonatos *in situ*, con influencia microbiana (Reid *et al.*, 2000).

Finalmente, el relleno de los canales da indicios de la actividad hidrodinámica (Villafañe, *et al.*, 2021a). Esto se interpreta como un entorno de poca profundidad (micromareal bajo) con influencia del oleaje.

En la Subfacie 7, el paso de una estructura interna de tipo SH-C (Subfacies 6) a una del tipo SH-V sugiere una continua somerización, causando un nuevo incremento en la energía hidrodinámica (Kah *et al.*, 2006; Villafañe *et al.*, 2021a).

La composición micrítica a lo largo de toda la microestructura apoya el dominio de la precipitación mineral *in situ* biológicamente inducida como el principal mecanismo de crecimiento (Reid *et al.*, 2000). Mientras que el ambiente continuaría siendo micromareal bajo, similar al de la Subfacie 6, pero con un gradiente energético ligeramente superior (fig. 6).

El final del crecimiento estromatolítico se atribuye generalmente a cambios en las condiciones ambientales (por ejemplo, como resultado de la disminución de la profundidad de la masa de agua), generando una prevalencia de los factores físicos y químicos sobre los biológicos. En este caso, el descenso del nivel del mar

asociado a la Crisis de Salinidad del Messiniense provocó la emersión del área de estudio, y la generación de una superficie baja (discordancia e-M) (Soria *et al.*, 2008) (fig. 6).

VALORACIÓN GEOCIENTÍFICA

Esta valoración geocientífica pone en manifiesto los siguientes aspectos patrimoniales esenciales con una puntuación de 0 a 4 (tabla 1, pág. siguiente):

A. Abundancia de afloramientos similares: (3) El tamaño de los estromatolitos descriptos posiciona a la secuencia CAM como uno de los mayores yacimientos microbialíticos de España. Sumado a esto, su cercanía a la discontinuidad fini-Messiniense le otorga una peculiaridad estratigráfica no observada en otros registros análogos.

B. Localidad tipo: (0) Siguiendo los criterios descriptos para el modelo FOPALI (Sánchez-Ferris *et al.*, 2019), la secuencia CAM no presenta valor como localidad tipo, ya que en la misma no se ha definido un taxón o unidad geológica en particular.

C. Paleodiversidad/ geodiversidad: (3) Debido a sus variaciones litológicas y aloestratigráficas, la secuencia CAM contiene una significativa geodiversidad a nivel Comunidad Valenciana. Esto se ve acentuado aún más por las importantes estructuras organo-sedimentarias observadas en su registro, análogas de otros depósitos peri-Mediterránea asociados a la Crisis de Salinidad del Messiniense.

D. Paleodisparidad: (2) Identificar en el registro fósil los microorganismos productores de microbialitos es un proceso complicado, el cual requiere de técnicas especiales. Sin embargo, las variaciones en la estructura interna de los estromatolitos de la secuencia CAM, sumado a su capacidad de adaptación al estrés ambiental, apoyan la presencia de comunidades microbianas complejas como las responsables de su formación (Sheehan & Harris, 2004).

E. Estado de conservación del patrimonio inmueble: (3): La integridad actual del yacimiento respecto a su estado original es bastante buena, sin presentar indicios de amenazas.

F. Estado de conservación del patrimonio mueble: (3) Los estromatolitos de la secuencia CAM presentan un muy buen estado de conservación. En los mismos puede observarse la estructura interna tanto a mesoescala como a microescala. Sumado a esto, no presenta alteraciones importantes relacionadas a procesos postgenéticos.

G. Interés tafonómico/genético: (4) La baja actividad diagenética y tectónica nos permite posicionarlo como un yacimiento en el cual se pueden estudiar los bloques de construcción y los procesos geomicrobiales que dieron origen al estromatolito.

H. Interés geológico: (1) La secuencia CAM presenta interés litoestratigráfico ya que comprende a la discontinuidad fini-Messiniense, de gran importancia regional y extraregional.

I. Utilidad del afloramiento como modelo para ilustrar procesos paleobiológicos o geológicos: (3) Las continuas modificaciones en la batimetría y energía hidrodinámica a lo largo del crecimiento de esta estructura permiten utilizar el afloramiento como modelo para estudiar la resiliencia de los microorganimos generadores al estrés ambiental (Villafañe *et al.*, 2021b).

J. Potencial científico: (3) El potencial de estas estructuras como *proxy* ambiental de alta resolución las posiciona como herramientas de gran utilidad para comprender micro-eventos relacionados a la CSM.

Tabla 1. Valoración geocientífica de la secuencia CAM en base a la metodología de FOPALI, utilizada en el Museo Paleontológico de Elche.

Criterios	Ptos.
A- Abundancia de afloramientos similares	3
B- Localidad tipo	0
C- Paleodiversidad/geodiversidad	3
D- Paleodisparidad	2
E- Conservación inmueble	3
F- Conservación mueble	3
G- Interés tafonómico/genético	4
H- Interés geológico	1
I- Utilidad del afloramiento como modelo para ilustrar procesos paleobiológicos o geológicos	3
J- Potencial científico	3
Total (máximo 40)	25
Valor Científico (0-10)	6,25

La cuantificación de estos elementos ha permitido establecer un valor patrimonial científico de 6,25; lo cual indica que estamos ante un afloramiento de interés geológico, y mayor relevancia geomicrobial.

CONCLUSIONES

La secuencia CAM presenta un registro estromatolítico con importante desarrollo vertical y horizontal. Esta estructura creció mediante el mecanismo de precipitación mineral *in situ* biológicamente inducido, bajo buenas condiciones de luminosidad y una posible elevada salinidad.

El análisis multiescalas revela que en líneas generales el estromatolito creció en un ambiente costero, subtidal somero, con relativamente baja energía hidrodinámica (posiblemente restringido). Sin embargo, a lo largo de su formación, las condiciones ambientales experimentaron fluctuaciones que impactaron de manera directa en su meso y microestructura. Estas variaciones evidencian una continua somerización a medida que nos acercamos estratigráficamente a la discontinuidad fini-Messiniense.

Sumado a esto, se presentan la primera valoración científica de la secuencia CAM mediante el análisis del patrimonio geológico. El valor obtenido resalta el interés y relevancia del afloramiento buscando promover su futura protección física y puesta en valor, alentando al desarrollo de nuevas investigaciones en la zona.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al *Paleoenvironmental Changes research group* (vigrob-167) de la Universidad de Alicante y al Grupo de investigación en paleontología de vertebrados cenozoicos - GI-PVC (GIUV2016-303) de la Universidad de Valencia.

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto PID2020-118999 GB-I00 financiado por el Ministerio de Ciencia e innovación (MCIN)/Agencia Estatal de investigación (AEI)/10.13039/501100011033.

REFERENCIAS

Acosta, P., García Hernández, M. & Checa, A. (1988). Biohermos de esponjas y estromatolitos en la secuencia transgresiva oxfordiense de la Sierra de Cazorla. *Geogaceta*, **5**: 36-39 pp.

Allwood, A. C., Grotzinger, J. P., Knoll, A. H., Burch, I. W., Anderson, M. S., Coleman, M. L. & Kanik, I. (2009). Controls on development and diversity of Early Archean stromatolites. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **106**(24): 9548-9555 pp.

Andres, M. S. & Reid R. P. (2006). Growth morphologies of modern marine stromatolites: a case study from Highborne Cay, Bahamas. Sedimentary Geology, **185**(3-4): 319-328 pp.

Awramik, S. M. & Vanyo J. P. (1986). Heliotropism in modern stromatolites. *Science*, **231**(4743): 1279-1281 pp.

Burne, R. V. & Moore, L. S. (1987). Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. *Palaios*, 241-254 pp.

Calvet, F., Zamarreno, I. & Valles, D. (1996). Late Miocene reefs of the Alicante–Elche basin, southeast Spain. *Concepts in Sedimentology and Paleontology,* **5**: 177-190 pp.

Castro, J. M. & Ruiz Ortiz, P. A. (1991). Nivel condensado con estromatolitos pelágicos en el Cretácico de la Sierra de Estepa (Subbetico Externo, prov. Sevilla). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **4**:305-319 pp.

Choquette, P. W. & Pray, L. C. (1970). Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin,* **54**(2): 207-250 pp.

Cohen, A. S., Talbot, M. R., Awramik, S. M., Dettman, D. L. & Abell, P. (1997). Lake level and paleoenvironmental history of Lake Tanganyika, Africa, as inferred from late Holocene and modern stromatolites. *Geological Society of American Bulletin* **109** (4): 444-460 pp.

Cooper, J. A., Smith, A. M. & Arnscheidt, J. (2013). Contemporary stromatolite formation in high intertidal rock pools, Giant's Causeway, Northern Ireland: preliminary observations. *Journal of Coastal Research* **165** (2):1675-1680 pp.

Corbí, H. (2010). Los foraminíferos de la Cuenca neógena del Bajo Segura (sureste de Espana): bioestratigrafía y cambios paleoambientales en relación con la Crisis de Salinidad del Mediterraneo. *Tesis doctoral.* Universidad de Alicante, Alicante, 289 pp.

Corbí, H. & Soria J. M. (2016). Late Miocene–early Pliocene planktonic foraminifer event-stratigraphy of the Bajo Segura basin: a com-plete record of the western Mediterranean. *Marine and Petroleum Geology*, **77**:1010-1027 pp.

Corbí, H., Soria, J. M., Lancis, C., Giannetti, A., Tent-Manclús, J. & Dinares-Turell, J. (2016). Sedimentological and paleoenvironmental scenario before, during, and after the Messinian salinity crisis: The San Miguel de Salinas composite section (western Mediterranean). *Marine Geology*, **379**: 246-266 pp.

Corbí, H., Soria, J. M., Giannetti, A. & Yébenes, A. (2020). The step-by-step restriction of the Mediterranean (start, amplification, and consolidation phases) preceding the Messinian Salinity Crisis (climax phase) in the Bajo Segura basin. *Geo-Marine Letters*, **40**: 341-361 pp.

Decho, A. W. (2000). Microbial biofilms in intertidal systems: an overview. *Continental Shelf Research,* **20**(10-11): 1257-1273 pp.

Dupraz, C., Pattisina, R. & Verrecchia E. P. (2006). Translation of energy into morphology: simulation of stromatolite morphospace using a stochastic model. *Sedimentary Geology,* **185** (3-4): 185-203 pp.

Feldmann, M. & Mckenzie, J. A. (1997). Messinian stromatolite-thrombolite associations, Santa Pola, SE Spain: an analogue for the Palaeozoic? *Sedimentology,* **44**(5):893-914 pp.

García-García, F., Corbí, H., Soria, J. M. & Viseras, C. (2011). Architecture analysis of a river flood-dominated delta during an overall sea-level rise (early Pliocene, SE Spain). Sedimentary Geology, **237** (1-2):102-113 pp.

Ginsburg, R. N. (1955). Recent stromatolitic sediments from South Florida. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, **29**: 723 pp.

Grotzinger, J. P. & Knoll, A. H. (1999). Stromatolites in Precambrian carbonates: evolutionary mileposts or environmental dipsticks? *Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences,* **27**(1): 313-358 pp.

Jahnert, R. J. & Collins, L. B. (2012). Characteristics, distribution and morphogenesis of subtidal microbial systems in Shark Bay, Australia. *Marine Geology*, **306**: 115-136 pp.

Kah, L. C., Bartley, J. K., Frank, T. D. & Lyons, T. W. (2006). Reconstructing sea-level change from the internal architecture of stromatolite reefs: an example from the Mesoproterozoic Sulky Formation, Dismal Lakes Group, arctic Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **43**(6): 653-669 pp.

Kendall, C. C. & Flood, P. (2011). Classification of carbonates, In D. Hopley (Ed.), *Encyclopedia of Modern Coral Reefs. Encyclopedia of Earth Sciences Series* (pp. 193-198). Dordrecht: Springer.

Logan, B. W., Rezak, R. & Ginsburg, R. N. (1964). Classification and environmental significance of algal stromatolites. *Journal of Geology,* **72**(1): 68-83 pp.

Mata, S. A., Harwood, C. L., Corsetti F. A., Stork, N. J., Eilers, K., Berelson, W. M. & Spear, J. R. (2012). Influence of gas production and filament orientation on stromatolite microfabric. *Palaios*, **27**(4): 206-219 pp.

Mercedes-Martín, R., Salas, R. & Arenas C. (2014). Microbial-dominated carbonate platforms during the Ladinian rifting: sequence stratigraphy and evolution of accommodation in a fault-controlled setting (Catalan Coastal Ranges, NE Spain). *Basin Research,* **26**(2): 269-296 pp.

Monty, C. L. (1976). The origin and development of cryptalgal fabrics, In M. R. Walter (Ed.), *Developments in Sedimentology*. (Vol. 20, pp. 193-249). Amsterdam: Elsevier.

Perissinotto, R., Bornman, T. G., Steyn P. P., Miranda, N. A., Dorrington, R. A., Matcher, G. F. & Peer, N. (2014). Tufa stromatolite ecosystems on the South African south coast. *South African Journal of Science,* **110**(9/10): 1-8 pp.

Planavsky, N. & Grey, K. (2008). Stromatolite branching in the Neoproterozoic of the Centralian Superbasin, Australia: an investigation into sedimentary and microbial control of stromatolite morphology. *Geobiology*, **6**(1): 33-45 pp.

Reid, R. P., James, N. P., Macintyre, I. G., Dupraz, C. P. & Burne, R. V. (2003). Shark Bay stromatolites: microfabrics and reinterpretation of origins. *Facies*, **49**: 299-324 pp.

Reid R. P., Visscher. P. T., Decho, A. W., Stolz, J. F., Bebout, B. M., Duraz, C., Macintyre, I. G., Paerl, H. W., Pinckney, J. L., Prufert-Beboult, L., Steepe, T. F. & Des Marais, D. J. (2000). The role of microbes in accretion, lamination and early lithification of modern marine stromatolites. *Nature*, **406** (6799): 989-992 pp.

Riding, R. (2011). The nature of stromatolites: 3,500 million years of history and a century of research, In J. Reitner, N. Quéric & G. Arp (Eds.), *Advances in Stromatolite Geobiology*. (Vol. 131, pp 29-74). Berlin: Springer.

Riding, R., Braga. J. & Martin, J.M. (1991). Oolite stromatolites and thrombolites, Miocene, Spain: analogues of recent giant Bahamian examples. *Sedimentary Geology* **71** (3-4): 121-127 pp.

Sánchez-Ferris, E.J. & Fierro-Bandera, I. (2009). *Documentación del patrimonio geológico y paleontológico del término municipal del Alicante: FOPALI Alicante (Fase I).* Memoria Inédita, Fundación Cidaris, Ayuntamiento de Alicante, 527 pp.

Sánchez-Ferris, E. J., Fierro Bandera, I., Aberasturi Rodríguez, A., Navarro Pedreño, J., & Belló, P. M. (2019). La valoración del patrimonio geológico y paleontológico como herramienta de gestión: el Modelo FOPALI. *Spanish Journal of Palaeontology*, **34**(1): 35-56 pp.

Sarjeant, W.A. (1975). Plant trace fossils, In R.W. Frey (Ed.), *The Study of Trace Fossils* (pp. 163-179). Berlin: Springer.

Shapiro, R. S. & Awramik, S. M. (2000). Microbialite morphostratigraphy as a tool for correlating Late Cambrian–Early Ordovician sequences. *Journal of Geology,* **108**(2): 171-180 pp.

Sheehan, P. M. & Harris, M. T. (2004) Microbialite resurgence after the late Ordovician extinction. *Nature*, **430**: 75-78 pp.

Soria, J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H., Dinarès-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J. E. & Y*ébenes*, A. (2008). The Bajo Segura basin (SE Spain): implications for the Messinian Salinity Crisis in the Mediterranean margins. *Stratigraphy,* **5**: 259-265 pp.

Suarez-Gonzalez, P., Quijada, I.E., Benito, M.I., Mas, R., Merinero, R. & Riding, R. (2014). Origin and significance of lamination in Lower Cretaceous stromatolites and proposal for a quantitative approach. *Sedimentary Geology,* **300**: 11-27 pp.

Suarez-Gonzalez, P., Arenas, C., Benito, M.I., & Pomar, L. (2019). Interplay between biotic and environmental conditions in pre-salt Messinian microbialites of the western Mediterranean (Upper Miocene, Mallorca, Spain). Palaeogeography, Palaeoclimatology. *Palaeoecology*, **533**: 109-242 pp.

Suosaari, E. P., Reid, R. P., Araujo, T. A., Playford, P. E., Holley, D. K., McNamara, K.J. & Eberli, G.P. (2016). Environmental pressures influencing living stromatolites in Hamelin Pool, Shark Bay, Western Australia. *Palaios,* **31**(10):483-496 pp.

Viseras, C., Soria, J. M. & Fernandez, J. (2004). Cuencas neógenas postorogénicas de la Cordillera Bética. In J. A. Vera (Ed.), *Geología de España* (pp. 576–581). Madrid: SGE-IGME.

Villafañe, P. G., Corbí, H., Cónsole-Gonella, C., Ruiz-Sánchez, F. J. & Soria, J. M. (2018). The Messinian stromatolites of the Sierra del Colmenar (Western Mediterranean): facies characterization and sedimentological interpretation. *PeerJ*, **6**: e5766.

Villafañe, P. G., Cónsole-Gonella, C., Citton, P., Díaz-Martínez, I. & De Valais, S. (2021a). Three-dimensional stromatolites from Maastrichtian–Danian Yacoraite Formation, Argentina: modelling and assessing hydrodynamic controls on growth patterns. *Geological Magazine*, **158**(10): 1756-1772 pp.

Villafañe, P. G., Cónsole-Gonella, C., Cury, L. F., & Farías, M. E. (2021b). Short-term microbialite resurgence as indicator of ecological resilience against crises (Catamarca, Argentine Puna). *Environmental Microbiology Reports*, **13**(5): 659-667 pp.

Este artículo está basado en un Trabajo de Fin de Máster, realizado en el Máster en Paleontología Aplicada de la Universidad de Valencia y Universidad de Alicante, que fue tutorizado por Francisco Javier Ruiz Sánchez y Hugo Corbí Sevila, quienes han sido notificado de la presentación del mismo a este premio. El autor principal es dueño, se hace responsable y exíme de toda responsabilidad a la revista Cidaris, *editores y maquetadores, del contenido del artículo; así como cualquier problema de autoría o derechos de autor y otros posibles conflictos que pudiese ocasionar la publicación de este trabajo.*

INDICADORES GEOAMBIENTALES EN LOS RELIEVES PRELITORALES-LITORALES ENTRE EL CAMPELLO Y LA VILA JOIOSA (ALICANTE). DIRECTRICES DE USOS DEL SUELO

Geoenvironmental indicators in the prelitoral-littoral reliefs between El Campello and La Vila Joiosa (Alicante). Land use guidelines

Carmen Corbalán Andreu
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 (Alicante) - Correo electrónico: c.corbalan.a@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se analizan desde el punto de vista geoambiental los municipios de El Campello y La Vila Joiosa (Alicante) dado que la presión turística a la que se ven sometidos junto con el acelerado crecimiento de la población hace que sea necesario un modelo de desarrollo sostenible que minimice los impactos sobre el medio natural. Para ello se han analizado 16 indicadores geoambientales, con los que se ha realizado un estudio de Capacidad de Acogida del Territorio en el que se categoriza el territorio según la severidad de los riesgos ambientales y geológicos. Para ello se han ordenado los indicadores geoambientales en cuatro clases de diferentes niveles de afecciones, así como las posibles sinergias entre ellas. A partir de estos datos se plantea una propuesta de usos del suelo que determina que los usos urbanísticos se concentren en las llanuras al sur del municipio de El Campello y al noreste del municipio de La Vila Joiosa, el suelo agrícola en el barranco de Cabrafic y en la explanada de La Vila Joiosa, y el suelo industrial en la periferia del suelo urbano de ambos municipios, consiguiendo de esta manera una ordenación territorial geoambientalmente sostenible.

Palabras clave: *geología ambiental, riesgos naturales, cartografía geológica, indicadores geoambientales, ordenación territorial.*

ABSTRACT

The present study analyzes from a geoenvironmental standpoint the El Campello and La Vila Joiosa municipalities (Alicante province). The pressure of tourism present along with a rapid population growth makes a sustainable development model necessary to minimize the impacts on the natural environment. To achieve this, 16 geoenvironmental indicators have been analyzed, used to create a Land Capability Assessment in which the studied area is categorized according to the severity of natural and geological hazards. To conduct this study geoenvironmental indicators have been arranged in four types of different levels of environmental issues, as well as the possible synergies between them. Based on this information, a land use proposal is suggested which determines that the residential land use must be concentrated on the plains in South El Campello and Northeast La Vila Joiosa, the agricultural land use must be located on the Cabrafic valley and the plain of La Vila Joiosa, and the industrial land must be planned on the periphery of areas with residential use in both municipalities, achieving therefore a geoenvironmentally sustainable spatial planning

Key words: *environmental geology, natural hazards, geological cartography, geoenvironmental indicators, spatial planning.*

INTRODUCCIÓN

Un indicador geoambiental es un indicador de naturaleza intrínsecamente geológica, una medida de la magnitud, frecuencia, velocidad o evolución a lo largo del tiempo de un proceso geológico (Berger, 2002). Mediante su cuantificación, y estableciendo las posibles dependencias que pudieran darse entre ellos, se puede caracterizar un territorio y determinar su respuesta ante cambios. Las características de un medio natural limitan el desarrollo humano, ya sea por posibles riesgos derivados del entorno o para evitar afecciones causadas por la actividad humana. Es imprescindible, pues, identificar correctamente qué cambios se producen por la evolución natural del sistema, y cuáles han sido provocados por la acción humana, para así poder diseñar y enfocar las medidas de gestión necesarias (Berger, 2002; Carcavilla *et al*., 2012).

En el área comprendida por los municipios de El Campello y La Vila Joiosa existe una sucesión de zonas litorales costeras y relieves prelitorales que generan distintos riesgos geológicos y vulnerabilidades causados por su propia estructura y naturaleza geológicas. Factores y riesgos están presentes y son dependientes del terreno, y algunos de ellos también se ven afectados por la acti-

vidad antrópica, muy extendida en ambos municipios y especialmente en las zonas de costa por la fuerte presencia del sector turístico, lo cual puede derivar en un mal uso o consumo del territorio.

Para lograr un crecimiento económico en consonancia con los posibles riesgos y la correcta conservación del medio natural se hace imprescindible el uso adecuado de la ordenación del territorio, definido como el conjunto de herramientas jurídicas, tales como planes, directrices o programas, de las que hacen uso las administraciones para organizar, regular y coordinar los distintos usos del terreno.

METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo para el estudio territorial, la definición de geoindicadores y el subsiguiente análisis y evaluación de la Capacidad de Acogida del Territorio se desglosa principalmente en las siguientes fases:

El primer paso fue la generación de una Base de Datos, tanto documental como cartográfica, de cada una de las variables e indicadores geoambientales seleccionados, a partir de la cual se desarrolló un Sistema de Información Geográfica. Con dichos datos se elaboraron mapas temáticos y/o geocientíficos, complementados con una campaña de prospección de campo para toma de datos y comprobación y modificación de los geoindicadores. Éstos son los siguientes: litoestratigrafía, pendiente del terreno, hidrografía, riesgos de erosión potencial, inundación, e inestabilidad, terrenos kársticos, suelos colapsables, formaciones con riesgo de punzonamiento, heterogeneidad litológica, fallas activas durante el Cuaternario, vulnerabilidad de acuíferos, Bienes de Interés Cultural, Lugares de Interés Comunitario, Lugares de Interés Geológico y zonas de exclusión de consulta paleontológica.

Por último, se llevó a cabo un análisis y diagnóstico del territorio a partir de un estudio de Capacidad de Acogida del Territorio (CAT).

La Capacidad de Acogida de un territorio es el grado de idoneidad del territorio para una actividad teniendo en cuenta, a la vez, la medida en que el medio cubre sus requisitos locacionales y los efectos de dicha actividad sobre el medio (Gómez, 1992; Arrebola & Galacho, 2013).

Haciendo uso de este estudio de Capacidad de Acogida del Territorio se definieron las unidades geoambientales en función de su calidad para los distintos usos del suelo, y se realizó la propuesta de usos del suelo para cada unidad.

CONTEXTO

Contexto geográfico

El Campello y La Vila Joiosa son dos municipios costeros pertenecientes a la provincia de Alicante, al sur de la Comunitat Valenciana. El Campello tiene un área total de 55,25 km^2, La Vila Joiosa de 58,91 km^2. El total de línea de costa entre ambos es de 39,38 km.

Cada término municipal cuenta con un núcleo urbano principal homónimo. Existe un contraste entre las zonas más densamente pobladas cercanas a la costa, de topografía llana o con presencia de colinas, y las áreas de interior, comprendidas principalmente por lomas y cerros y con una población considerablemente menor. El punto más alto del área de estudio se encuentra en la Sierra de Orxeta, en el límite con el municipio de Orxeta. Las zonas de menor altitud son aquellas explanadas en las que se ubican las poblaciones de El Campello y La Vila Joiosa, más cerca de la línea de costa.

Contexto geológico

Geológicamente, el área de estudio se encuentra en el contexto de la Cordillera Bética. Concretamente, el área de estudio se emplaza en las Zonas Externas, en el Dominio Prebético, si bien la parte sur de El Campello corresponde a una cuenca neógena postorogénica (fig. 1).

La Zona Prebética está conformada por rocas sedimentarias de edades comprendidas entre el Triásico y el Paleógeno (Corbí *et al*., 2014). La estructura tectónica que presenta el Prebético consiste predominantemente en pliegues y cabalgamientos de vergencia NNW o NW, a menudo relacionados con fallas de desgarre. Estos cabalgamientos utilizan los materiales del Trías como nivel de despegue. Existen también fallas normales y de salto en dirección de orientación NW-SE, así como NE-SW.

Por otra parte, las cuencas neógenas las conforman aquellos materiales depositados entre los relieves de la Cordillera Bética. Se denominan cuencas sinorogénicas las que tienen por relleno sedimentos marinos del Mioceno infe-

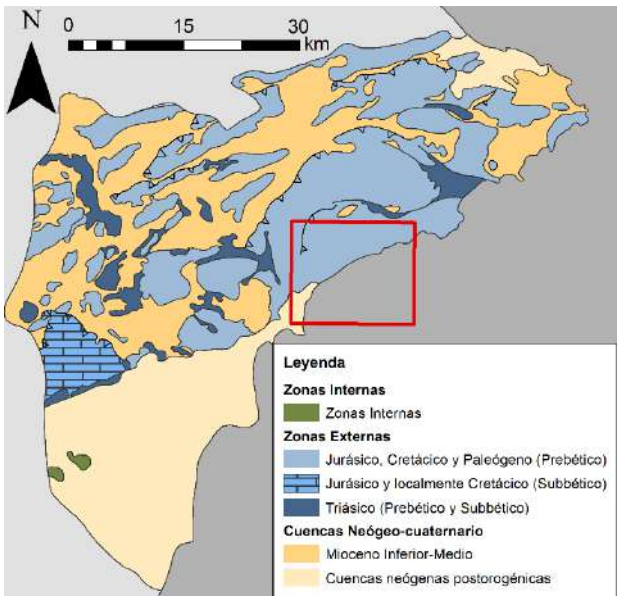


Figura 1. Contexto geológico de la provincia de Alicante. Modificado de Corbí *et al*. (2014). La zona de estudio queda circunscrita por el rectángulo.

rior y medio, y cuencas postorogénicas si son del Mioceno superior en adelante, abarcando así sedimentación de origen tanto marino como continental. Cuencas sinorogénicas pueden, asimismo, presentar relleno postorogénico.

Marco legislativo

Según el Texto Refundido sobre el Régimen del Suelo y Ordenación Urbana de 1992, las competencias de la ordenación territorial y la elaboración de planes generales y parciales de uso de suelo radica en las Comunidades Autónomas, que a su vez delegan parte de estas responsabilidades en los Ayuntamientos, descentralizando así la estructuración de usos de suelo a nivel nacional (Matesanz, 2009). A escala municipal, los Ayuntamientos han de plantear sus propios Planes Generales de Ordenación Urbana (PGOU), así como Planes Parciales, Estudios de Impacto Ambiental y otros documentos.

El Campello tiene como válido un Plan General de Ordenación Urbana de 1986 (Ayuntamiento de El Campello, 1988), al haber sido derogado el PGOU vigente en 2001 en su totalidad por el Tribunal Constitucional el PGOU vigente en 2011 (Tribunal Supremo Del Consejo General Del Poder Judicial, 2016). Un PGOU elaborado según la legislación de 1975 no cumple las normativas ambientales de las leyes actualmente vigentes. Se dispone de un Estudio de Paisaje de 2007 y un Estudio de Impacto Ambiental de 2010 (Cota Ambiental, 2007; 2010), pero, al haber sido ambos usados para el PGOU derogado en 2011, su validez se pone en duda.

En cuanto a La Vila Joiosa, el Plan General de Ordenación Urbana correspondiente es de 1999 (Ayuntamiento de La Vila Joiosa, 1999), ajustándose a la Ley 6/1998 sobre régimen de suelo y valoraciones. Este PGOU ha sido modificado para albergar Planes Especiales y adiciones al catálogo de bienes y espacios protegidos, entre otros; la última modificación es del año 2019.

Para realizar la propuesta de usos de suelo se han tenido en cuenta, aparte de los ya mencionados, un conjunto de legislaciones y programas, tanto a nivel nacional como regional, a las que se hará mención más adelante.

Para realizar tanto el estudio de Capacidad de Acogida del Territorio como la propuesta de usos del suelo se han tomado como limitaciones afecciones geoambientales y especificaciones legislativas. A continuación, se enumeran aquellas no mencionadas con anterioridad:

- PATIVEL, que es el Plan de Acción Territorial e Infraestructura Verde del Litoral de la Comunitat Valenciana, incluida en la LOTUP: Ley 5/2014, de la Generalitat Valenciana, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje.
- En el Decreto 55/2019, por el que se aprueba la revisión del Plan integral de residuos de la Comunitat Valenciana, en el Art. 12, se otorga a las zonas aptas para vertederos la calificación de zonas de reserva. Es decir, si se deseara construir un vertedero en las zonas determinadas como aptas para ello, no haría falta tramitar el paso de suelo no urbanizable a suelo urbanizable.
- La vulnerabilidad de acuíferos muy alta únicamente se encuentra en el lecho del embalse del Amadorio, al norte de la zona de estudio. Según EVREN (Evaluación de Recursos Naturales) (1998) se recomienda establecer un perímetro de protección de 100 m en torno a las áreas con este grado de vulnerabilidad de acuíferos. En esta franja no se admitirán usos de suelo potencialmente contaminantes, salvo que lo apruebe un estudio de viabilidad ambiental.
- Según la Directiva 92/437CEE relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, un Lugar de Importancia Comunitaria (LIC) es aquel que contribuye a mantener o restablecer un tipo de

hábitat natural en un estado de conservación favorable, y/o a mantener la diversidad biológica en la región. También, a raíz de esta directiva, se establece la Red Natura 2000 como inventario de estos LICs.

- El suelo de especial protección hidráulica se ha definido según el Real Decreto Ley 1/2001 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas. En el Art. 2 se define el dominio público hidráulico (DPH) como la red de cauces de corrientes naturales de titularidad pública continuas o discontinuas, así como lechos de embalses en cauces públicos y aguas subterráneas. En el Art. 6 se estipula que, junto al DPH, se debe establecer un perímetro de 5 m de zona de servidumbre como protección del ecosistema fluvial.
- El suelo de especial protección litoral cuenta con tres figuras legislativas. El Art. 23 del Reglamento de Costas de 2014 establece que la servidumbre de protección se adentrará 100 m desde la línea de costa, 200 m en el caso de áreas protegidas marinas.
- Como suelo de especial protección por patrimonio cultural se han señalado los BICs y sus áreas de influencia. Según el Art. 9 de la Ley 5/2007 de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998 del Patrimonio Cultural Valenciano, se debe garantizar la protección, conservación y acrecentamiento del patrimonio cultural.
- En el Art. 33 de la Ley 6/1991 de Carreteras de la Comunidad Valenciana se estipula que la zona de protección de la red viaria es de 50 m en autopistas y autovías, y 18 m en las restantes carreteras.
- En el Art. 14 de la Ley 38/2015 del sector ferroviario, la zona de protección de las líneas ferroviarias es de 70 m en suelo no urbanizable, y de 8 m en suelo urbano o urbanizable.
- Las zonas aptas para vertederos vienen demarcadas en el Plan Zonal de Residuos (2012), ya que según el Art. 15 del Decreto 55/2019 del Consell, por el que se aprueba la revisión del Plan integral de residuos de la Comunitat Valenciana, el suelo debe estar calificado como apto en el Plan Zonal de Residuos.
- Además, según el Art. 15 del Decreto 55/2019, por el que se aprueba la revisión del Plan integral de residuos de la Comunitat Valenciana, la distancia preferente entre una instalación de este tipo y un núcleo urbano consolidado es de 2 km.

RESULTADOS

A continuación, se presenta el inventario de indicadores geoambientales en el que se basarán, posteriormente, el estudio de Capacidad de Acogida del territorio y la propuesta de usos del suelo, para los que se ha utilizado la cartografía de los límites municipales obtenida del Instituto Geográfico Nacional (IGN) (2010).

Litoestratigrafía

La siguiente información (fig. 2) ha sido obtenida y modificada de Hernández Samaniego *et al.* (1993, 2008), Bretones *et al.* (1978, 1980), Colodrón & Ruiz (1978), y Leret-Verdú & Lenínez-González (1978), y contrastada con información obtenida de las distintas campañas de campo.

En la zona de estudio afloran materiales de edades comprendidas entre el Cretácico y el Cuaternario. Las rocas más antiguas, del Cenomano-Turoniense y Senoniense, se encuentran únicamente en la Sierra de Orxeta, al norte del municipio de La Vila Joiosa. Gran parte de la extensión

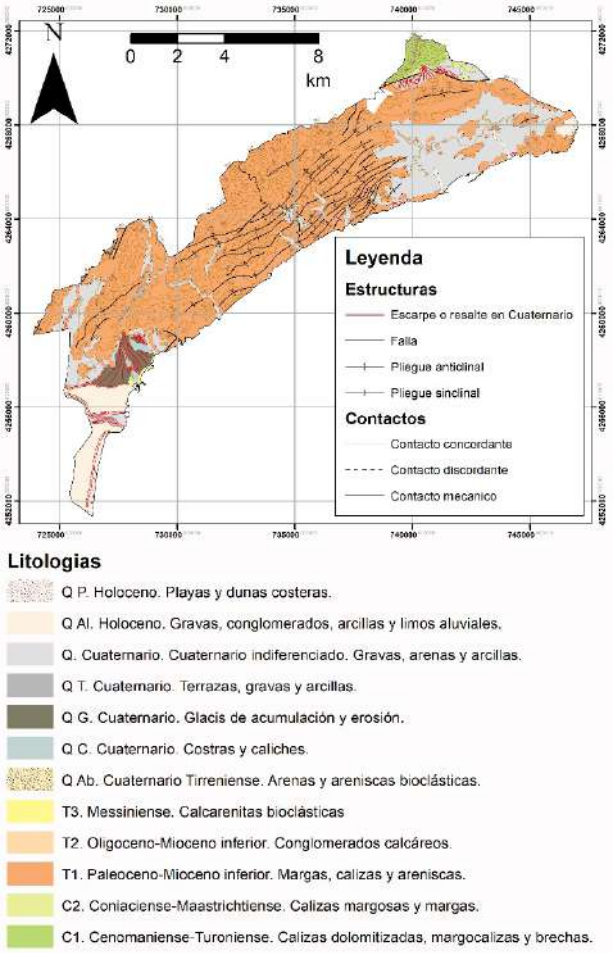


Figura 2. Mapa geológico de la zona de estudio. Recorte modificado de Estévez *et al.* (2004).

del territorio la ocupan una alternancia de calizas, margocalizas, calcarenitas, areniscas, arcillas y margas de edad comprendida entre el Luteciense y el Langhiense (Cremades, 1979). De más de 500 m de potencia, la identificación de miembros o transiciones dentro de esta unidad flyschoide es compleja por estar compuesta de facies muy similares entre sí, con lagunas estratigráficas, y por su plegamiento. Su heterogeneidad litológica y plegamiento genera el relieve de lomas, cerros y vaguadas de la parte central de la zona de estudio.

La llanura de El Campello, al sur, se compone de depósitos aluviales del Holoceno. De origen fluvial, está conformado por gravas, conglomerados, arcillas y limos. La explanada de La Vila Joiosa, en cambio, se considera un afloramiento de gravas, arenas y limos cuaternarios indiferenciados, aluviones y materiales de origen coluvial.

Respecto a la estructura tectónica, cabe destacar el plegamiento de la unidad flyschoide de dirección NE-SW, y la falla inversa que pone en contacto el Cretácico con los materiales terciarios.

Modelo clinométrico

Los intervalos de pendiente (fig. 3) se han establecido según dos límites legales.

Por una parte, el Art. 20 del Decreto 120/2006, sobre el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana, establece que no podrá urbanizarse ningún suelo con pendiente superior al 50%, así que se ha considerado como categoría limitante Por otra parte, el Art. 15 de la ley 9/2006, reguladora de campos de golf en la Comunitat Valenciana, establece que este uso deportivo ha de localizarse en áreas de pendiente igual o inferior al 10%.

Los dos intervalos intermedios no están preceptivamente estipulados, pero se han definido en función de futuros usos. En suelos con una pendiente de entre 10% y 20%, la actividad urbanística se puede desarrollar normalmente, mientras que aquellos que se ubiquen en el tramo entre 20%y 50% presentan límites al urbanismo por la posibilidad de desarrollar riesgo de inestabilidad.

Se aprecian tres áreas diferenciadas: dos llanuras separadas por terreno montañoso. Al sur del municipio de El Campello, la desembocadura del Río Seco y la playa de San Juan. La parte central, relativamente montañosa, compuesta por materiales flyschoides plegados. Y la llanura de las desembocaduras de los ríos Amadorio y Torres, al norte, en el municipio de La Vila Joiosa.

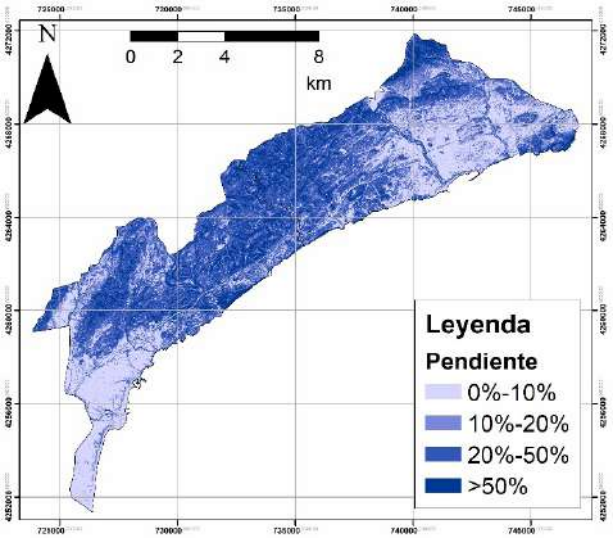


Figura 3. Modelo clinométrico e hidrografía. Información cartográfica obtenida de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) (2021).

Riesgo de erosión potencial

El riesgo de erosión potencial es una medida de la pérdida de suelo debido al relieve del paisaje, a la susceptibilidad a erosionarse del material que conforma el suelo y a la erosividad de las precipitaciones (fig. 4, pág. siguiente). Para estimar la erosión potencial no se tiene en cuenta el factor protector de la vegetación (Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, n.d.). Se expresa en toneladas métricas por hectárea por año (Tm/ha/año).

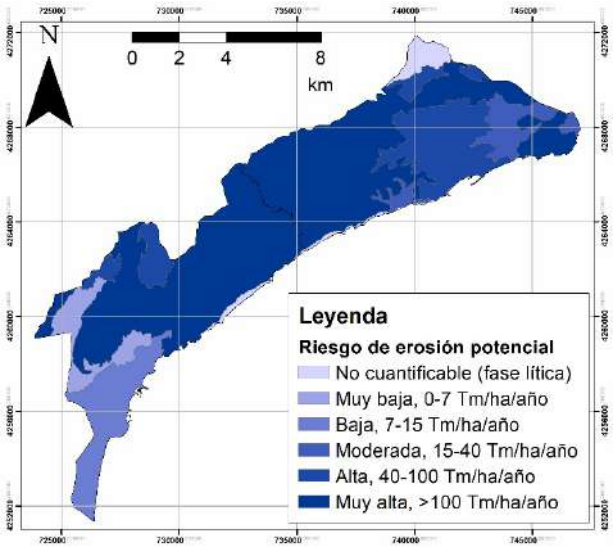


Figura 4. Cartografía de los riesgos potenciales de erosión. Información cartográfica obtenida de la Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte (COPUT) (1992).

Riesgo de inundación

Para la peligrosidad por inundación fluvial se ha usado la información aportada por el Plan de Acción Territorial sobre el Riesgo de Inundación de la Comunitat Valenciana (Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunidad Valenciana, 2015a), de siglas PATRICOVA. En el Art. 8 de su normativa se dividen las zonas inundables en 8 niveles de peligrosidad, siendo 1 aquel de mayor peligrosidad, y el 6 el menor.

Además, se han añadido y clasificado según estos niveles de peligrosidad todas las zonas en la que, durante la campaña de campo, se han observado características que indican que se trata de cauces inundables o de escorrentía difusa (fig. 5).

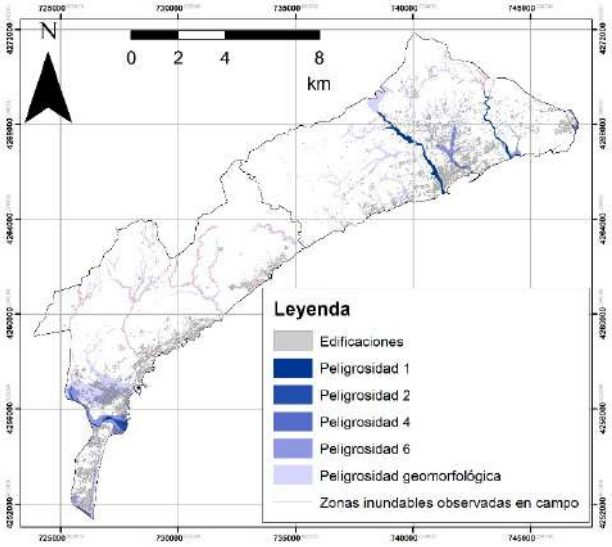


Figura 5. Red hidrográfica junto con las zonas inundables y el nivel de riesgo que presentan. Información cartográfica obtenida de la Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunidad Valenciana (2015c), y de la Conselleria de Estructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, Instituto Cartográfico Valenciano (ICV) e IGN (2022).

Riesgo de inestabilidad

La acción conjunta de este riesgo, que ya es de los más limitantes al suponer daños para las personas físicas y los bienes materiales, con otros factores ambientales puede suponer un aumento considerable en la magnitud de un proceso de inestabilidad.

Por ello, además de usar la cartografía existente en materia, se han añadido aquellas zonas que, durante el período de prospección de campo, se ha considerado que presentan riesgo de inestabilidad (fig. 6).

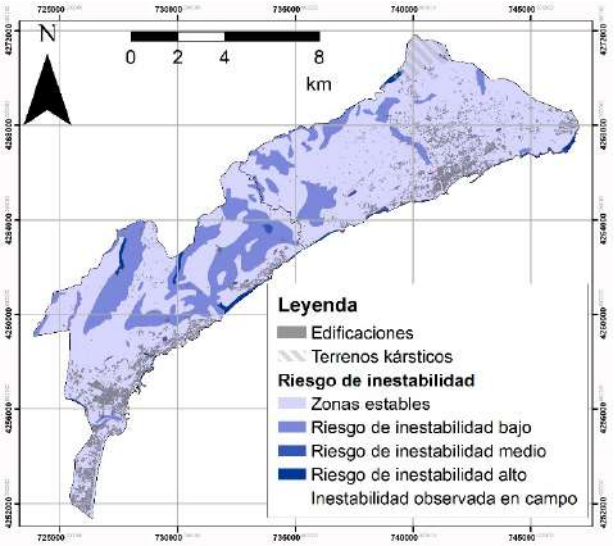


Figura 6. Riesgo de inestabilidad en los municipios de El Campello y La Vila Joiosa. Información cartográfica obtenida de COPUT (1991), e Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) de la Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática de la Comunitat Valenciana (2006a).

Concretamente, el *flysch* que cubre el dominio central de la zona de estudio es un material de naturaleza heterogénea que desarrolla inestabilidades, dando lugar a desprendimientos y deslizamientos. Estos suponen un riesgo para infraestructuras, vías de comunicación y habitantes de la zona.

Riesgo geomecánico

En las alternancias paleógenas-neógenas su heterogeneidad litológica hace que las características geotécnicas sean muy variables según la localización (fig. 7), y esto puede causar un peor rendimiento de las estructuras situadas sobre ellas.

Las calizas cretácicas de la Sierra de Orxeta, al norte de la zona de estudio, han pasado por un intenso proceso de tectonización que ha dejado discontinuidades en la roca, y esto, sumado a la karstificación, hace que la zona presente riesgos de inestabilidad y fracturación.

Las costras calcáreas cuaternarias están conformadas por materiales competentes, pero de espesor medio de un metro, por lo que existe riesgo de punzonamiento y asientos de construcciones (INTECSA, 1973).

Los materiales cuaternarios, con una variada granulometría y porosidad intergranular, situados sobre los materiales impermeables terciaros hace que el suelo presente riesgo de colapso y asentamientos de estructuras al variar el grado de saturación del suelo (Ayuntamiento de Villajoyosa, 1996).

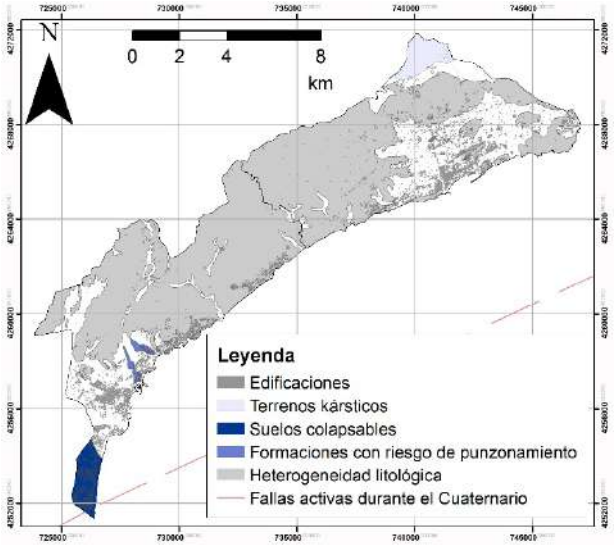


Figura 7. Localización de las áreas con riesgos geomecánicos presentes derivados de la litología y elementos que inducen al riesgo sísmico. Información cartográfica obtenida del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Laboratorio Nacional de Energia y Geologia (LNEG) (2015), IVE (2006b), e Internacional de Energía y Estudios Técnicos, S.A. (INTECSA) (1973).

La falla activa en el Cuaternario es la terminación oriental de la falla de Crevillente (IGME & LNEG, 2015). La aceleración sísmica en ambos municipios es de entre 0,09g y 0,11g, siendo "g" la aceleración de la gravedad. Por tanto, es necesario aplicar la Norma de Construcción Sismorresistente (Dirección General del IGN, 2009) para adecuar las estructuras a posibles movimientos sísmicos.

Vulnerabilidad de acuíferos

En el área de estudio hay presentes tres acuíferos en materiales cuaternarios y cretácicos, y aunque no son explotados para consumo humano, sí dan abastecimiento a usos agrícolas e industriales.

Según el Real Decreto 646/2020, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, el suelo sobre el cual se construye un vertedero ha de cumplir ciertos estándares respecto a su impermeabilidad y espesor. El vertedero Les Canyades se sitúa en una localización considerada apta (fig. 8).

Patrimonio

La zona de estudio carece de patrimonio natural terrestre protegido (fig. 9, pág. siguiente), pero sí tienen sin embargo patrimonio marino protegido. Estas áreas se consideran Lugares de Importancia Comunitaria (LICs), y parte de la Red Natura 2000.

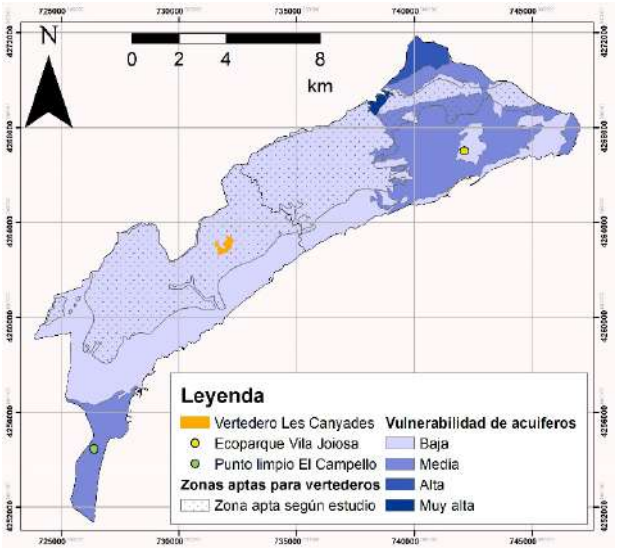


Figura 8. Vulnerabilidad de acuíferos junto con las zonas consideradas aptas para vertederos, así como la situación geográfica del vertedero Les Canyades. Información cartográfica obtenida de COPUT (1995), y Valenciana de Aprovechamiento Energético de Residuos S. A. (VAERSA) (2007).

Los Lugares de Interés Geológico (LIGs), en cambio, forman parte del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG, n.d.), como determina la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Diversidad, pero su estatus no les garantiza protección legal como espacio natural (Carcavilla *et al.*, 2012). En el área de estudio se encuentran dos LIGs, uno de ellos siendo La Illeta de El Campello, por sus terrazas marinas pleistocenas, y siendo el otro el slump de la cala del Xarco, un excelente afloramiento de depósitos gravitacionales.

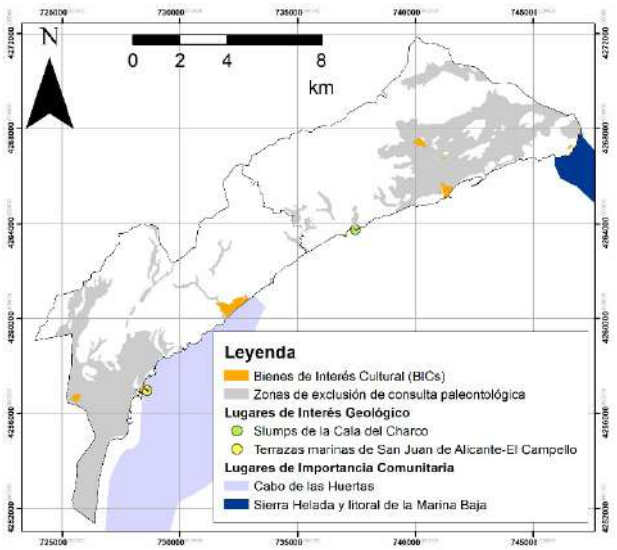


Figura 9. Localización de los LIGs, LICs, y BICs, y zonas de bajo potencial paleontológico de El Campello y La Vila Joiosa. Información cartográfica obtenida de Conselleria de Cultura y Deporte (2010; 2018), Dirección de Sostenibilidad de la Costa y el Mar, Ibérica de Estudios e Ingeniería (IBERINSA) e Hidráulica y Medio Ambiente (HIDTMA) (2007), y del IGME (n.d.).

Un Bien de Interés Cultural (BIC) es una figura jurídica otorgada al patrimonio que se considere debe recibir el máximo grado de protección legal según la Ley 5/2007, que modifica la Ley 4/1998, del Patrimonio Cultural Valenciano. No se han considerado los BICs inmateriales, muebles o arqueológicos submarinos, ni los Bienes de Relevancia Común, una figura de protección inferior a un BIC.

Según el Art. 7 del Decreto 208/2010, por el que se establece el contenido mínimo de la documentación necesaria para la elaboración de los informes a los estudios de impacto ambiental, una zona de exclusión de consulta paleontológica es un área valorada como de bajo potencial paleontológico. La legislación y la cartografía pertinente de la Conselleria de Cultura y Deporte (2010) consideran que estas zonas no presentan materia fósil que justifique un estudio paleontológico.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DEL TERRITORIO

Como base de la propuesta de usos del suelo, y para representar cartográficamente la aptitud ambiental de la zona de estudio para sustentar desarrollo urbanístico sostenible, se realiza un estudio de Capacidad de Acogida del Territorio en el que se categoriza y jerarquiza el territorio en distintas clases en función del grado de limitación ambiental que resulta de las distintas sinergias entre los indicadores geoambientales previamente inventariados.

Para el estudio CAT se han escogido los indicadores geoambientales que suponen una limitación en cuanto a los posibles usos del suelo, ya sea por razones legales o por la presencia de riesgos naturales.

En la Clase IV, aquella de CAT Muy baja, no se debería llevar a cabo ningún proyecto urbanístico más que los estrictamente necesarios para infraestructuras o dotaciones de servicios. El desarrollo en la zona de estudio estará notablemente limitado, pues, dado que el área clasificada como CAT Muy baja ocupa gran parte de la zona de estudio.

Las áreas de Clase III, o CAT Baja, son aquellas en las que el desarrollo urbanístico, si bien es posible, tendrá que llevarse a cabo con numerosas medidas correctoras y preventivas ante las características de los suelos clasificados como tal.

Clase II o CAT Media define zonas con presencia de indicadores geoambientales o jurídicos no limitantes salvo en casos justificados. En esta categoría se ha incluido la cartografía de las zonas aptas para vertederos por ser una reserva de suelo destinada a ello, lo cual supone una cierta restricción.

Clase I o CAT Alta son áreas sin afecciones ambientales destacables, aptas para todos los usos (fig. 10).

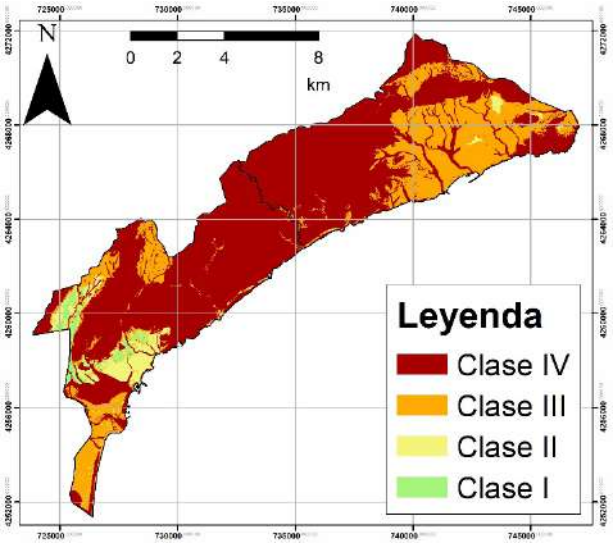


Figura 10. Estudio de Capacidad de Acogida del Territorio.

PROPUESTA DE USOS DEL SUELO

Para generar la propuesta de usos del suelo se han tenido en cuenta tanto el estudio CAT del apartado anterior como las limitaciones legislativas.

El uso de protección especial se ha dividido en varias categorías dependiendo del atributo que motiva su protección.

El suelo de especial protección hidráulica abarca el sistema nacional de zonas inundables, tanto fluviales como marinas, las zonas de servidumbre del dominio público hidráulico, y las áreas con peligrosidad 1, 2, 3, 4, y de peligrosidad morfológica del PATRICOVA, y las zonas en las que la peligrosidad 6 tiene sinergia con otros indicadores.

El suelo de especial protección litoral (fig. 11) abarca la zona de servidumbre 100 metros desde la línea de costa, 200 metros en el caso de la costa de las áreas protegidas marinas y 500 metros en el caso de las áreas adyacentes a los suelos no urbanizables de protección litoral del PATIVEL.

Se ha clasificado como suelo de especial protección geoambiental una gran parte del territorio. Las áreas de Clase IV del estudio CAT

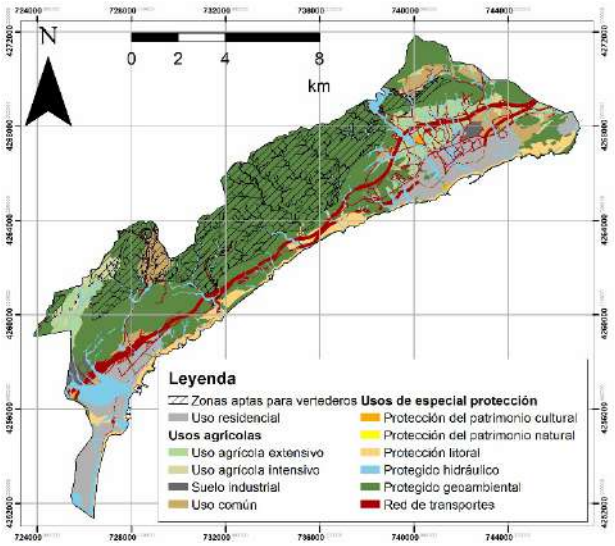


Figura 11. Propuesta de usos del suelo en la zona de estudio, atendiendo a los diferentes geodindicadores y estudio CAT analizado. Información cartográfica obtenida de la Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunidad Valenciana (2015b), Ferrando & Subdirección General de Ordenación del Territorio y Paisaje (2018), ICV (2018a; 2018b); Instituto Valenciano de la Edificación de la Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática de la Generalitat Valenciana (1994), MITECO (2010), Plan de Ecocartografías del Litoral Español, Equipo de Información Geográfica de Referencia (IGR) de Hidrografía del IGN (2019), y Servicio de ordenación del Territorio y Paisaje de la Conselleria de Vivienda de Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Comunitat Valenciana (2018).

que no pertenecen a ninguna otra calificación de suelo de especial protección entran en esta categoría. También se incluyen las zonas de alta vulnerabilidad de acuíferos en terrenos kársticos.

Como suelo de especial protección por patrimonio cultural se han demarcado los Bienes de Interés Cultural y sus áreas de influencia. Algunos de estos inmuebles están en casco urbano, por lo que se entiende que su área de influencia implica planes de protección de las edificaciones contiguas, y no un espacio no urbanizable a su alrededor, como sería lo recomendable en el caso de algunos BICs en suelo rural.

A pesar de que la figura de Lugar de Interés Geológico no conlleva protección legal, en este estudio se les considera patrimonio natural y se les asigna un uso de protección especial por patrimonio natural a estas localizaciones.

La última clase de este tipo es el suelo de especial protección por red de transporte. Abarca la red vial y ferroviaria actual, así como las zonas de protección de ésta determinados por la legislación pertinente.

Se ha establecido una categoría de zonas aptas para vertederos o plantas de tratamiento de residuos si fuera necesario. Se han escogido las zonas aptas para vertederos del Plan Zonal de Residuos que solapen con áreas de permeabilidad del suelo media y baja, y vulnerabilidad de acuíferos, sin coincidir con cauces con riesgo de inundación o con áreas con riesgo de inestabilidad.

El uso industrial se ha ubicado en áreas de permeabilidad media, vulnerabilidad de acuíferos media, y sin suelo protegido. Se ha tratado de que la extensión de este tipo de suelo en la propuesta sea similar a la actual. Además, se ha distribuido en zonas en las que el impacto paisajístico ya es notable, es decir, cerca del suelo de uso residencial.

El suelo de uso residencial se ha establecido en zonas de CAT I, II y III que no estuvieran previamente ocupadas por suelo protegido o suelo industrial. Su extensión es, aproximadamente, igual a la extensión de suelo urbano real. Dada la importancia del turismo de costa en la zona, y las características ambientales de las llanuras de El Campello y La Vila Joiosa, se ha situado el suelo residencial en estas áreas a lo largo de la línea de costa. Se ha dispuesto parte de este suelo en áreas de CAT Clase III por la falta de suelos en Clase I y II para albergar suelo residencial, pero sobre todo para evitar la dispersión o fragmentación urbana, que aumenta los impactos en el medio considerablemente (Barberis, 2007; Bazant, 2010).

El suelo de uso agrícola se divide en dos subclases. El suelo de uso agrícola extensivo se sitúa en zonas sin uso industrial o de protección especial, pero con vulnerabilidad de acuíferos media. En cambio, el suelo de uso agrícola intensivo se ha localizado en áreas de vulnerabilidad de acuíferos baja para evitar la contaminación de acuíferos. Se ha tomado el área de cobertera agrícola actual para ocupar una extensión similar en la propuesta.

El suelo de uso común es una categoría a la que no se le ha asignado ningún uso concreto, más que de amortiguamiento. Aquellas zonas que no presentan riesgos, afecciones graves o limitaciones legales, ni a las que se les haya asignado ya un uso, se consideran como suelo de uso común. Cerca del suelo de uso residencial se ha dejado como uso común algunas áreas como posibles áreas de reserva de suelo urbano, agrícola o industrial. El suelo común contiguo a zonas de protección paisajística se ha denominado como tal para aportar cierta integración paisajística con los terrenos colindantes.

CONCLUSIONES

Tras el trabajo tanto de gabinete como de campo, se han analizado 16 indicadores geoambientales para diagnosticar el grado de sostenibilidad presente en los instrumentos de planeamiento urbanístico vigentes en los municipios de El Campello y La Vila Joiosa. El estudio CAT revela que existen impactos actuales derivados de la implantación de usos sobre todo residenciales, y agrícolas e industriales en menor medida, en áreas que han resultado de capacidad de acogida baja por la presencia de riesgos naturales de diferente origen o por limitaciones estipuladas en la legislación. El estudio CAT también demuestra que los planeamientos actuales están desactualizados y no se tienen en cuenta los factores relacionados con la geología a la hora de realizar desarrollos urbanísticos.

En base a los criterios de sostenibilidad geoambiental obtenidos en el estudio CAT se ha realizado una propuesta de usos del suelo reubicando las diferentes clasificaciones y/o actividades, resultando en 6 categorías principales: suelos de especial protección, suelo agrícola, suelo residencial, suelo industrial, suelo común, y zonas aptas para vertederos.

REFERENCIAS

Arrebola, J.A. & Galacho, F.B. (2013). Modelo de evaluación de la Capacidad de Acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales. *Investigaciones Geográficas,* **60**, 69-85 pp.

Ayuntamiento de El Campello (1988). Plan General de Ordenación Urbana: Normas Urbanísticas. Boletín Oficial de la Provincia - Alicante, 27 pp.

Ayuntamiento de La Vila Joiosa (1999). Revisión del Plan General de Ordenación Urbana de La Vila Joiosa.

Barberis, W. (2007). Más allá de la fragmentación urbana. Identificación y mediación de los efectos de la fragmentación en áreas urbanizadas. In A. Oberti, L. Fernández Cordero, C. Bacci, L. Ariza & P. Aguilar (Coords.), *VII Jornadas de Sociología* (pp. 1-17). Buenos Aires: Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires.

Bazant, J. (2010). Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana. *Espacio Abierto*, **19**, 475-503 pp.

Berger, A. R. (2002). Tracking rapid geological change. *Episodes*, **25** (3), 154-159 pp.

Bretones, R., Cabañas, I, Colodrón, I, Lenindez, A., Leret, G., Martínez, W., Núñez, A., Quintero, I, Ruiz Fernández, V., Uralde, M. A. y FINA IBERICA (1978) *Mapa Geológico de la Hoja nº 872 (Alicante).* Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME.

Bretones, R., Cabañas, I., Colodrón, I., Núñez, A., Ruiz, V., Uralde, M. A., Cátedra de Geología de la ETSIM y FINA IBERICA (1980) *Mapa Geológico de la Hoja nº 847 (Villajoyosa).* Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME.

Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., Vegas, J. (2012). Un sistema de indicadores para la evaluación y seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico. *Geotemas*, **13**: 1272-1275 pp.

Colodrón, I. & Ruiz, V. (1978). *Mapa Geológico y Memoria de la Hoja nº 847 (Villajoyosa).* Mapa Geológico de España E. 1.50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME, 28 pp.

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (n.d.). La evaluación de la erosión hídrica. Precedentes metodológicos. Adaptación al valle central del río Guadalquivir. In *Capacidad de uso y erosión de los suelos en el valle central del río Guadalquivir* (pp. 208-209). Sevilla: Recursos naturales de Andalucía, Consejería de Medio ambiente.

Conselleria de Cultura y Deporte (2010). *Zona 0 Alicante*. Área de Patrimonio Cultural y Museos de la Conselleria de Cultura y Deporte.

Conselleria de Cultura y Deporte (2018). *Bienes de Interés Cultural*. Inventario General del Patrimonio Cultural Valenciano.

Conselleria de Infraestructuras, Territorio y Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana, ICV e IGN (2022). *Cartografía oficial de la Comunitat Valenciana. Edificaciones. E. 1:5.000*. Infraestructura Valenciana de Datos Espaciales (IDEV).

COPUT (1991). *Riesgos de deslizamientos y desprendimientos. E. 1:50.000*. IDEV.

COPUT (1992). *Riesgo de erosión potencial. E. 1:50.000*. IDEV.

COPUT (1995) *Vulnerabilidad de acuíferos. E. 1:50.000*. IDEV.

Corbí, H, García-García, F., García-Ramos, D. A., Soria, J. M., Tent-Manclús, J. E., Viseras, C. (2014). El sector nororiental de la cuenca de antepaís del Guadalquivir (Cordillera Bética, Mioceno superior): estratigrafía, cronología y evolución sedimentaria. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, **27**(1), 187-204 pp.

Cota Ambiental (2007). *Estudio de Paisaje del Plan General de Ordenación Urbana de El Campello (Alicante)*. Ajuntament de El Campello.

Cota Ambiental (2010). *Refundido del Estudio de Impacto Ambiental del Plan General de Ordenación Urbana de El Campello (Alicante)*. Ajuntament de El Campello.

Cremades, J. (1979). Contribución al conocimiento de los foraminíferos planctónicos y al estudio bioestratigráfico del Eoceno y Oligoceno del sector oriental de las Cordilleras Béticas. *Universidad de Granada*, 339 pp.

Decreto 120/2006, de 11 de agosto, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunitat Valenciana.

Decreto 208/2010, de 10 de diciembre, del Consell por el que se establece el contenido mínimo de la documentación necesaria para la elaboración de los informes a los estudios de impacto ambiental a los que se refiere el Artículo 11 de la Ley 4/1998, de 11 de junio, de la Generalitat, del Patrimonio Cultural Valenciano.

Decreto 55/2019, de 5 de abril, del Consell, por el que se aprueba la revisión del Plan integral de residuos de la Comunitat Valenciana.

Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunidad Valenciana (2015a). PATRICOVA. Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Generalitat Valenciana.

Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunitat Valenciana (2015b). PATRICOVA. *Red de cauces. E. 1:10.000*. IDEV.

Dirección General de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje de la Comunitat Valenciana (2015c). PATRICOVA. *Peligrosidad por inundación. E. 1:25.000*. IDEV.

Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar; IBERINSA & HIDTMA (2007). Ecocartografías de Alicante. Patrimonio Natural.

Dirección General del IGN (2009). Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación (NCSE-02). Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento.

Directiva 92/43/CEE del Consejo de 21 de mayo de 1992 relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

Estévez, A., Vera, J. A., Alfaro, P., Andreu, J. M., Tent-Manclús, J. E. & Yébenes, A. (2004) Geología de la provincia de Alicante. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, **12** (1), 2-15 pp.

EVREN (1998). Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas por actividades urbanísticas en la Comunidad Valenciana. *Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes*, 50 pp.

Ferrando, J. L. & Subdirección General de Ordenación del Territorio y Paisaje (2018). Memoria Informativa del PATIVEL de la Comunitat Valenciana. Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Comunitat Valenciana.

Gómez, D. (1992). Evaluación de Impacto Ambiental. Editorial Agrícola Española.

Hernández Samaniego, A., Navarro Juli, J. J., Estévez, A., López, M., Leníndez, A., Ramírez del Pozo, J. & Pascual Muñoz, H. (2008) *Memoria de la Hoja nº 848 (Benidorm)*. Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME, 73 pp.

Hernández Samaniego, A., Navarro Juli, J. J., Pascual Muñoz, H., Estévez, A. & López, M., (1993) *Mapa Geológico de la Hoja nº 848 (Benidorm)*. Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME.

IDEE (2021). *Modelo Digital del Terreno MDT05*. Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG).

IGN (2010). *Límites municipales, provinciales y autonómicos. E. 1:25.000*. Centro de Descargas del CNIG.

ICV (2018a). *Cartografía oficial de la Comunitat Valenciana. Red viaria. E. 1:50.000*. IDEV.

ICV (2018b). *Cartografía oficial de la Comunitat Valenciana. Ferrocarril. E. 1:50.000.* IDEV.

IGME (2018). IELIG. Recuperado el 17 de mayo de 2022, de http://info.igme.es/ielig/

IGME & LNEG (2015). Base de Datos de Fallas Activas del Cuaternario de Iberia (QAFI). IGME.

IVE (1994). *Zonas Inundables. E. 1:100.000*. Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática de la Comunitat Valenciana, IDEV.

IVE (2006a). *Terrenos kársticos. E. 1.100.000*. Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática de la Comunitat Valenciana, IDEV.

IVE (2006b). *Suelos colapsables. E. 1:100.000.* Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática de la Comunitat Valenciana, IDEV.

INTECSA (1973). Mapa geotécnico general 1:200.000. Alicante. Hoja 8-9/73. *Memoria. Ministerio de Industria*, 35 pp.

Leret-verdú, G. & Lenínde-González, A. (1978). *Mapa Geológico y Memoria de la Hoja nº 872 (Alicante).* Mapa Geológico de España E. 1:50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME, 33 pp.

Ley 38/2015, de 19 de septiembre, del sector ferroviario.

Ley 4/2004, de 30 de junio, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje (LOTPP).

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Ley 5/2007, de 9 de febrero, de la Generalitat, de modificación de la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano.

Ley 5/2014, de 25 de julio, de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje, de la Comunitat Valenciana.

Ley 6/1991, de 27 de marzo, de Carreteras de la Comunidad Valenciana.

Ley 6/1998, de 13 de abril, sobre régimen del suelo y valoraciones.

Ley 9/2006, de 5 de diciembre, reguladora de campos de golf en la Comunitat Valenciana.

Matesanz, Á. (2009). El suelo en la legislación urbanística española. *Boletín CF+S*, **51**, 7-61 pp. Recuperado 19 de abril de 2022, de habitat.aq.upm.es/boletin/n51/aamat.html#32.

MITECO (2010), Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. *Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables. Cauces con DPH Cartográfico. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE)*. Recuperado de la Subdirección General de Protección de las Aguas y gestión De Riesgos el 9 de mayo de 2022 de https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/gestion-de-los-riesgos-de-inundacion/snczi/

Orden de 12 de noviembre de 2001, del conseller de Medio Ambiente, por la que se aprueba el Plan Zonal de residuos de la Zona XV.

Plan de Ecocartografías del litoral español, Equipo de IGR de Hidrografía del IGN (2019). *Red de cauces de la Cuenca Hidrográfica del Júcar. E. 1.25.000*. Centro de Descargas del CNIG.

Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Real Decreto 876/2014, de 10 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento General de Costas.

Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.

Servicio de Ordenación del Territorio y Paisaje de la Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Generalitat Valenciana (2018). PATIVEL. *Suelos no urbanizables de protección litoral y Suelos no urbanizables de refuerzo del litoral. E. 1:20.000*. IDEV.

Tribunal Supremo del Consejo General del Poder Judicial (2016). Sentencia Nº: 725/2016. Casación ha lugar por falta de estudio económico-financiero del Plan General de Ordenación Urbana de "El Campello", aunque el ordenamiento autonómico no lo exija expresamente.

VAERSA (2007). *Zonas aptas para vertederos de la Comunitat Valenciana. E. 1:200.000*. IDEV.

Este artículo está basado en un Trabajo de Fin de Grado, realizado en el Grado en Geología de la Universidad de Alicante, que fue tutorizado por José Francisco Baeza Carratalá, quien ha sido notificado de la presentación del mismo a este premio.

La autora es dueña, se hace responsable y exíme de toda responsabilidad a la revista Cidaris, *editores y maquetadores, del contenido del artículo; así como cualquier problema de autoría o derechos de autor y otros posibles conflictos que pudiese ocasionar la publicación de este trabajo.*

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DEL ACUÍFERO DE SELLA (ALICANTE)

Hydrogeological Study of the Sella Aquifer (Alicante)

Víctor Sala Sala
Universidad de Alicante, Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente,
Ctra. San Vicente del Raspeig, s/n - 03690 San Vicente del Raspeig.
Correo electrónico: v.salas@umh.es; salasalavictor@gmail.com

RESUMEN

El objetivo general de este trabajo es caracterizar hidrogeológicamente el acuífero de Sella, que abarca parte de los municipios de Sella y Benimantell (Alicante). El acuífero se emplaza en las Zonas Externas de la Cordillera Bética, concretamente en el Prebético. Está formado por calizas del Eoceno medio y delimitado por arcillas del Eoceno inferior, a excepción de su límite occidental, que está más discutido. La dirección general del flujo subterráneo es N-S, aunque da un pequeño rodeo marcado por la geología. El acuífero tiene un carácter semiconfinado y permanece en régimen natural. Para el periodo 2000-2018, la recarga anual fue estimada en torno a los 2,9 hm^3, la cual se produce de manera directa por los materiales permeables que ocupan 26 de los 54 km^2 totales. Las descargas están focalizadas en los manantiales de la Font Major de Sella y la Font de l'Alcàntara. La ETR es de 317 mm/año, que equivale al 35 % de la ETP. Las facies de los manantiales son bicarbonatadas cálcicas, las aguas son duras y poseen un pH ligeramente básico. Las conductividades son similares en todos los puntos, y dotan al agua de una excelente calidad para el abastecimiento y regadío.

Palabras clave: *acuífero kárstico, recarga, régimen natural*, trop plein.

ABSTRACT

The general objetive of this communication is doing a hydrogeology description of Sella aquifer, that includes part of Sella and Benimantell municipality (Alicante). The aquifer is found within External Zones of Betic Cordillera, in particular in the Prebetic. The system is made up of Middle Eocene limestone, and it is delimited both laterally and basally by Lower Eocene clay, except for its western limit, which is more discussed. The main groundwater flow direction is N-S, although it takes a small detour conditioned by the geology. The aquifer has a semi-confined nature and remains in natural regulation. For the period 2000-2018, the yearly recharge is estimated at 2,9 hm^3 and is directly generated by permeable materials which take up 26 of 54 km^2 of the total area. The aquifer discharge is focused on Font Major de Sella and Font de l'Alcàntara springs. The RET is 317 mm/year, which equates to the 35% of the PET. The water facies of all the springs are calcium bicarbonate, the water is hard and has a slightly basic pH. The electrical conductivity is similar in all the points and gives the water excellent quality for supply and irrigation.

Key words: *karstic aquifer, recharge, natural regulation, trop plein.*

INTRODUCCIÓN

Los pequeños municipios de la mitad norte de la provincia de Alicante (al SE de la Península Ibérica), desde sus orígenes históricos, han dependido del afloramiento de aguas subterráneas por manantiales para su abastecimiento y la producción agrícola. El municipio de Sella, en la comarca de la Marina Baixa, es un claro ejemplo de esta relación entre poblaciones y las descargas de acuíferos por manantiales. El agua de estos manantiales proviene del acuífero de Sella, que tiene una extensión de 54 km^2, de los cuales 26 km^2 lo constituyen unas calizas eocenas con características hidrogeológicas muy favorables, abarcando el municipio de Sella y parte de Benimantell.

El acuífero de Sella ha sido estudiado previamente desde diferentes puntos de vista, entre los que destacan, por su número de publicaciones, los trabajos geológicos e hidrogeológicos. Por una parte, la memoria de la hoja 847 del plan MAGNA (Colodrón & Ruíz, 1980), del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), sintetiza buena parte del conocimiento que existe sobre la geología local. Desde las referencias más genéricas de los estudios sobre la zona intermedia entre el Prebético y Subbético, a los trabajos más específicos de Azema (1965), Lillo (1973) y Azema *et al.* (1975) que se tomaron como base en la confección del mapa geológico. Una revisión y actualización de la geología de la zona se puede encontrar en la publicación *Sierra de Aitana* (Alfaro *et al*., 2004), que presenta un itinerario geológico sobre la sierra y sus alrededores.

Sin embargo, buena parte del trabajo geológico desarrollado está vinculado a trabajos hidrogeo-

lógicos. Rodríguez Estrella (2002) realiza una descripción hidrogeológica de los materiales, una cartografía hidrogeológica de detalle del acuífero y señala la importancia que tienen los cambios laterales de facies en las calizas eocenas. En 2003, la Diputación Provincial de Alicante (DPA) publica *Los manantiales provinciales. Primera parte*, donde señalan la ubicación de los puntos de agua más importantes del acuífero, además de un análisis químico de sus aguas. Por último, *Rutas azules por la provincia de Alicante* (IGME-DPA, 2011) tiene una finalidad divulgativa, con anotaciones históricas de interés, croquis geológicos y senderos de interés hidrogeológico. En relación a este libro, se han diseñado actividades divulgativas, como es el caso de la segunda edición del Hidrogeodía en la provincia de Alicante.

El objetivo principal de este artículo es actualizar la información hidrogeológica del acuífero de Sella, y aportar nuevos datos para ampliar el conocimiento sobre su funcionamiento hidrológico, ya que es un recurso esencial para los municipios colindantes que se abastecen de su agua. Para cumplir dicho propósito se han planteado distintos objetivos específicos. Entre ellos destacan las campañas de campo para reconocer la geología de la zona y los límites del acuífero, así como establecer el comportamiento hidrogeológico de los materiales. Además, para complementar el histórico de datos analíticos de sus fuentes, se ha propuesto realizar un análisis químico de sus aguas. El trabajo se complementa con un estudio climatológico y una evolución piezométrica, dando así una visión general y completa del comportamiento del acuífero.

METODOLOGÍA

En cuanto a la metodología de campo, se ha realizado una revisión geológica de la zona de estudio, siguiendo la cartografía perteneciente al Plan MAGNA a escala 1:50.000 del IGME y las fotos aéreas del Instituto Geográfico Nacional (IGN). A su vez, se han inventariado los puntos de agua y revisado la calidad de los mismos tomando las medidas *in situ* de conductividad eléctrica, pH y temperatura. Además, se ha realizado una recogida de muestras de agua de los manantiales activos para un posterior análisis químico.

Posteriormente, en el laboratorio, se han reconocido algunos materiales en láminas delgadas para identificar las facies y distinguir la porosidad de la roca. También se han analizado las muestras de agua para determinar su composición química.

En el trabajo de gabinete se ha consistido en la compilación, elaboración y análisis de las series meteorológicas, piezométricas y químicas. Para este estudio se ha utilizado la estación pluviométrica de Sella por su localización geográfica y porque cuenta con un registro casi continuo de datos. El tratamiento de las series climatológicas ha sido el clásico para los estudios hidrogeológicos: primero se han homogeneizado y posteriormente se han rellenado las lagunas de información con la estación de Relleu y Alcoi para los datos de precipitación y temperatura, respectivamente. Los registros de piezometría y calidad de las aguas han sido obtenidos del fondo documental de la DPA.

Por último, se ha elaborado un modelo de balance de agua en el suelo para determinar la recarga y la evapotranspiración real en la zona de estudio. Para ello, se ha utilizado el *software RENATA* (Recarga Natural a los Acuíferos), desarrollado por la DPA conjuntamente con el IGME en 2012.

CONTEXTO

El acuífero de Sella, ubicado en el norte de la provincia de Alicante (fig. 1), abarca principalmente el término municipal de Sella, pero también se extiende hacia el término de Benimantell. Esta región se distingue no solo por su acuífero, sino también por su destacado patrimonio natural y cultural. Es importante destacar que una parte de esta área se encuentra incluida en la red Natura 2000, lo que subraya su relevancia en términos de conservación de la biodiversidad.

La zona se sitúa dentro del denominado Clima mediterráneo levantino (Font Tullot, 1983) o Clima de fachada seca del macizo de Alcoi (Olcina & Moltó, 2019), el cual concierne al Alto y Medio Vinalopó y a las sierras situadas al sureste del macizo de Alcoi. Las precipitaciones de este clima, aunque sean escasas e irregulares a lo largo del año, son más abundantes en los meses otoñales y menores en los estivales, donde la sequía es larga e intensa durante tres o cuatro meses del año. Es frecuente que las precipitaciones ocurran de forma torrencial, es decir, que en periodos cortos de tiempo precipiten grandes volúmenes de agua, lo

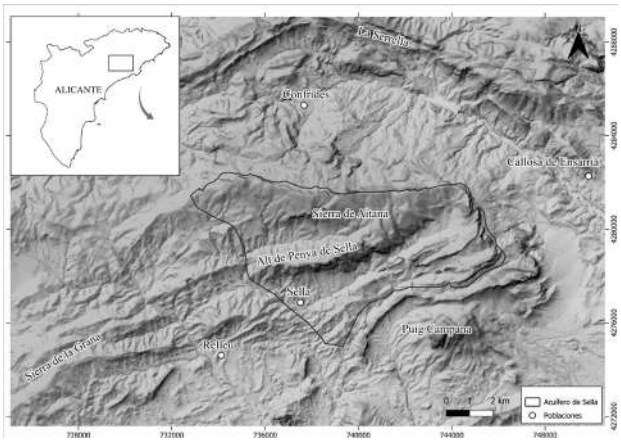


FIGURA 1. Localización geográfica de la zona de estudio. Se indica el perímetro del acuífero con la línea negra.

que se traduce en que en estos puntos las medias mensuales se alejen de los máximos y mínimos diarios. Un caso de este tipo de lluvia torrencial es la llamada comúnmente de tipo "gota fría", que corresponde a depresiones aisladas de aire frío en altura (DANA), y que afecta cada año al final de los meses estivales por el choque de masas de aires de distinta temperatura en las costas del este peninsular. Los valores de temperatura y evaporación son más elevados en los meses estivales, concretamente en el mes de julio, donde la nubosidad es menor y la península tiene más horas de sol.

Desde un punto de vista geológico, el acuífero se ubica en las Zonas Externas de la Cordillera Bética, concretamente en el Prebético de Alicante (VERA, 2004). Estructuralmente, predomina una serie de pliegues de dirección OSO-ENE, formados por el despegue de la cobertera sedimentaria por un plano de debilidad, constituido por evaporitas y arcillas de edad triásica. Por encima, se encuentran las unidades del Paleógeno del Prebético de Alicante, constituido por un conjunto carbonatado de potencia variable que forma los relieves de la Sierra de Aitana, y unos materiales margosos y margocalizos de edad Oligoceno que ocupan las partes más bajas de la zona.

RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos agrupados en climáticos, geológicos e hidrogeológicos.

Características climáticas

Sella tiene una precipitación media anual de 414 mm para el periodo de años 2000-2018, aunque con importantes variaciones interanuales. Respecto a las medias mensuales, los meses de julio son los más secos, no llegando a 10 mm, y los meses otoñales, junto a diciembre y enero, los más húmedos superando los 45 mm. En cuanto a la temperatura, el valor medio para el mismo periodo de años es de 15,5 ºC, superando los 27 ºC durante los meses estivales y disminuyendo hasta los 5 ºC en enero y febrero (fig. 2A).

La evapotranspiración potencial media anual es de 897 mm. Los valores más elevados se concentran en los meses estivales, registrando el valor máximo en el mes de julio con 157 mm, a diferencia de los meses invernales, en el que destaca enero con 12,5 mm. Sin embargo, la evapotranspiración real anual media es de 317 mm, y equivale al 35% de la ETP en los últimos 18 años (fig. 2B).

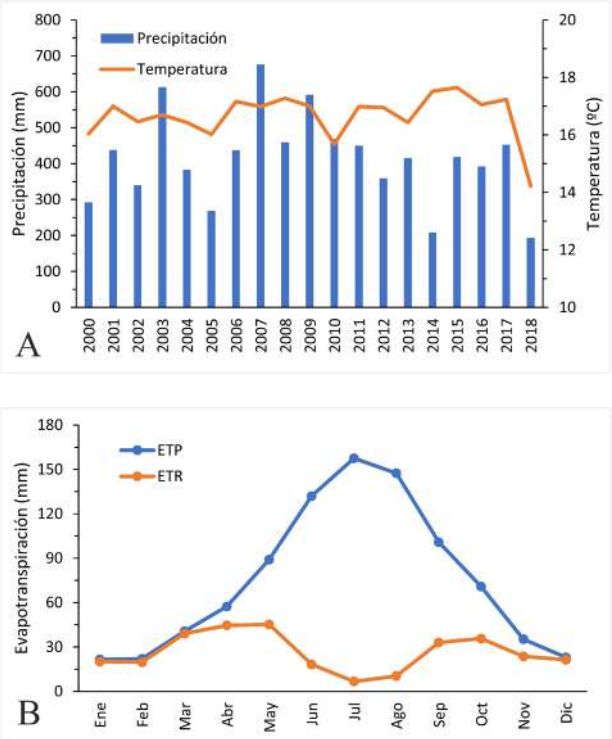


FIGURA 2. A) Precipitación y temperatura anual media en Sella para el periodo de años 2000-2018. B) Evapotranspiración potencial y real en Sella para el periodo de años 2000-2018.

Características geológicas

A continuación, se describen de muro a techo los materiales que aparecen en el área de estudio, según la estratigrafía básica descrita por RODRÍGUEZ ESTRELLA (2002) y la memoria asociada al mapa MAGNA de la hoja 847 (Villajoyosa) del IGME (COLODRÓN & RUÍZ, 1980). Como muestra la figura 3 (pág. sigiente), la columna estratigráfica del acuífero de Sella posee una potencia total de en torno a los 1000 m de espesor.

Calizas, margas y margocalizas (C).

Aunque este material no aflore dentro del área del acuífero, sirve como basamento para el paquete cenozoico y confina al acuífero en muchos de sus límites. Está formado por calizas, margas blancas con presencia de Globotruncanas y unas margocalizas rosadas de edad Santoniense-Campaniense. Tiene más de 550 m de potencia.

Arcillas verdes (E1).

Se trata de una litología de transición entre el Paleoceno y el Eoceno que funciona como nivel de despegue local. Tiene una potencia aproximada de 200 m, aunque su espesor puede variar. Por ejemplo, Alfaro *et al*. (2004) le confieren un espesor aproximado de 50-100 m en los asomos de la Sierra de Aitana. Afloran en el límite septentrional, oriental y meridional del acuífero.

Calizas organógenas (E2).

Por encima de la unidad E1, se dispone un paquete carbonatado de carácter arrecifal de colores blanquecinos, que forma todos los relieves de la zona. La litología sufre un cambio lateral de facies gradual hacia el sur y brusco hacia el oeste, volviéndose margoso. Su edad es Luteciense y su espesor varía entre los 50 y 350 m. Se trata, como se puede ver en las láminas delgadas realizadas a partir de las muestras recogidas en este estudio (fig. 4), de calizas con abundante fauna bentónica, en la que predominan los foraminíferos, en especial del género *Nummulites*. A escala de afloramiento se observa fracturación y disolución, aspectos que constituyen la porosdad macroscópica.

Margas, margocalizas y calcarenitas (O).

Esta unidad presenta tres tramos de edad Oligoceno. El inferior está constituido por margas y margocalizas con presencia de *Lepidocyclina* y *Operculina* y una potencia aproximada de 100-150 m. Por encima, un tramo de 50 m de calcarenitas bioclásticas con una fauna parecida al tramo anterior. Por último, un tercer tramo presta las mismas características que el primero. Los materiales afloran en las cotas más bajas, en los barrancos de *l´Arc* y *Tagarina*.

Respecto a la tectónica, existen dos grandes anticlinales: la Sierra de Aitana y *l'Alt de Penya* de Sella. El primero tiene una longitud de onda de 5 km (Alfaro *et al*., 2004) y en el segundo, además de su carácter cabalgante hacía el NO,

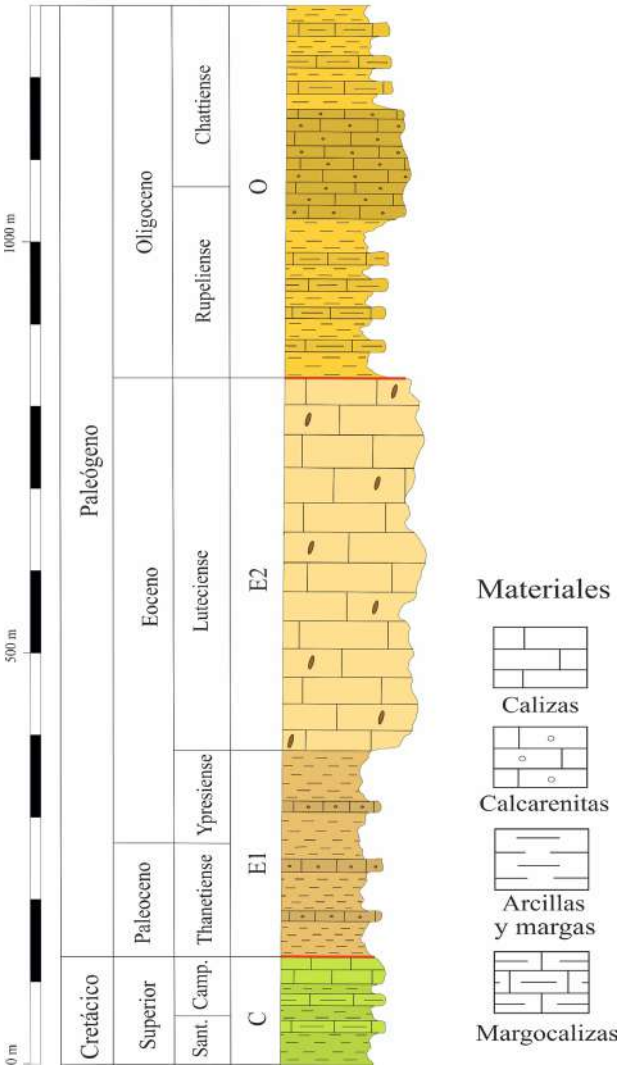


Figura 3. Columna estratigráfica tipo de la zona de estudio.

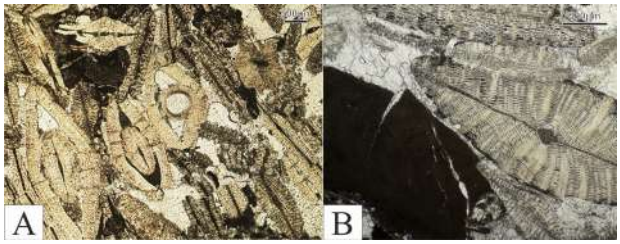


Figura 4. Fotografía de la lámina delgada perteneciente a las calizas eocenas con (A) *Nummulites* y (B) Secciones de *Discocyclina* y algas rojas.

su flanco septentrional está fracturado por una falla inversa que se va amortiguando hacia el E (Rodríguez Estrella *et al*., 2004).

El anticlinal de *l´Alt de Penya* de Sella separa los dos grandes sinclinales de la zona. Al N el *Barranc de Tagarina* y al E el *Barranc de l´Arc*, cuyos flancos septentrionales están fracturados por fallas normales y los meridionales por fallas inversas (Rodríguez Estrella *et al*., 2004). Geológicamente, la zona es más compleja al este del acuífero. El área se caracteriza por poseer un conjunto de fallas inversas, donde vuelven a aflo-

rar las calizas eocenas cabalgando hacia el Puig Campana. El buzamiento de las capas es variable pero siempre con un ángulo mayor a los 40º, llegando a invertirse en su parte más oriental.

También hay que destacar la existencia de dos fallas dextrosas con orientación N120E. Una de ellas atraviesa el área anteriormente nombrada y la otra tiene una trayectoria aproximada a la carretera comarcal que pasa por Sella (CV-770). Las características geológicas anteriormente descritas, vienen recogidas en el siguiente mapa geológico (fig. 5), donde se han representado varios cortes geológicos de la zona (fig. 6).

Características hidrogeológicas

A continuación, se caracteriza hidrogeológicamente los materiales del acuífero de Sella, de más antiguos a más recientes, atendiendo al Mapa Hidrogeológico Provincial (DPA, 2010).

Calizas, margas y margocalizas (C).

En el techo de este paquete carbonatado se disponen unas calizas con características hidrogeológicas buenas/medias, pero rápidamente hacia muro adquieren facies margosas, lo que se traduce en que pasa a tener un comportamiento de tipo acuicludo.

Arcillas verdes (E1).

Estas arcillas tienen un comportamiento claramente acuicludo, y funcionan como impermeable de muro y lateral en todos sus límites a excepción del límite occidental.

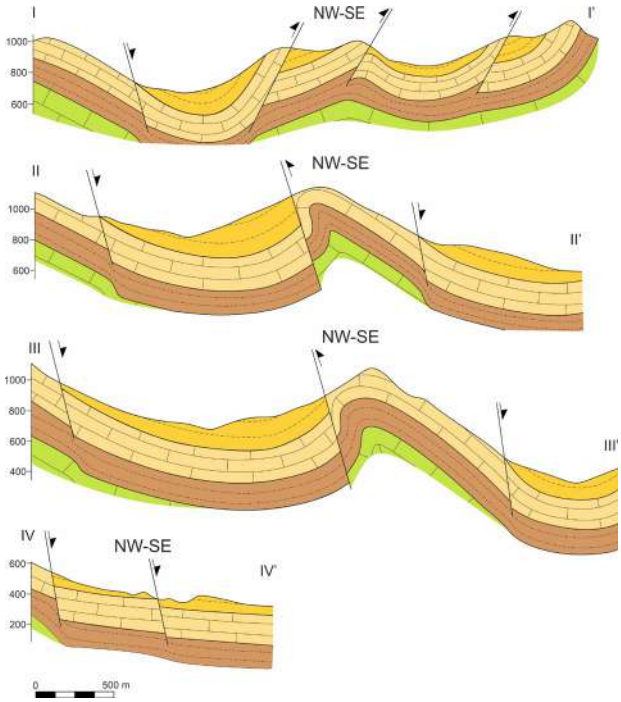


FIGURA 6. Cortes geológicos del acuífero de Sella.

Calizas organógenas (E2).

Es la litología particularmente estudiada en este trabajo ya que es la formación que constituye el acuífero propiamente dicho. Este tramo posee una alta karstificación, lo que lo dota con un comportamiento acuífero muy bueno. A escala general se trata de un paquete carbonatado isótropo de una potencia variable entre 50-350 m, pero a escala local las calizas eocenas se vuelven margosas hacia el sur y el oeste, llegando a ser en algunos de estos tramos su propio límite impermeable junto a la litología infrayacente, las arcillas verdes (E1).

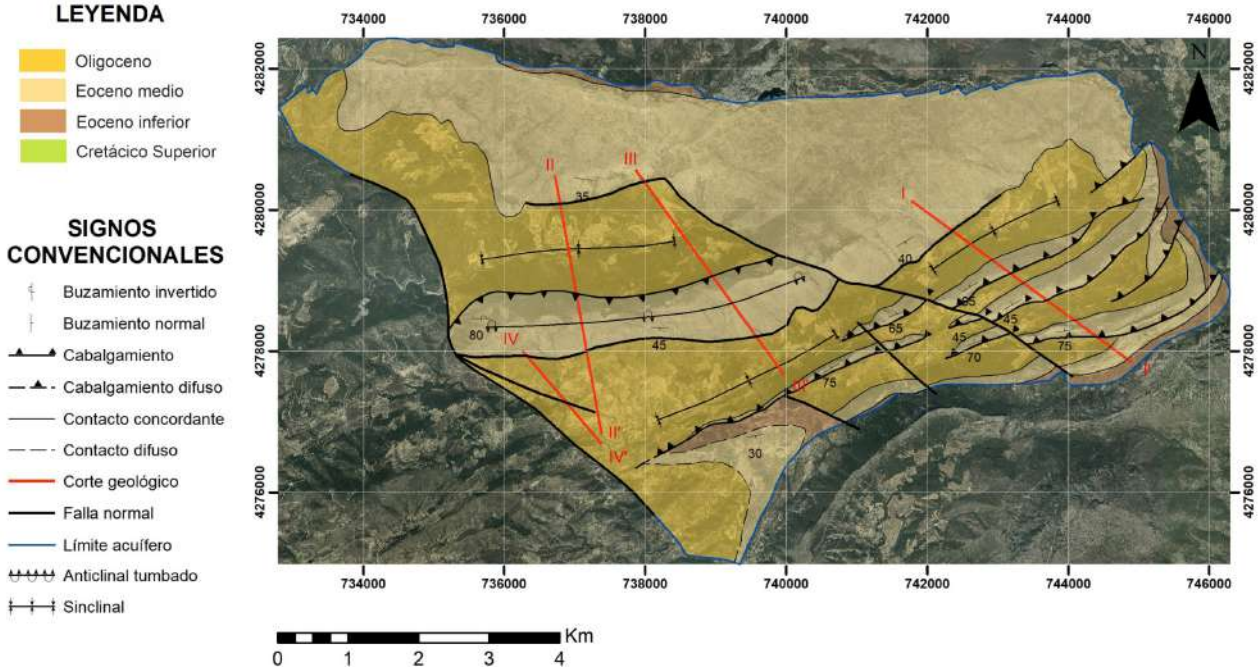


FIGURA 5. Cartografía geológica del acuífero de Sella.

Margas, margocalizas y calcarenitas (O).

Sobre el tramo anterior se desarrolla una alternancia de materiales con características adecuadas para almacenar agua. Sin embargo, sólo se depositan en las cotas más bajas y no llegan a tener la continuidad suficiente para que sea rentable la explotación.

Respecto a la geometría y límites, el acuífero de Sella posee una geometría "pseudotriangular". Los vértices superiores ocupan gran parte de la Sierra de Aitana y el inferior está próximo a las arcillas y yesos del diapiro de Finestrat. La parte septentrional es más escarpada que la meridional, rasgo que condiciona la dirección de flujo del agua subterránea.

Todos los límites del acuífero están bien definidos por la presencia de su impermeable de muro, a excepción del occidental que lo marca una falla que coincide con el trazado de la carretera Sella-Alcolecha. Se trata del límite más discutido dado que no afloran materiales impermeables en la zona como en los otros casos, y el acuífero adyacente tiene la misma litología que el de Sella. Con el fin de diferenciarlos, Rodríguez Estrella *et al*. (2004) señala que las calizas del acuífero de Escuders son mucho más margosas y que su nivel piezométrico se sitúa 100 m por encima.

El acuífero de Sella tiene inventariados un total de 8 puntos, de los que 5 se corresponden con manantiales y 3 con sondeos (fig. 7). No obstante, la masa de agua se encuentra en régimen natural y únicamente el sondeo «La Sabatera» continúa teniendo la bomba hidráulica instalada para garantizar el suministro en los periodos de sequía. *La Font Mayor de Sella* constituye el manantial principal del acuífero. La surgencia se encuentra a 700 m al oeste del centro urbano, en unas calizas eocenas que afloran gracias a una pequeña falla. La descarga del manantial es regular y está cifrada en torno a los 16,3 L/s (DPA-IGME, 2015). Parte de esta agua es redirigida por conducciones para el abastecimiento de Sella y para el regadío, la otra parte fluye hasta que llega al río Sella. La *Font de l'Alcàntara* y *l'Arc* son manantiales importantes debido a su caudal, y el último de ellos se clasifica como *trop plein*, que significa 'desbordante' en francés. Un manantial *trop plein* se caracteriza por tener un flujo de agua que excede su capacidad de almacenamiento, resultando en un desbordamiento natural. Estos manantiales son a menudo considerados atractivos turísticos y se pueden encontrar en diversas regiones del mundo. En el caso de la *Font de l'Arc*, se han registrado caudales máximos de 2390 L/s en 1991 y 1080 L/s en 1997 (DPA-IGME, 2015), lo que demuestra su gran volumen de agua en comparación con la *Font de l'Alcàntara*, cuyo caudal medio es de aproximadamente 12 L/s.

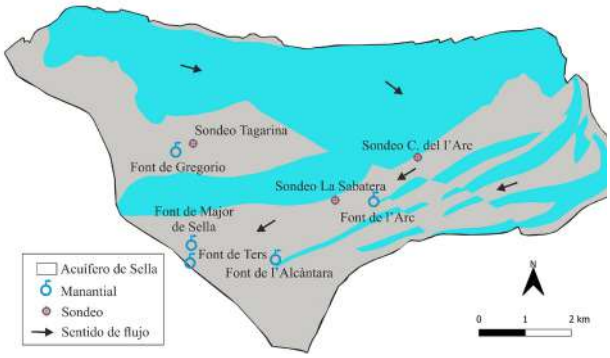


Figura 7. Cartografía hidrogeológica simplificada del acuífero de Sella.

Las características hidráulicas del acuífero están determinadas por los ensayos de bombeo realizados por el IGME en los sondeos La Sabatera y Casas de l´Arc. Rodríguez Estrella *et al*. (2004) describen los aforos realizados en ambos pozos. En el primero se estimó que, para un caudal medio de 87,6 L/s durante 1865 minutos, se encontraron valores de transmisividad de 3528 m^2/día, y que para Casas de l´Arc, realizando un aforo de 80 L/s durante 1400 minutos, obtuvieron un valor de transmisividad de 4872 m^2/día. Como se observa, son valores muy elevados propios de un acuífero muy karstificado.

En relación con la evolución piezométrica, no se observan descensos provocados por bombeos, dado que el acuífero ha estado en régimen natural durante este periodo de años estudiado. Los niveles más altos se encuentran próximos a los 20 m y los más bajos en torno a los 60 m en 2016 (fig. 8). Sin embargo, se aprecia cómo los descensos por encima y por debajo de los 45 m tienen una dinámica diferente, situación que se discute posteriormente.

Respecto al quimismo, todas las fuentes tienen una composición similar. Las temperaturas, por lo general, son frías y el pH es ligeramente básico. Los valores se han representado en un diagrama de Piper, y el resultado obtenido muestra que todas son facies bicarbonatadas cálcicas (fig. 9). Las conductividades más elevadas se localizan en la Font Major de Sella, donde además

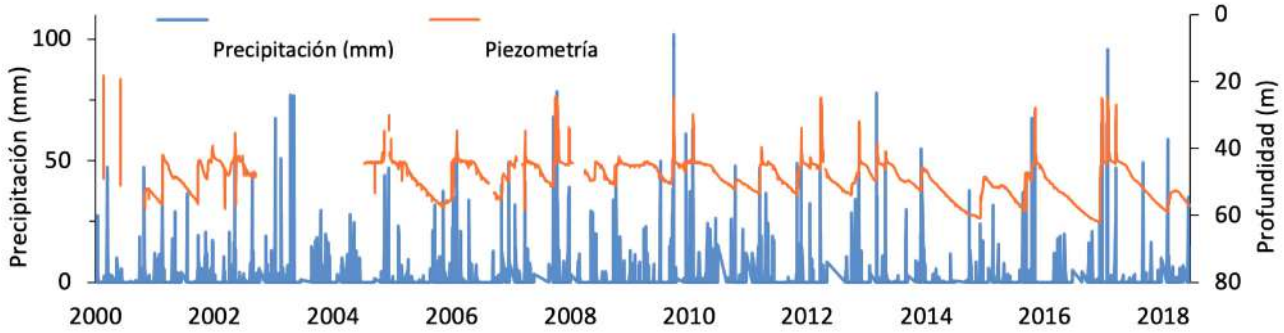


FIGURA 8. Evolución del nivel piezométrico en el sondeo «La Sabatera» para el periodo de años 2000-2018.

se ha estimado una dureza de 187,75 mg/L, clasificándola como dura. Los nitratos son ínfimos, lo que quiere decir que el agua de Sella es de excelente calidad y puede ser utilizada para consumo y riego como dice la normativa vigente: Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, y los Reales Decretos que la modifican: Real Decreto 314/2016, de 29 de julio, Real Decreto 902/2018, de 20 de julio y Real Decreto 3/2023, de 10 de enero.

Para determinar el balance del acuífero, se ha llevado a cabo una estimación de la recarga por infiltración del agua de lluvia para el periodo 2000-2018. Para este propósito, se utilizó el programa *RENATA* (DPA-IGME, 2012), que permite realizar balances de agua en el suelo con una discretización espacial y temporal diaria (entre ellos, los datos más relevantes para el artículo están en la tabla 1). En cuanto a la discretización espacial, se consideraron los sectores climáticos basados en la proximidad de las estaciones meteorológicas, así como el tipo de suelo, el uso del suelo y la cartografía de cultivos.

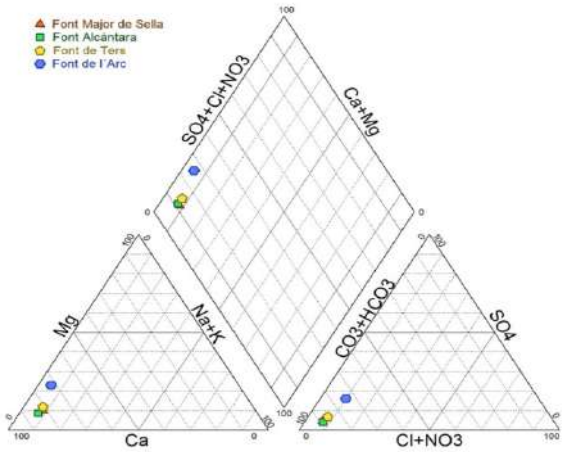


FIGURA 9. Diagrama de Piper de los manantiales del acuífero de Sella en 2019.

Los resultados indican que la recarga directa por precipitación equivale a 12 % de las precipitaciones, aproximadamente, lo que representa 2,90 hm^3/año. Los retornos de riego se consideran despreciables en términos de contribución a la recarga del acuífero. Dado que las descargas conocidas por los manantiales poseen valores similares a 2,9 hm^3, se considera que el acuífero está en régimen natural. La elevada diferencia entre las precipitaciones y la recarga del acuífero se debe a las características de los materiales de la zona, en buena parte impermeables.

TABLA 1. Reserva de agua útil (RAU) y umbral de escorrentía (Po) estimados para cada sector de suelo diferenciado.

Sector de suelo	RAU (mm) Inf-Sup.	Po (mm)
Oligoceno	30-70	3
Eoceno con pendiente	30-50	5
Eoceno sin pendiente	30-55	30

DISCUSIÓN

El módulo pluviométrico anual ha menguado durante el periodo de años estudiado (2000-2018), esto podría deberse a que durante el periodo de años estudiado se ha producido una transición entre un ciclo húmedo y uno seco. Los ciclos de precipitación son un fenómeno natural que se produce en muchas regiones del mundo y que pueden tener una duración de unos pocos años a varias décadas. La temperatura media anual de Sella es de 15,5 ºC, similar a la que se da en los meses de primavera. De este modo, coincidiría con lo citado por OLCINA & MOLTÓ (2019), señalando que no existe mucha fluctuación de la temperatura durante el año.

En cuanto a la evapotranspiración, la máxima diferencia entre la evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR) se sitúa en el mes de julio, debido a que las reservas del suelo son escasas o inexistentes. Los valores

máximos de ETR se alcanzan en abril/mayo y septiembre/octubre, a causa de que en esta época del año coexisten el agua del suelo y el poder evaporante de la atmósfera.

La disposición geológica de la zona tiene un papel importante en el funcionamiento del acuífero de Sella. La parte septentrional parece estar desconectada de la meridional por su parte occidental debido a una falla, que fractura y recorre todo el flanco norte del anticlinal de *l'Alt de Penya de Sella*. Este hecho podría provocar que el flujo de agua desde cotas más altas hasta los manantiales siga una trayectoria determinada recorriendo el *Barranc de l'Arc*.

A pesar de que todas las fuentes poseen químicamente una concentración similar en todos sus iones, algo compatible con la unidad del acuífero y la homogeneidad de sus materiales, hay pequeñas variaciones entre manantiales que se podrían explicar por las particularidades locales de los mismos. El anión mayoritario presente en las aguas de los manantiales es el bicarbonato, procedente de la interacción del agua con la roca permeable (calizas), al igual que ocurre con el calcio y el magnesio también presentes. Los demás componentes se presentan en concentraciones muy pequeñas, en especial mención a los nitratos, dado que este compuesto se suele relacionar con la actividad antrópica o descomposición de materia orgánica y es un indicador de contaminación.

La mayor parte del agua que surge por los manantiales proviene de la recarga que tiene lugar en la Sierra de Aitana, debido a que es el mayor afloramiento permeable del acuífero. El impermeable de muro define claramente todos sus límites salvo el occidental. Éste, aunque esté en contacto con otro acuífero de litología similar, presenta un nivel piezométrico 100 m superior, quedando desconectados hidráulicamente. De este modo, se descartaría la posibilidad de que hubiera flujos de agua procedentes de otros acuíferos.

Los niveles piezométricos del sondeo La Sabatera muestran que existe una relación instantánea entre el nivel y las precipitaciones. El cambio de comportamiento que presenta el nivel piezométrico a 45 m de profundidad se podría deber al número de manantiales estacionales que se sitúan en las cotas altas del acuífero, lo que generaría su rápido vaciado en periodos de aguas altas.

La recarga del acuífero se ha cuantificado en 2,9 hm^3/año, valor que se ajusta a las salidas conocidas a través de los manantiales. Este hecho justificaría que el acuífero se encuentre en régimen natural, ya que no existen entradas/salidas ocultas ni extracciones por bombeos. Sin embargo, el modelo matemático se ha ajustado exclusivamente con los volúmenes de salida de los manantiales *Font Major de Sella* y *Font de l'Alcàntara*. Es decir, en el balance no está considerada el agua de la *Font de l'Arc* y de otros manantiales menores a causa de no poseer un caudalímetro. En definitiva, la recarga podría ser algo mayor a la calculada, debido a que únicamente se han considerado las precipitaciones que se producen en forma líquida, dado que son las más frecuentes. Se han desestimado los volúmenes que pueden proceder de otros tipos de precipitaciones ocultas (nieve, rocío, etc.) debido a que, ni se dispone de datos cuantitativos, ni se consideran valores significativos respecto a los que aportan las lluvias.

CONCLUSIONES

El estudio climatológico realizado en la zona del acuífero de Sella ha permitido corroborar que presenta el "Clima de fachada seca del macizo de Alcoy", en línea con las conclusiones previamente descritas por Olcina & Moltó en su estudio de 2019. La precipitación media anual es de 414 mm, recurrentemente superior a la media de la provincia de Alicante, y con un claro contraste entre la pluviometría otoñal (45 mm) y estival (10 mm), así como una amplitud térmica suave producida por su proximidad a la costa. Además, se ha podido comprobar que ha habido un cambio en el clima para el periodo de años estudiado, pasando de una fase húmeda a una fase seca.

Los materiales que conforman el acuífero de Sella son unas calizas eocenas con gran abundancia de fósiles y alta porosidad, lo que le confiere unas características favorables como acuífero. Presenta un carácter semiconfinado, donde los materiales permeables ocupan aproximadamente la mitad del área (26 km^2). Los límites laterales y basal los constituyen las arcillas verdes del Eoceno inferior, a excepción del límite occidental que lo define un contacto mecánico. El impermeable de techo, formado por el Oligoceno margoso, es más frecuente en la parte meridional, impidiendo la recarga del acuífero de Sella por esta zona.

Esto provoca que la recarga se produzca principalmente por la infiltración del agua de lluvia a través de las rocas permeables que afloran en la Sierra de Aitana. El valor anual estimado es de 2,9 hm^3, lo que supone el 11,7% de las precipitaciones, aproximadamente. Las descargas cuantificadas presentan el mismo valor, de modo que el acuífero se mantiene en régimen natural.

Respecto al quimismo, los resultados analíticos confirman que los manantiales principales poseen rasgos similares, siendo clasificados como aguas de facies bicarbonatadas cálcicas, duras, ligeramente básicas y de excelente calidad cualquier uso. En relación con la evolución piezométrica, los niveles se han mantenido entre los 20 y 65 m de profundidad. Se considera que el cambio de comportamiento que tiene la piezometría a los 45 m se debe al grado de karstificación que tiene el acuífero en su parte superior y a los numerosos manantiales que se activan en los periodos de aguas altas, como es el caso de la *Font de l'Arc* de tipo *trop plein*.

En definitiva, los resultados obtenidos en este trabajo son de gran importancia para comprender el impacto del clima en los recursos hídricos locales y para implementar medidas efectivas de gestión y conservación en el futuro. Cabe destacar el valor que tiene la conservación de acuíferos en régimen natural en zonas de clima semiárido, como el del sureste español. En este caso, el agua es un recurso invaluable que ha abastecido a varias poblaciones a lo largo de los años y se debe poner en valor como parte del patrimonio geológico para seguir siendo capaz de abastecer a estos municipios. En este sentido, es importante seguir realizando estudios y dar a conocer estos recursos naturales a la población a través de actividades divulgativas como la realización del libro/guía de *Rutas Azules por la provincia de Alicante* o el Hidrogeodía.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento al Área de Ciclo Hídrico de la Diputación de Alicante por su invaluable contribución en la elaboración de este informe. Su generosidad al proporcionarme los datos necesarios ha sido fundamental para el desarrollo de este proyecto. En particular, quiero extender mi gratitud hacia Miguel Fernández Mejuto por su orientación en el desarrollo de este trabajo. Su experiencia y conocimiento han sido de gran ayuda para obtener resultados significativos.

Asimismo, deseo expresar mi agradecimiento a todos los profesores de la Universidad de Alicante. Su apoyo y colaboración han sido fundamentales en aspectos generales pero necesarios del trabajo, como el estudio de la estructura geológica, la identificación de fósiles y la realización de láminas delgadas y análisis de las muestras de agua.

También quiero reconocer y valorar el esfuerzo y dedicación de mis revisores: Ignacio Fierro Bandera y José Navarro Almendro. Estoy sinceramente agradecido por su influencia positiva en mi trabajo.

REFERENCIAS

Alfaro, P., Andreu, J. M., Estévez, A., Tent-Manclús, J. E. & Yébenes, A. (Eds.). (2004). *Geología de Alicante*. Alicante: Universidad de Alicante, Instituto de Ciencias de la Educación, 267 pp.

Azema, J. (1965). Sur l'existence d'une zone intermediaire entre Prébétique et Subbétique dans les provinces de Murcie et d'Alicante (Espagne). *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'académie des sciences*, **260**(14): 4020-4023 pp.

Azema, J., Leclerc, J. & Leret, G. (1975). Nouvelles données sur le Secondaire de la Sierra de Cabezón de Oro (prov. d'Alicante). *Boletín geológico y minero*, **86**(2): 135-141 pp.

Colodrón, I. & Ruíz, V. (1980). *Memoria de la hoja nº 847 (Villajoyosa)*. Mapa geológico de España 1: 50.000. Segunda Serie (MAGNA). Madrid, España: IGME, 26 pp.

DPA (2003). *Los manantiales provinciales. Primera parte*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante, 236 pp.

DPA (2010). *Mapa Hidrogeológico. Provincia de Alicante*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante, 40 pp.

DPA-IGME (2012). *RENATA: Recarga natural a los acuíferos. Manual de usuario*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante, 83 pp.

DPA-IGME (2015). *Atlas hidrogeológico de la provincia de Alicante*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante e Instituto Geológico y Minero de España, 284 pp.

Girard, G., Ledoux, E. & Villeneuve, J. P. (1981). Le modèle couplé: simulation conjointe des écoulements de surface et des écoulements souterrains sur un système hydrologique. *Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie*, **18**(4): 195-280 pp.

IGME-DPA (2011). *Rutas azules por la provincia de Alicante*. Alicante: Diputación Provincial de Alicante, 270 pp.

Lillo, J. (1973). Contribución al conocimiento geológico de la Sierra del Cabeçó d'Or (Busot-Alicante). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Geología), **71**: 281-305 pp.

Olcina, J. & Moltó, E. (Eds.). (2019). *Climas y tiempos del País Valenciano*. Alicante: L'Ordit, 180 pp.

Rodríguez Estrella, T. (2002). Definición geométrica del acuífero calizo eocénico, kárstico y arrecifal, de Sella (Alicante), perteneciente a la Sierra Aitana. *Geogaceta*, **31**: 51-54 pp.

Rodríguez Estrella, T., Quintana, J. L. & Mora, V. (2004). El acuífero kárstico eocénico de Sella (Alicante): explotación intensiva transitoria y correlación entre piezometría y caudales de manantiales. *Boletín geológico y minero*, **115**(2): 225-239 pp.

Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, **38**(1): 55-94 pp.

Font Tullot, I. (1983). *Climatología de España y Portugal.* Madrid: Instituto Nacional de Meteorología, 415 pp.

Vera, J. A. (Ed.). (2004). *Geología de España*. Madrid: SGE-IGME, 890 pp.

Este artículo está basado en un Trabajo de Fin de Grado, realizado en el Grado en Geología de la Universidad de Alicante, que fue tutorizado por José Miguel Andreu Rodes, quien ha sido notificado de la presentación del mismo a este premio.

El autor es dueño, se hace responsable y exíme de toda responsabilidad a la revista Cidaris*, editores y maquetadores, del contenido del artículo; así como cualquier problema de autoría o derechos de autor y otros posibles conflictos que pudiese ocasionar la publicación de este trabajo.*

EL ENCANTO MÁGICO DE LA PALEONTOLOGÍA. MEMORIAS DE UN AFICIONADO

The magical charm of Paleontology. Memoirs of an amateur.

Carlos Sillero García
Miembro fundador del Grupo Cultural Paleontológico de Elche (GCPE) - MUPE.
Correo Electrónico: carlosillerogarcia@gmail.com

RESUMEN

El presente artículo trata de las vicisitudes de un aficionado a la Paleontología y de su formación autodidacta en esta ciencia. Además, hace una reseña histórica de la importancia que han tenido los aficionados en el desarrollo de la Paleontología. Refiere, también, su contribución a la creación y desarrollo del Museo Paleontológico de Elche.

Palabras clave: *Aficionados a la Paleontología, Contribución histórica de los aficionados a la Paleontología, MUPE.*

ABSTRACT

This article deals with the vicissitudes of a Paleontology enthusiast and his self-taught training in this science. In addition, it makes a historical review of the importance that amateurs have had in the development of Paleontology. He also refers to his contribution to the creation and operation of the Paleontological Museum of Elche.

Key words: *Paleontology enthusiasts, Historical contribution of Paleontology enthusiasts, MUPE.*

El hombre encuentra a Dios detrás de cada puerta que la ciencia logra abrir.
Albert Einstein.

INTRODUCCIÓN

La historia que quiero contar no es en sí la historia del Museo Paleontológico de Elche, ni siquiera la historia de la Paleontología en Elche. Existen otros más documentados que yo para este cometido. Estas son las memorias de parte de mi vida, las memorias y las experiencias de la vida de un aficionado a la Paleontología y al coleccionismo de fósiles que contribuyó, con su modesta iniciativa, al desarrollo del Grupo Cultural Paleontológico de Elche (en adelante GCPE) y al Museo Paleontológico de la ciudad. Es, en cierta manera, una referencia histórica y un alegato en favor de los aficionados que, con su empeño, han contribuido al desarrollo de esta ciencia.

El día 22 de agosto de 2022, en la revista digital *El Cantarano*, doña Consuelo Jiménez de Cisneros, insigne poeta alicantina y catedrática de Lengua española, nieta del ilustre paleontólogo Daniel Jiménez de Cisneros y Hervás, con la que he mantenido una corta pero fructífera relación literaria a propósito de dos de mis libros de narrativa escribió una reseña literaria sobre ellos, ambos surgidos durante el periodo de confinamiento por la pandemia debida al coronavirus. El artículo se titula: *Dos libros de narrativa del médico y paleontólogo* Carlos Sillero García (Jiménez de Cisneros, 2022). Cuando leí los comentarios que de mis libros hacía sentí, por un lado, vergüenza por calificarme de paleontólogo que no soy, pero por otro lado orgullo por haberme dedicado, como aficionado, con una dedicación casi "religiosa", a esta disciplina.

Quiso la fortuna que, con motivo de la donación de mi extensa colección de fósiles al Museo Paleontológico de Elche, su directora Ainara Aberasturi y su gerente José Manuel Marín se confabularon para que escribiera cómo era la vida de los aficionados en los primeros tiempos, previos a la génesis del Museo Paleontológico de Elche, cómo surgió la creación del museo y para contar las venturas y desventuras de los aficionados que se dedicaron al estudio de la vida primigenia. Ahora, cuando la decrepitud física me limita el movimiento y no permite ya sino recuerdos anclados en la lontananza del tiempo, toca rememorar y escribir las experiencias vividas, la evocación de los recuerdos del pasado y conocer de qué manera puede contribuir a la ciencia la actividad de un modesto aficionado.

En el devenir de los años, he podido recrearme con los misterios de los fósiles, y he podido intrigarme con los secretos de la Tierra. Mi vida ha estado, en parte, impregnada por estos enigmas. Durante este tiempo han ocurrido multitud de acontecimientos a mi alrededor y he visto desaparecer a grandes hombres que he conocido y que han influido en mí, de una manera u otra, en el conocimiento de la Paleontología. Sirvan estas líneas como homenaje a su memoria y valgan, también, como recapitulación de mi vida, en parte dedicada al estudio de los fósiles.

COMO CAÍDO DEL CIELO

Cuando yo estudiaba Medicina, en los años sesenta del pasado siglo, la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid ocupaba transitoriamente, por falta de espacio propio, uno de los pabellones de la Facultad de Medicina, que estaba situado en la parte trasera del vasto edificio de la Facultad. Los alrededores, estaban inmersos en un descampado baldío y solitario en el que crecía la hierba, al que yo iba con cierta frecuencia a gozar de la soledad y a estirar las piernas en el intervalo de las clases. En aquellos destemplados solares podías meditar y relajarte de las tribulaciones del estudiante. Ocurrió que, en una ocasión, cuando paseaba por este lugar, me sorprendió que a mi lado cayera una piedra grande que procedía de las ventanas de los pisos que ocupaba la Facultad de Geología. La fortuna vino en mi ayuda porque la ley de la gravedad había dispuesto que cayera a cierta distancia y no en mi cabeza. Me fijé que, en las inmediaciones, el suelo estaba sembrado de piedras similares. Intrigado, miré hacia las ventanas, pero no vi nada. Recogí aquel trozo de roca y algo llamó mi atención. Era una roca pesada y dura, de arenisca ferrífera, muy oscura, en cuya superficie se apreciaban algunos moldes internos de fósiles que me parecieron, a pesar de mis pocos conocimientos de Paleontología, pequeños corales. Esta roca ejerció tal fascinación sobre mí, que la guardé y a pesar de que nunca he sabido la especie de los corales que albergaba ni el período geológico al que pertenecía, estuvo expuesta en una de mis vitrinas con la indicación: "como caído del cielo". Llegué a la conclusión de que algunos irresponsables alumnos de la Facultad de Ciencias Geológicas tiraban por la ventana, desde la clase de prácticas, lo que no les interesaba. Aquello fue el comienzo de una ilusión. Este fragmento de roca (fig. 1), de origen desconocido, figura ahora en los fondos del Museo Paleontológico de Elche tras la donación de mi colección de fósiles. Yo lo considero un recuerdo histórico inapreciable.

Figura 1. "Como caído del cielo", una de las primeras muestras de la colección de Carlos Sillero.

No era la primera vez que yo tenía contacto con un fósil. De pequeño, quizás por mi espíritu de coleccionista, ya había reunido una colección, aunque misérrima, de fósiles y minerales y siempre habían despertado en mí un interés especial. Cuando en las clases de ciencias naturales el profesor, que ejerció sobre mí una influencia mesiánica y del que guardo un recuerdo especial, pasaba por delante de las mesas de los alumnos con cajas de fósiles y minerales, se las llevaba luego medio vacías. Los años pasaron y me convertí en médico, pero nunca dejé de maravillarme por el mundo de los fósiles.

LOS AÑOS OSCUROS

En 1975 comencé a ejercer mi profesión en Alicante y los días aparecían cargados de trabajo y de preocupaciones. Las mañanas en el hospital eran estresantes y las guardias médicas abrumadoras. Fue entonces cuando cayó en mis manos el libro de Geología y los dos tomos de Paleontología de Bermudo Meléndez. Ellos me iniciaron en el conocimiento y en el coleccionismo de fósiles. La lectura de aquellos libros ejerció una enorme fascinación para mí.

Con ellos creía dar la solución a todas mis dudas sobre el significado de los fósiles, sobre el comportamiento de las fuerzas de la Tierra y sobre la evolución de las especies. Pronto caí en la decepción más intensa; me di cuenta de que aquellos libros eran como un grano de arena en el desierto del conocimiento, pero también que, con algunas dificultades, a pesar de no tener una formación académica en Geología, comprendía *grosso modo* el significado de los enigmas de la naturaleza. Era una ciencia que se regía por los principios de la lógica científica y por el mismo método de trabajo en investigación que la Medicina.

Yo ya era consciente que las formaciones sedimentarias presentes en Alicante albergaban yacimientos de fósiles. Mi primera salida para explorar el terreno la hice en las afueras de la ciudad, aprovechando una visita en el barrio periférico de Juan XXIII. Cuando dejé atrás las últimas casas pronto me encontré con unos páramos amarillentos de caliza erosionada y oquedades pulverulentas en las proximidades de ramblas de escorrentía y bancales de antiguos cultivos. Algunos relieves en cuesta caían tras formar terraplenes en una vaguada que se asoma al pueblo de Villafranqueza. En este lugar, llamado Lomas del Garbinet, tuve la ocasión de conocer mi primer yacimiento fosilífero y donde pude recoger mis primeros fósiles. He visitado este sitio numerosas veces y fui uno de los primeros en estudiarlo y describir sus fósiles. El yacimiento del Eoceno medio (dentro del Piso o Edad conocido como Luteciense) de los alrededores de Alicante, en Villafranqueza y su extensión hacia la pedanía de Tángel, está en trance de desaparición debido a la cercanía de la ciudad, a las construcciones y por qué no, al vandalismo de algunos aficionados. Este yacimiento del Eoceno es uno de los más importantes de España. Cuando conseguí la publicación de Gustave Cotteau sobre los equinoideos fósiles de Alicante pude comprobar su importancia (Cotteau,1890). El conocimiento de este yacimiento me ha permitido publicar algunos trabajos, incluyendo la descripción de especies nuevas no conocidas hasta la fecha. Los primeros años fueron un poco frustrantes porque no conocía los riquísimos yacimientos de fósiles de la provincia y me encontraba desamparado. Hice acopio de libros y publicaciones diversas sobre Geología y Paleontología y no paré hasta conseguir la mayor parte de los mapas geológicos que podían comprarse en alguna librería de Alicante.

EL DESCUBRIMIENTO DEL PASADO

En el año 1977 me trasladé al Hospital General Universitario de Elche, entonces llamado Residencia Sanitaria de Elche para hacerme cargo de una plaza en el Servicio de Medicina Interna. Fue en este momento cuando en realidad tomé contacto, quizás de manera casual, con el mundo de la Paleontología. Por coincidencias, conocí a varias personas que influyeron notoriamente en mi afición como aficionado a la paleontología.

No sería justo si no hiciera referencia en primer lugar a Casto Mendiola. Durante algún tiempo tuve una relación relativamente frecuente con mi colega Casto Mendiola, traumatólogo de mi hospital, aunque no prolongada ya que se trasladó al poco tiempo al Centro de Salud de Elche. Casto Mendiola tenía 8 años más que yo. Coincidíamos en algunas guardias médicas y con él tuve noción del apasionante mundo de los fósiles de la zona. Casto era una persona muy peculiar, envuelto en un aura de irrealidad y de contracultura, pero era afable y desprendido. Sentí emoción cuando me regaló dos ejemplares de dientes de *Carcharodon carcharias* del Plioceno de Guardamar y cuando me hablaba enaltecido de su relación con la Paleontología. De padre médico, la familia se trasladó a vivir a Elche desde Canarias, donde había nacido. El refería que la afición a la Paleontología y al estudio de los minerales surgió a los 9 o 10 años, gracias a Don Simeón Peiró, también médico, padre de Simeón Peiró, uno de los fundadores del GCPE. Inquieto como pocos, Casto Mendiola forma parte de la historia de la Paleontología de Elche, aunque su producción científica es, en parte, un enigma. Su espíritu humanístico le llevó a desarrollar actividades muy diversas, entre ellas la pintura. Más adelante haré una reseña más detallada sobre Casto Mendiola. Tenía un concepto muy particular de la vida, diferente del mío pero que, a pesar de ello, tengo de él un grato recuerdo. Casto falleció en 2008 tras padecer una penosa enfermedad. Fundó la *Societat*

Paleontològica d´Elx y una revista de Paleontología, junto con algunos amigos, al mismo tiempo que fundaba, con su familia, una tienda de minerales y de fósiles. En la revista de la *Societat*, que manejaba a nivel personal, prácticamente solo publicaba él, especialmente sobre ictiofauna actual y fósil, y esto ocurrió desde 1995 hasta el 2008, año de su fallecimiento. Al parecer, describió 11 especies nuevas de fósiles, especialmente de una nueva familia de myliobatiformes. En una entrevista que se le hizo el 25 de marzo de 1984, en el periódico Información de Alicante, en las noticias de Elche, nos dice que "la pieza que tiene mayor interés en mi colección es un cangrejo muy pequeño, el "dromidites pastorix" (*sic*), del cual —continúa—, solo existen dos ejemplares en el mundo, uno en el Seminario Conciliar de Barcelona y el mío" (Irles, 1984). Desconocemos dónde está el ejemplar de Casto Mendiola ya que su colección de fósiles está, que sepamos, ilocalizable. Un tercer espécimen de *Dromilites pastoris*, de mi propiedad, ha sido donado recientemente al Museo Paleontológico de Elche.

Por amigos comunes, quiso la casualidad que conociera por entonces a José Manuel Marín, aficionado desde pequeño a la Paleontología y que poseía una colección de fósiles digna de la envidia de un aficionado que comenzaba entonces a reunir su propia colección. Conocía además numerosos yacimientos en las cercanías de Elche. Me dio entonces la impresión de que era el elemento aglutinador de un pequeño grupo de aficionados que periódicamente salían los fines de semana al campo a la búsqueda de fósiles y a intercambiar conocimientos. José Manuel Marín, había nacido en Elche en 1959 y según refiere, desde que era un niño se escapaba de casa para ir a coger fósiles. Almacenaba las piezas en las estanterías de la casa de su abuelo, formando así una colección que, con los años, iría a parar al Museo Paleontológico de Elche. Aparte de múltiples actividades festeras de Elche, Marín es miembro fundador del GCPE, en mayo de 1990 y miembro fundador de Cidaris, en mayo de 2007. Hasta septiembre de 2016 ha sido director del Museo Paleontológico y es patrono presidente de la Fundación Cidaris. José Manuel Marín ha participado en múltiples actividades del Museo; entre ellas ser comisario de exposiciones paleontológicas, director de la revista Cidaris y coordinador de las Memorias

Figura 3. Reunión del GCPE del 30 de marzo de 1996, en el antiguo local ubicado en Les Corts Valencianes. En ella se ven a varios socios fundadores, entre ellos al autor del presente artículo.

del MUPE, ha contribuido a campañas de excavación a nivel nacional e internacional como las excavaciones del yacimiento "Crevillente 2" o la llevada a cabo en el desierto de Níger (Agadez) y es autor de numerosas publicaciones sobre Paleontología. El incipiente grupo que se formaría como asociación, el GCPE, se com-pletaba con otro ilicitano, Antonio Molina y con Simeón Peiró Alemán, químico de profesión, hijo del médico valenciano Simeón Peiró Frasquet. Con el tiempo, otros ilicitanos se unieron al grupo inicial los que, aún sin ser muy aficionados a la Paleontología, participaban de las actividades del grupo y lo enriquecían. Entre ellos cabe citar a Antonio Ródenas y a Francisco Vives, profesores de instituto, gran dibujante el primero y escritor el segundo de ellos.

HACIA EL FUTURO

Las reuniones de estos cuatro miembros iniciales, que formaban un equipo y programaban salidas al campo los fines de semana, se con-dujeron al principio con el fin de establecer las condiciones necesarias para lograr una organización administrativa que en el futuro rigiera la directrices científicas y lúdicas de este grupo de amigos. Como resultado de estas reuniones tomó nombre y forma el denominado Grupo Cultural Paleontológico de Elche (GCPE) y se crearon unos estatutos que se expusieron en el Acta de una Asamblea General que se celebró en Elche el 2 de diciembre de 1989. Este fue el comienzo formal del GCPE. La Comisión Gestora estaba integrada por los siguientes miembros: presidente, Simeón Peiró Alemán; secretario, José Manuel Marín Ferrer; tesorero, Carlos Sillero García y vocales interventores de cuenta y control de la gestión, Antonio Molina García y Jerónimo Gilabert Bello, cargos que serían elegidos cada 5 años. El Servicio de Asociaciones del Ministerio del Interior, con fecha de 3 de mayo de 1990, emitió un oficio con número de salida 2056 analizando la solicitud formulada por el denominado grupo Cultural Paleontológico de Elche para que sea inscrita en los correspondientes registros públicos. Considerando los postulados de creación del GCPE, la Dirección General de Política Interior del Ministerio del Interior, por delegación del Excmo. Sr. Ministro, resolvió inscribir a la entidad denominada "Grupo Cultural Paleontológico de Elche" (Alicante) y visar sus estatutos. Lo que ocurrió después todo es historia evolutiva.

EVOLUCIÓN. LA REVISTA *CIDARIS*

Las primeras medidas que se acordaron en las asambleas del GCPE fueron la creación de un museo y la fundación de una revista científica. Consciente el Ayuntamiento de Elche de la importancia que estaba cobrando el GCPE, nos cede un pequeño local, de unos 82 m^2 para almacenar y preparar las muestras obtenidas en las salidas al campo. Es también lugar de reuniones y sirve para mostrar a un público incipiente la importancia de nuestra actividad. Está situado en Avinguda Corts Valencianes, nº 5. Fue en 1996 cuando la Dirección General del Patrimonio Artístico de la Generalitat Valenciana reconoce la colección de fósiles y minerales del GCPE como Colección Museográfica y se incorpora a la red de Museos de la Comunitat Valenciana (DOGV de 14 de mayo de 1996).

Teníamos claro que una de las primeras cosas que debíamos hacer era sacar a la luz una revista de Paleontología. Tengo el honor de ser uno de sus promotores. Tras una larga discusión se acordó denominarla Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía, si bien después se antepuso el nombre de *Cidaris*, tomando el nombre de uno de los erizos fósiles emblemáticos del área de Elche, *Cidaris melitensis*. Nacía la revista como publicación semestral, aunque con los años, los problemas editoriales y de financiación no han permitido seguir el ritmo inicialmente trazado. Puede corroborarse, sin embargo, que ha segui-

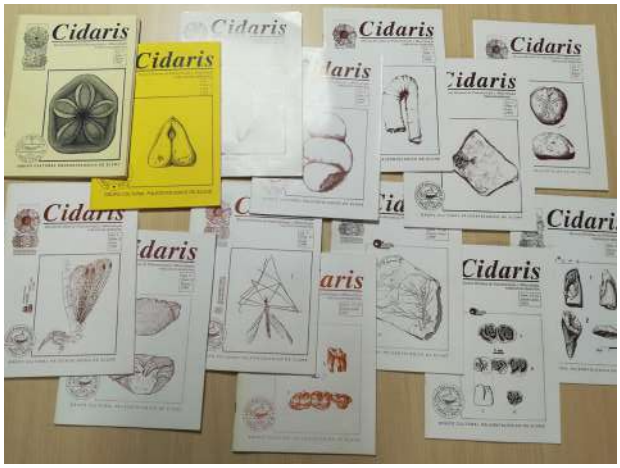


FIGURA 4. Los 18 números de la revista *Cidaris* (14 tomos) en los que publicó el autor del presente artículo.

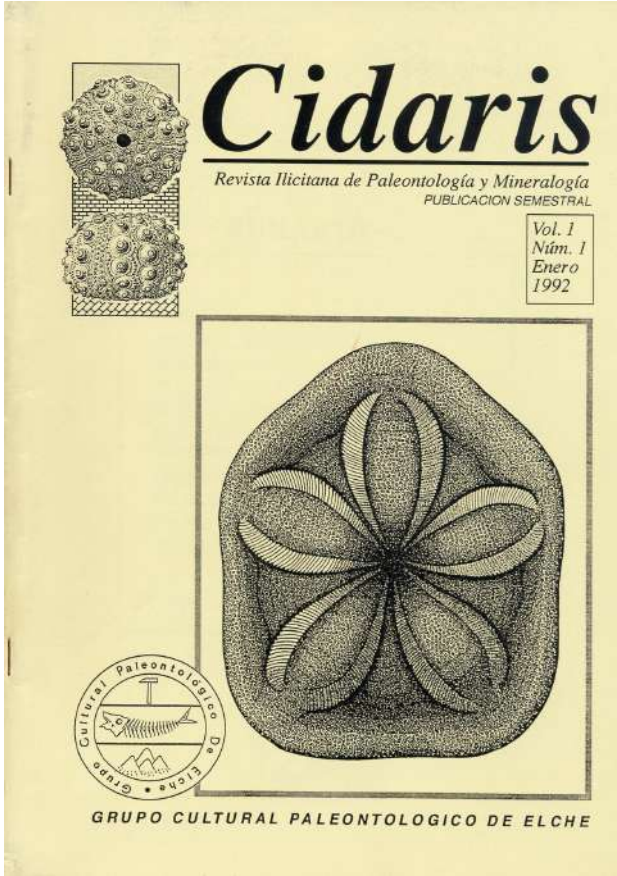


FIGURA 5. Portada del primer volumen de la Revista *Cidaris* cuya ilustración fue realizada por el autor del presente artículo.

do publicándose hasta la actualidad, 34 números en total, el último en 2022. El número 1 del volumen 1 salió a la luz en enero de 1992 y la ilustración de la portada (fig. 5) consistía en el dibujo a plumilla de un *Clypeaster* de las Atalayas (Alicante). El logotipo del GCPE se diseñó como un círculo que incluía un martillo de geólogo sobre un pez fósil y sobre un campo de montañas. Tuve la satisfacción de dibujar ambas ilustraciones, así como realizar la presentación de la revista, utilizando una máquina de escribir Maritsa ya que entonces no disponíamos de teclados de ordenador.

El sumario de aquel primer número incluía un estudio sobre la paleoictiología de algunos yacimientos neógenos de la Provincia de Alicante (I), escrito por José Manuel Marín, con fotografías en color, un trabajo sobre el Eoceno Medio (Luteciense) de Villafranqueza-Tángel (Prov. de Alicante), escrito por mí, que incluía dibujos a plumilla del propio autor, y un ejemplo de malformaciones anatómicas de los equinoideos, a propósito de un caso, escrito también por mí. El número se completaba con Noticias y con instrucciones para los autores.

En los treinta años de existencia, la revista ha sido el escaparate del GCPE, ha madurado y ha expuesto trabajos de cierto interés. Actualmente la Fundación *Cidaris* ha instituido un premio para artículos basados en trabajos Fin de Grado y Fin de Máster sobre temas relacionados con las Ciencias de la Tierra de la provincia de Alicante, cuyos resultados se publican en la revista *Cidaris.*

EL MUSEO PALEONTOLÓGICO

El local de Les Corts Valencianes (fig. 6), lugar de reunión de los miembros del GCPE y de los aficionados y curiosos que "se dejaban caer por allí", estaba cumpliendo su misión. Ya había atesorado multitud de fósiles y servía también como un laboratorio primitivo y una "sala de curas" para los fósiles más deteriorados. Por otro lado, el número de socios del GCPE aumentó significativamente.

El 3 de octubre de 1992 se lleva a cabo la asamblea general ordinaria en el salón de actos de Pinturas el Peix, en la calle Francisco Vicente Rodríguez, nº 28, en la que, aparte de los procedimientos ordinarios, se debate sobre la expulsión de uno de los miembros del GCPE por incumplimiento de los estatutos.

El 13 de septiembre de 1993 remití al GCPE, como donación para su biblioteca, el trabajo titulado *Equinoideos fósiles de la provincia de Alicante*, realizado como una actividad científica de la asociación y que luego sería publicado en la revista *Cidaris.*

El 13 de octubre de 1994 se notifica el acto inaugural de la Exposición Permanente de Fósiles y Minerales que tendría lugar el próximo 23 de

FIGURA 6. Antiguo local del GCPE ubicado en Les Corts Valencianes.

octubre a las 12 horas en nuestra sede social. Por entonces, se planea también la modificación de los estatutos de la asociación. En un oficio de 7 de noviembre de 1994, debido a la penuria económica del GCPE, la Junta directiva ha impreso unos calendarios para el Sorteo de Navidad sorteándose una gran torre-cesta con un televisor, un jamón, bebidas y dulces y un largo etc. con un valor de 80000 pts.

Por entonces comienza la publicación en la revista *Cidaris* de un trabajo conjunto entre J.M. Santolaya y el que esto escribe sobre una guía paleontológica de erizos fósiles de la provincia de Alicante, tomando como base el catálogo previamente publicado por mí. Comprende la descripción de cerca de 400 especies de equínidos con fotos e ilustraciones de los autores, siendo de destacar la comunicación de algunas especies nuevas para la ciencia lo cual supone un logro importante para unos aficionados.

En la asamblea general ordinaria de 30 de marzo de 1996 se tratarán, entre otras cosas de la oficialización del Museo, el convenio con el Ayuntamiento para ampliar las actuales instalaciones y la presentación de la portada del Boletín Interno del GCPE.

El 17 de mayo de 2003 la Asamblea General ordinaria, se celebra por vez primera en el nuevo Museo Paleontológico de Elche, situado en la plaza de Sant Joan, y se aprovecha para visitar las incipientes nuevas instalaciones, asistiendo por vez primera un representante del Institut Municipal de Cultura.

Después de muchas vicisitudes, en octubre de 2003 se reconoce administrativamente el Museo Paleontológico de Elche y el 3 de diciembre de 2004 se inaugura oficialmente en la plaza de Sant Joan. En orden a dotar al Museo de un soporte administrativo y científico, el 31 de mayo de 2007 se crea la Fundación *Cidaris* como gestora del MUPE con el fin de desarrollar proyectos de investigación, conservación y divulgación. Desde entonces y hasta la actualidad crece en importancia el Museo y se realizan numerosos proyectos con el apoyo de la empresa GeaLand, dedicada al patrimonio geológico y paleontológico. En este sentido, la herramienta FOPALI se convierte en arma de gestión del Museo, realizando un progresivo inventario de los yacimientos y su valoración patrimonial.

La historia del Museo Paleontológico de Elche ha sido referida con detalle por Aberasturi Rodríguez *et al*. en un formidable trabajo y a él remito al lector para conocer la evolución del Museo en los tiempos recientes (Aberasturi Rodríguez *et al*., 2014).

En resumen, el Museo nace a partir de las inquietudes de un grupo de aficionados y apuesta desde sus orígenes porque la ciudadanía se implique en su gestión diaria (Aberasturi Rodríguez *et al*., 2018).

Por entonces se mantuvieron relaciones epistolares con investigadores españoles y franceses, especialmente en el campo de los erizos fósiles. En efecto, fueron especialmente fructíferas las relaciones con otros aficionados a la "equinología". En este sentido, hay que destacar a Joaquín López, biólogo y profesor en el instituto de Caudete, a José Luis García Mataix, de Villena, quien tendría contacto frecuente con el MUPE y con Enrique Román, también de Villena, gran apasionado de los erizos. Ellos han contribuido al conocimiento de los equínidos fósiles de Alicante y han publicado algunos trabajos sobre este tema, comunicando por vez primera algunas especies no conocidas en la provincia hasta ese momento. Aprendí de ellos en las salidas al campo y tuve la satisfacción de publicar, junto con Joaquín López, *Equínidos fósiles de la provincia de Alicante* (fig. 7), en Memorias del MUPE, en el número correspondiente a 2005 (López & Sillero, 2005),

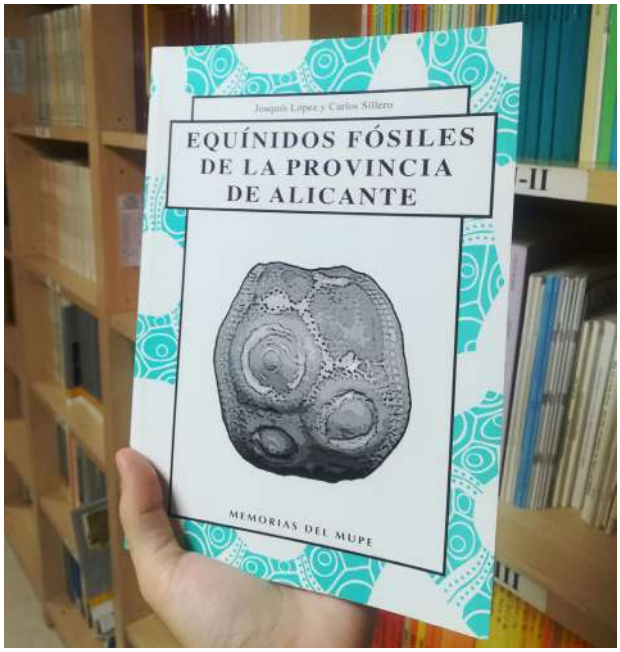


Figura 7. Libro de Equínidos Fósiles de la Provincia de Alicante, escrito por Joaquín López y el autor del presente artículo.

publicación de la que Jesús Esteban Caracuel era coordinador científico. Este exhaustivo tratado sobre la "equinología" alicantina fue presentado el 17 de diciembre de 2007 en Elche e incluía seis nuevas especies del género *Brissopatagus*, aparte de las publicadas previamente en la revista *Cidaris* por Santolaya y Sillero. En la presentación, el gerente del Instituto Municipal de Cultura Juan Antonio Oltra destacó la labor científica que realiza el museo ilicitano. El libro se presentó con la presencia de representantes del Ayuntamiento, Caja Mediterráneo y Universidad de Alicante con la asistencia de Jesús Caracuel. Fruto de la investigación sobre los equínidos fósiles fue el trabajo titulado: *Contribución de la paleontología alicantina al conocimiento de los equinoideos fósiles (Echinoidea*). *Una perspectiva histórica.* (Sillero & López, 2014).

TRISTES RECUERDOS

En los últimos 20 años, varios acontecimientos de triste recuerdo enturbian mi alma. Todos ellos tuvieron una influencia importante en mi vida personal y en mi vida como aficionado a la Paleontología. La desgracia se cebó en ellos y todos tuvieron un fin desdichado. Valga este trabajo como homenaje a ellos y a su memoria.

Quiero citar en primer lugar a **Felipe Antonio Perla Muedra**, al que tuve ocasión de conocer hace más de 20 años. Felipe Perla era comandante médico del ejército y muy aficionado al estudio de los fósiles, especialmente de los equínidos. Tuve una relación epistolar con él muy fructífera. Era una persona entrañable y dadivosa. En una ocasión en que le invité a mi casa me regaló algunos magníficos erizos fósiles del Cretácico de Guadalajara, especialmente *Stereocidaris figueirensis.* Su instinto humano y solidario lo desarrollaba por entonces en la base militar española de Kabul, donde estaba destinado. Fue promotor de la campaña "por un trozo de tela", como bautizó al empeño de la recogida de dinero en la base militar para las viudas de Afganistán. Acompañaba a los equipos de desactivación de minas contra persona y asistía a los mutilados de guerra. Felipe estaba casado y tenía dos hijas cuando desgraciadamente falleció el 25 de mayo de 2003, en el fatal accidente del YAK42 que los traía a España y que costó la vida a 62 militares españoles.

Otro médico aficionado a la paleontología, que conocí cuando llegué a trabajar en el Hospital General Universitario de Elche fue **Casto Mendiola Santamaría.** Ya he hablado de él anteriormente**.** La vida de este ínclito personaje ilicitano no podía dejar indiferente a nadie. Casto nació en Gran Canaria donde su padre se había trasladado como médico. Su familia regresó a Elche en 1945. Estudió Medicina en la Universidad de Granada, licenciándose en 1965 y se doctoró en la Universidad de Valencia en 1967. Especialista en Cirugía ortopédica, ganó una plaza por oposición en el Hospital de Elche donde coincidimos en 1977. Visceralmente humanista, no podríamos abarcar todas sus actividades intelectuales y artísticas. En 1982 fundó, con algunos amigos y familiares la *Societat Paleontològica d´Elx* y proyectó la construcción de un museo. Junto con Sixto Marco, el célebre pintor ilicitano, donaron un solar al Ayuntamiento de Elche, pero el proyecto no se realizó. En 1987 fundó *Esbart Zero* junto a Juan Llorens y Andreu Castillejos con quienes hizo numerosas exposiciones de pintura. Su excéntrica vida cultural se complementó con su actividad como aficionado a la Paleontología, visitando numerosos países y localizando no menos numerosos yacimientos de fósiles. Casto era de naturaleza entrañable y dadivoso y le gustaba enseñar sus extravagantes conocimientos. Tuve con él numerosas charlas sobre fósiles y debo confesar que fue uno de mis guías o preceptores con el que aprendí los rudimentos de la Geología y la Paleontología. La Asociación Paleontológica alcarreña *Nautilus,* en su foro de Paleontología, refiere los trabajos de Casto Mendiola en la revista de la *Societat Paleontològica d´Elx*, más de 20 sobre ictiofauna, pero desconocemos la difusión y la trascendencia real que han tenido estos trabajos que, confieso, no he podido conseguir.

Casto Mendiola falleció de un desgraciado y rápido proceso neoplásico el 22 de enero de 2008, a los 68 años. Desconocemos la localización de la que creemos que era una colección paleontológica muy importante.

No puedo dejar de citar a **Simeón Peiró Alemán**, uno de los fundadores del GCPE y que dedicó su vida al coleccionismo de fósiles y a vivir los sabores y los sinsabores del Museo Paleontológico de Elche. Químico de profesión, de

carácter bonachón, era un incansable correcaminos y con una habilidad especial para la localización de los fósiles en los yacimientos, especialmente los dientes de pez. Los últimos años los había dedicado al coleccionismo y estudio de los braquiópodos, de los que poseía una muy buena colección y una página web dedicada a ellos; aquí, él mismo cuenta parte de su vida. La colección de Simeón reposa como otras en los fondos del Museo Paleontológico de Elche, donde ocupan un lugar los aproximadamente 5000 ejemplares de braquiópodos donados al museo. Descubrió, en el Jurásico de Sierra Pelada, la especie que fue denominada luego *Cincta peiroi* por Baeza-Carratalá y publicada en Geobios en 2011 (Baeza-Carratalá, 2011). Simeón falleció también de un cáncer muy agresivo en febrero de 2015, habiendo realizado la donación de su colección poco antes de su muerte.

Lugar especial en mi recuerdo merece **José María Santolaya Jiménez**. De él aprendí, por correspondencia, todo lo que sé de equínidos fósiles. No voy a extenderme demasiado en estos aspectos que ya he desarrollado al hablar de la revista *Cidaris.*

Santolaya era también médico. Hizo la carrera en Valladolid y se formó en Neurología pediátrica en el hospital de Basurto, en Bilbao, realizando interesantes estudios sobre las displasias óseas, sobre lo que escribió su tesis doctoral y un interesante libro. Era una persona muy trabajadora y reflexiva, contundente con sus apreciaciones. Santolaya era muy querido y tenía una fuerte personalidad. Aficionado a la Paleontología, poseedor de grandes conocimientos sobre Geología y Paleontología de los equínidos fósiles, atesoraba una gran colección y una reserva bibliográfica increíble. Con él y bajo su batuta, inicié y terminamos la *Guía de los equínidos fósiles de la provincia de Alicante* (fig. 8), que llenó varios números (I-IX) de la revista *Cidaris* y que tuvo una notable repercusión en los medios paleontológicos, siendo citados en numerosas ocasiones en revistas especializadas (Santolaya & Sillero, 1994-2001). Me enviaba por correo cajas con extraordinarios ejemplares de erizos fósiles especialmente del género *Micraster* y organizábamos por carta la publicación en fascículos de la *Guía*. Conservo todavía y es un bien inapreciable para mí, toda la correspondencia manuscrita que tuve con él, sus descripciones, sus esquemas y sus juicios personales. "Chechu" Santolaya tuvo también un triste final. Como si el destino se hubiera aliado con la patología, falleció el 6 de marzo de 2008 en Bilbao de una cruel enfermedad cancerosa diseminada, de menos de un año de evolución. Aparte del trabajo sistemático en la revista *Cidaris* publicó dos especies nuevas: *Gualtieria alicantina* y *Brisssopatagus silleroi*, este último en mi nombre. Para no faltar a su cortesía tuve la satisfacción y el honor de dedicarle una especie nueva que había descubierto en el Eoceno alicantino y a la que denominé *Cassidulus santolayae* (Sillero *in* Santolaya & Sillero, 1994). La gratitud que profeso a José María Santolaya ahoga a veces mi garganta. No mucho después de fallecer, su mujer Araceli, en un viaje a Alicante, donde solían veranear, me trajo una fabulosa colección bibliográfica compuesta de monografías e innumerables artículos clásicos en Geología y Paleontología, especialmente sobre erizos fósiles.

Figura 8. Muestra de algunos fascículos de la *Guía de los equínidos fósiles de la provincia de Alicante.*

Aunque mi relación con **Jesús Esteban Caracuel Martín** fue ocasional y coyuntural, tuve un profundo conocimiento de su persona y una pena infinita cuando desapareció. Voraz investigador, con numerosos trabajos publicados y con un brillantísimo futuro, dejó joven este mundo

afecto también de una onerosa enfermedad y una evolución dramática. Formado en las Universidades de Jaén y Granada, cuando falleció pertenecía a la Universidad de Alicante. Había leído su tesis doctoral en 1996 en la Universidad de Granada. Tuvo una gratísima relación con el Museo Paleontológico de Elche, al que ayudó con sus conocimientos y su grandeza de alma. Recuerdo que conservo un libro, que me regaló, poco antes de su pérdida, sobre la paleontología alicantina. Su último trabajo fue probablemente aquel que trata sobre las pistas fósiles asociadas a la discontinuidad fini-Messiniense (Caracuel *et al*., 2009). En el blog del MUPE de 1 de junio de 2011 se puede leer la siguiente reseña: "El jardín de las rocas de la Universidad de Alicante". "El pasado 11 de mayo de 2011, el equipo del MUPE asistió como invitado a la Primera Jornada Científica sobre Ciencias de la Tierra…todo ello enmarcado a título póstumo al profesor titular de Paleontología y vicedecano de la Facultad de Ciencias, Jesús E. Caracuel Martín. Se inauguró `El jardín de las rocas de la Universidad de Alicante´. El Jardín de las rocas fue una propuesta del profesor Caracuel, un proyecto que inició hace varios años con el objetivo de mostrar al público en general y a los estudiantes la excepcional variedad litológica de la Península Ibérica. En el acto se descubrió una placa y se hizo entrega a su viuda, Doña Gloria Espinosa, de una serie de menciones…" Descansa en paz, amigo.

LAS TRIBULACIONES DE UN AFICIONADO A LA PALEONTOLOGÍA. EL ANECDOTARIO.

Debido a cuestiones diversas, en muchas ocasiones el aficionado salía al campo solo, sin la compañía de sus colegas, cosa en principio desaconsejable, especialmente si se visitaban sitios peligrosos. Todos sabíamos que no es prudente llegar a yacimientos donde existían inclemencias meteorológicas notables o peligros de diversa índole, incluyendo el ataque de avispas furibundas o la posibilidad de traumatismos y fracturas como ha sido mi caso en alguna ocasión. Mis huesos han sido testigos varias veces de fracturas de las que guardo un desagradable recuerdo.

Una vez que la normativa existente y la edad aconsejan cambiar de vida del aficionado, vienen a su memoria algunos recuerdos que le hacen rememorar tiempos pasados. A mi mente fluyen ahora algunos de ellos, de los muchos sucesos que ocurrieron en mis excursiones campestres. El lector tendrá noticias a continuación de alguno de ellos. La mayor parte de mis recuerdos son para demostrar el placer que sentía un aficionado cuando investiga sobre el terreno la presencia de fósiles y el júbilo que teníamos cuando nos encontrabamos un ejemplar que merece todas las desdichas y los sufrimientos. Esto fue especialmente grato en el yacimiento de peces fósiles del Mioceno cercano al pantano de la Pedrera, al poco de pasar Hurchillo, cuando explorábamos los estratos fosilíferos suspendidos con cuerdas en el precipicio. Una caída podría haber sido fatal. No hay mayor placer que gozar de la soledad de los campos y apreciar la sensación de bienestar cuando asolado por el calor y el cansancio te sientas, protegido por la raquítica sombra de un arbolito, a beber agua fresca y consumir el reconfortante almuerzo que llevas en la mochila. En alguna otra ocasión, una higuera abandonada en el campo repleta de maduros higos ha venido a calmar el hambre matutina del aficionado.

Figura 9. Carlos Sillero García, autor del presente artículo, consultando antiguas notas e información recopilada, depositada actualmente en el Museo Paleontológico de Elche (MUPE).

Invertir en nummulites

La anécdota que ahora refiero me ocurrió en el yacimiento del Eoceno nummulítico de Villafranqueza, en las lomas del Garbinet, en las proximidades de Alicante. Ensimismado y con la cabeza baja, mirando al suelo, no vi llegar a varios niños, de alguna barriada cercana, que se aproximaron para comprobar qué hacía, dada la natural curiosidad que tienen a estas edades.

—¿Qué haces? —me dijeron.

—Cogiendo nummulites —les dije.

—Y eso, ¿qué es? —insistieron.

—Son fósiles, contesté, pequeños "animales" que con el tiempo han quedado convertidos en piedra.

—¡Quién lo diría!, ¡no sé si creérmelo!, dijo uno de ellos.

—Y, ¿valen algo?, intervino otro chiquillo con los ojos desorbitados…

—Claro —les dije—, no veis la forma de moneda que tienen… Actualmente los pagan a una peseta cada uno, ¿qué te parece?, apostillé.

—Y el tercero, que había atrapado un nummulites de gran tamaño que identifiqué como *Nummulites millecaput*, me dijo elocuentemente: este tiene que valer más —me dijo—, porque es más grande.

—Este vale un duro, le aclaré, porque es la madre de todos los nummulites.

No duré mucho en aquel sitio, pero al irme, volví la cabeza y vi como aquellos arrapiezos, febrilmente, llenaban de nummulites unas bolsas de plástico que llevaban en los bolsillos. No los he vuelto a ver.

El refugio de los zorros

No es frecuente ver, en las cercanías de la ciudad, animales salvajes. Por eso cuando los vi me hice de cruces. Las inmediaciones de Sierra Mediana forman parajes desolados y solitarios. Un serpenteante camino conduce, cuesta arriba, primero a los afloramientos del Cretácico Inferior continuación de los de La Alcoraya y, después de una subida agotadora, al Jurásico Superior donde se hayan ammonites grisáceos.

Observando las faldas de la sierra, las grises tonalidades del Jurásico y los amarillentos trazos del Cretácico vecino, la sierra de Fontcalent en la lontanaza, dos sombras aparecieron por un sendero ascendiendo por la montaña. Ascendían como el que ha cumplido con el deber que tenían asignado. No podía creer lo que mis ojos estaban viendo. Son zorros, pensé. Saqué de la bolsa unos pequeños prismáticos y corroboré mis sospechas: eran dos zorros apuestos que caminaban juntos probablemente hacia su guarida. ¿Qué hacen estos animales por aquí, me dije? Pronto caí en la cuenta, venían del vertedero y de la planta de compostaje cercana de La Alcoraya. Este sitio es ahora su restaurante, regresaban a su guarida tras el almuerzo.

El ratón que buscaba ammonites

Una pequeña loma situada en las cercanías de Lo Boligni, en la pedanía de La Alcoraya ha sido, en los buenos tiempos, uno de los yacimientos del piso Aptiense más importantes de la península, en mi opinión. En la provincia de Alicante solo es comparable el del barranco de La Querola, en Cocentaina. En los alrededores, otras pequeñas lomas proporcionan hallazgos similares: ammonites piritosos de numerosas especies, muchos de ellos con superficie irisante, corales, gasterópodos, madera fósil, crinoides, otolitos e, incluso, algunos ejemplares magníficos de rhyncholites. En otros tiempos, los ammonites piritosos eran numerosísimos; aunque pequeños, algunos bellamente metalizados, eran dignos residentes de las colecciones más selectas de ammonites. Del Aptiense de La Alcoraya obtuve el ammonites más notable de todos los que encontré en este yacimiento y probablemente el más bello de los que yo tengo noticias. Aunque podría clasificarse como ammonites piritoso, más bien parece de marcasita, limonita u otro óxido de hierro. En efecto, en uno de los estratos margosos del yacimiento, a unos 200 metros de la loma de Lo Boligni vi, un pequeño agujero, sin duda hecho por algún pequeño animal campestre, cuya entrada estaba tapizada de tierra producto de la actividad del animal. El rastro terminaba, a unos 15 centímetros del orificio de entrada a la pequeña cueva y, en su extremo, se encontraba depositado un precioso ammonites que medía unos 4 cm. de diámetro, como si amorosamente hubiera sido depositado tras su extracción del fondo de la galería subterránea. Lo interpreté como una ofrenda o presente que hacía, probablemente un ratoncillo de campo, a un disciplinado buscador de fósiles como yo. Este magnífico ejemplar está ahora depositado en el Museo Paleontológico de Elche.

Los erizos no se comen

La mañana no había empezado bien; la excursión por los alrededores de Aspe no había dado el resultado apetecido y terminó en las cercanías de La Romana, tomando la carretera que

va de Aspe a esta última población. Me habían dado la referencia de una pequeña mancha del Cretácico Superior donde podían encontrarse erizos fósiles, muy cercana a la carretera, especialmente en algunos huertos y viñas vecinas. La búsqueda en la orilla de la carretera no dio el resultado apetecido por lo que me adentré en un bancal próximo plantado de vides. Me habían asegurado que la remoción del terreno por los agricultores descubría equínidos del género *Echinocorys* de buen tamaño. Como yo no tenía clara aquella indicación y aparentemente no había indicios de fósiles, me pareció que lo más conveniente era preguntar a un paisano que trajinaba en las inmediaciones; él sabría algo de esta cuestión ya que era su terreno, y me podría indicar la localización del yacimiento.

Con cierta timidez le abordé educadamente y vine a preguntarle:

—Oiga señor, ¿sabe usted si por aquí hay erizos?

A lo cual me contestó un poco sorprendido:

—Sí señor, hay *erisos* (no recuerdo si dijo *erisos* o *ariçós,* en valenciano).

Cuando aquello oí pensé que había acertado y que había tenido suerte al preguntar a aquel señor por el motivo de mi búsqueda.

—Busque, busque —me dijo el buen hombre—. Algunos se los comen, aunque a mí me parece que no son plato de buen gusto.

Cuando aquello oí me di cuenta de que no hablábamos el mismo idioma. En efecto, el buen hombre se refería a los erizos de tierra, esos pequeños mamíferos cubiertos de púas tan abundantes en los campos cultivados de la zona, donde se alimentan de insectos, lombrices y otros pequeños animales. Aquel señor, cuando se lo dije, no comprendió bien el objeto de mi búsqueda y debió creer que estaba hablando con un individuo trastornado. Desde luego, entre mis costumbres culinarias no está la de comer erizos de campo.

"El muerto de La Alcoraya"

Uno de los más pintorescos sucesos que me han ocurrido sucedió en las inmediaciones de La Alcoraya, en las lomas de El Reventón, o la Ballestera, como también se llama, y tuvo como escenario una de las canteras de yeso del Triásico Superior (Formación Keuper) de la zona. Al penetrar en una de estas canteras, ya abandonada, canteras que conducen a fondos de saco donde termina su recorrido, rodeadas de peligrosos precipicios, bajo un sol de justicia y el martilleante sonido de las chicharras, noté un olor nauseabundo indicativo de material en descomposición. Algún animal muerto, pensé. El instinto me dijo que debía salir de allí, pero como refiere el dicho popular, *la curiosidad mató al gato* y, tras abandonar la cantera, decidí penetrar de nuevo. Cuando llegué al fondo de la excavación, arreció de nuevo el olor nauseabundo y en la ladera del cortado de rocas vi con sorpresa que había una bolsa negra de gran tamaño, perfectamente cerrada, que albergaba dentro algo que me pareció por la forma un cuerpo humano. Tate —me dije—, esto puede ser, por la forma, un muerto, un cuerpo humano perfectamente embalado en un lugar perdido de la mano de Dios. ¿Mira que si es un cadáver? Pensar esto y echarme a temblar fue todo uno. Estuve a punto de irme de aquel lugar como alma que lleva el Diablo, pero pudo más la curiosidad y con la piqueta de geólogo que llevaba en la mochila presioné la bolsa de plástico: el bulto estaba blando y crujía. Tras muchos titubeos el caso terminó en conocimiento de la Guardia Civil. Cuando en la compañía de dos agentes llegamos al sitio, — ¡ya huele! — les dije. Uno de los agentes me miró realizando un signo de asentimiento. Cuando nos aproximamos, uno de ellos exclamó: Pues sí, parece un… El agente más veterano, tras unos momentos de indecisión cogió un instrumento punzante que llevaba y rasgó la bolsa de plástico para averiguar su contenido. El olor y la salida de una mosca indicaron sin lugar a dudas la apertura del envoltorio. Por fin rasgó la bolsa lo suficiente para ver el contenido. El corazón se aceleraba. El agente que practicaba la incisión se volvió hacia nosotros y dijo en tono de triunfo: Para ser una persona tiene demasiado pelo, parece un perro, continuó. Yo no me lo podía creer. Mi sentimiento en ese momento fue de alivio, pero también ¿por qué no decirlo? de cierta frustración, ya que me había hecho la idea de verme envuelto en un asunto policíaco. Es un perro, un perro enorme, insistió el agente revisando de nuevo la mortaja. Esto en mi tierra no pasa, consideró el agente, natural de Soria, el olor hubiera atraído a una bandada de abantos que hubieran dado cuenta rápidamente del ca-

dáver. Quiero aclarar al lector que el abanto, en algunas zonas de España es el alimoche o buitre egipcio. Esta extravagante historia la reflejé en forma de relato corto en mi libro *Cuentos irreales y otros relatos breves* (Sillero, 2014) y dedicado a la Guardia Civil española.

NOMINA GENERUM ECHINORUM

Como culminación de los estudios que tiempo atrás había emprendido sobre los equínidos fósiles y tras un trabajo de varios años que obligó a revisar ingentes cantidades de bibliografía y miles de consultas en internet, publiqué *NOMINA GENERUM ECHINORUM. Aproximación a un catálogo de equínidos, fósiles y actuales* (fig. 10). Se trata de un compendio de los géneros y de las especies que habían sido descritas hasta 2008, con referencia al nombre válido, situación taxonómica, autor, piso geológico, localidad, bibliografía de cada género y observaciones cuando las hubiere. Fue publicada en dos ediciones. La segunda, por la Editorial Club Universitario en 2015, dedicada a José María Santolaya, *in memoriam.* Comprende la práctica totalidad de los géneros y especies de equínidos descritos hasta la fecha de la publicación, en total 933 géneros y 8872 especies, de ellas 1160 actuales (Sillero, 2015) Se trata, probablemente, del listado más extenso sobre equínidos fósiles y actuales referido hasta la fecha de publicación e incluye las especies nuevas para la ciencia descubiertas y nominadas por nosotros. Esta revisión aborda, aunque tenuemente, un apéndice sobre *Ichnotaxa* o huellas fósiles de equínidos en los sedimentos, no habitual en los tratados al uso. Este libro nació con la idea de proporcionar al aficionado y al especialista en erizos fósiles, un catálogo exhaustivo de los géneros y especies y referir la posición taxonómica actual de cada uno de ellos. Mi gratitud a Andrew B. Smith y Andreas Kroh porque la consulta del *Echinoid Directory,* del que son editores, ha sido de una ayuda inestimable. Dado que es un campo en continua mutación, los que tomen el relevo ampliarán, a la vista de nuevos descubrimientos, el número de especies descritas y realizarán las modificaciones taxonómicas pertinentes.

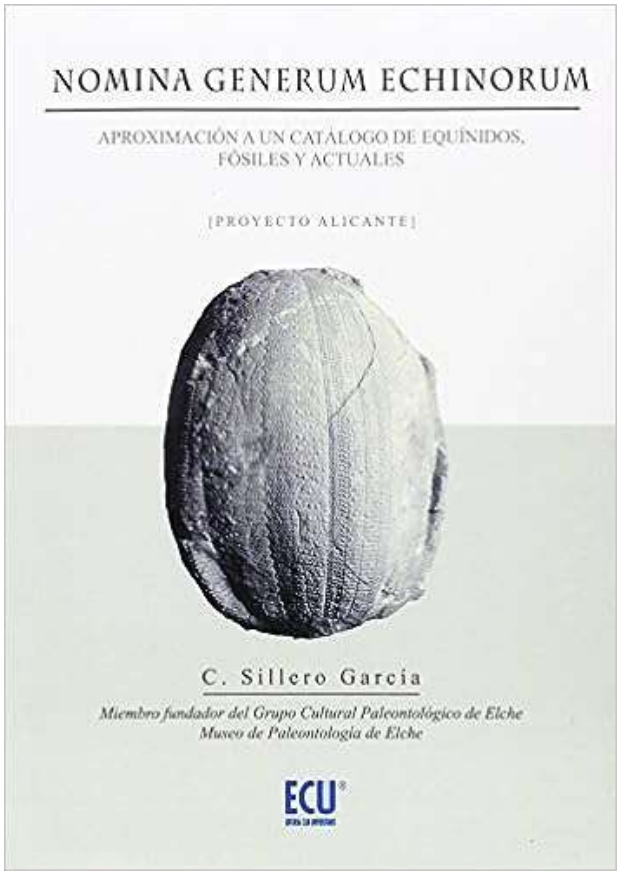


Figura 10. Portada de la publicación *NOMINA GENERUM ECHINORUM.* Aproximación a un catálogo de equínidos, fósiles y actuales.

LOS AFICIONADOS A LA PALEONTOLOGÍA Y LOS COLECCIONISTAS DE FÓSILES

No es infrecuente, en los últimos tiempos, leer noticias referentes a personas que son intervenidas por la Guardia Civil y a los que se les ha aprehendido por los fósiles que habían recogido en tal o cual sitio, sin los permisos oportunos. Puede que hayan expoliado un yacimiento o puede que únicamente se hayan apropiado de unas cuantas muestras de poco valor, sueltas y descontextaulizadas, ya sea con la intención de quedárselos o llevarlas a un museo. Puede que sea muy difícil diferenciar entre el aficionado a la Paleontología que recoge una pieza de la que le gustaría saber más, de los destructores o piratas de la paleontología como se ha calificado a muchos aficionados. En general, y a pesar de la legislación existente, puede que, sin querer, y por culpa de algunos irresponsables, estemos eliminando lo que pienso que es, uno de los pilares del desarrollo de la Paleontología: los aficionados. Voy a contar, antes que nada, una historia de un gran interés histórico y científico.

Gustave Cotteau estudió la carrera de Leyes en Paris. Un buen día, casualmente, tiene un contacto con el gran Hardouin Michelin en una sala de subastas, donde queda maravillado con alguno de los fósiles expuestos. Es entonces cuando Cotteau tiene el primer contacto con los equinodermos fósiles de Michelin y cómo se ilusiona con la Paleontología. Él no sabía entonces que con el tiempo se convertiría en el más grande "equinólogo" de todos los tiempos, el científico más grande de los erizos fósiles. En 1840 Cotteau obtiene su tesis de licenciatura en Derecho y se instala en Yonne, su lugar de nacimiento. En 1846 es nombrado juez en Auxerre y por entonces comienza con los estudios sobre los erizos fósiles. Llegando a ser conservador del museo de la ciudad. En 1847 fue uno de los miembros fundadores de la Sociedad de Ciencias Históricas y Naturales de Yonne. En 1862 fue nombrado juez del tribunal civil de Auxerre. En 1872 dimite de sus funciones de juez para consagrar el resto de su vida a la Ciencia. Cotteau llegó a ser presidente de la Sociedad Geológica de Francia.

Dice Robert, en su informal enciclopedia de los equínidos fósiles que Cotteau no estaba destinado a la Paleontología y fue el azar de encontrarse casualmente un buen día en Paris con Michelin en la sala de subastas lo que hizo que con el tiempo se convirtiera en un gran científico (Robert, 1988).

El ejemplo de Cotteau, y de otros grandes científicos, ilustra la importancia que han tenido los aficionados al desarrollo de la Paleontología, gente de profesiones muy diversas que, por afición, se dedicaron al estudio de los fósiles.

Yo creo que aficionados a los fósiles y coleccionistas los hay buenos y malos como en casi todas las cosas y no deben ser demonizados todos. La lógica parece decir que deben respetarse las leyes establecidas y que debe combatirse el vandalismo y la extracción indiscriminada de fósiles, pero no debe eliminarse la colaboración del aficionado con cierto grado de adiestramiento cuando está en contacto con un museo reconocido. En alguna legislación se dice que si se encuentra un fósil debe dejarse donde está y comunicarlo a un experto (paleontólogo). En el momento actual existe una legislación clara a este respecto y aunque sigue habiendo controversia, hay que buscar una solución que, cumpliendo la legislación vigente, proporcione protección al patrimonio paleontológico, que es de todos, y poner los medios necesarios para estimular las ansias de conocimiento de los aficionados a la Paleontología. No es mi intención abordar la magnitud del problema ni aportar soluciones eficaces. La propia Sociedad Española de Paleontología ha mostrado la multiplicidad legislativa existente en la legislación del patrimonio paleontológico y las grandes diferencias existentes en la legislación de las diferentes comunidades autónomas. Diversos artículos se han encargado de valorar el patrimonio paleontológico de nuestra comunidad y sugerir soluciones para abordar este problema (Montoya, 1993; Sánchez-Ferris & Montoya, 1995; Jordá Lledó, 2004).

EL DESTINO DE MI COLECCIÓN DE FÓSILES

Clausurada mi actividad como aficionado y coleccionista de fósiles (el tiempo y el deterioro físico pone a todos en su sitio), me urgió el deseo de reubicar mi colección de fósiles. Me pareció que lo más idóneo era que fuera depositada en el Museo Paleontológico de Elche, ya que forman parte del alma del museo. La colección es vasta y agrupa a un número difícil de calcular al tratarse ejemplares generalmente de pequeño tamaño, sobre todo invertebrados, pero que fácilmente supera las 30000 piezas, 3000 especímenes diferentes y unas 400 especies de equínidos fósiles, el plato fuerte de la colección (fig. 11). Hasta ahora estaban

Figura 11. Momento del traslado de la colección donde se dan explicaciones de los fósiles.

almacenadas en mi casa, en vitrinas y en cajas. Tras una solicitud formal de donación de la colección y aceptada esta, ha sido trasladada al Museo Paleontológico de Elche gracias a la gestión y a la dedicación de su gerente José Manuel Marín y de la directora Ainara Aberasturi quienes, con una paciencia infinita, han realizado el traslado al museo.

Si tuviera que hacer una síntesis de la colección paleontológica donada destacaría numerosos especímenes interesantes y raros, aunque puede que muchos no tengan el aspecto espectacular que uno espera encontrar en un museo. Probablemente, algunos de ellos son especies nuevas que por falta de conocimientos o de tiempo no he podido llegar a dilucidar. Otros vendrán que pongan un poco en orden estas cuestiones. Destaca la existencia de 7 holotipos de equínidos descubiertos por mí, aceptados en el *Index of living and fossil Echinoids 1971-2008,* ed. A Kroh (fig. 12), algunos otros que pueden erigirse en paratipos y en sintipos al haber desaparecido los holotipos originales, descripciones originales sobre detalles anatómicos no conocidos de especies conocidas, *exempli gratia* el aparato apical de *Salenia garciae*, equínido emblemático del Eoceno alicantino. Conviene reseñar algunos especímenes de erizos con anomalías anatómicas, la presencia de especies conocidas de rara presentación y el espectro muy amplio de equínidos del Eoceno medio, así como especímenes no clasificados, alguno con probabilidad de constituir especies nuevas. Fuera de la "equinología" tiene interés la colección de peces fósiles del yacimiento del Messiniense de Hurchillo, de Lorca y de la Sierra de los Villares, en Sucina (Murcia); vértebras de pez y algas de estos yacimientos; crustáceos interesantes, entre ellos un ejemplar de *Dromilites pastoris* y otro caparazón no conocido, en estudio, que puede constituir especie nueva. Los ejemplares del Cretácico Inferior (Aptiense) son muy numerosos destacando la existencia de ammonites muy interesantes, rhyncholites y placas basales y pies de crinoides, hallazgos muy raros en el Cretácico, gasterópodos de yacimientos no conocidos previamente, etc. Los trilobites de Marruecos han sido adquiridos tras visitas a Marruecos y existe una pequeña muestra de especímenes del Cámbrico de Murero. Es de destacar también una colección notable de graptolites de la Cordillera Ibérica y del Pirineo; dientes de mamíferos del Plio-pleistoceno continental de Guardamar y hallazgos del yacimiento del Triásico medio de La Alcoraya descubierto por mí. La colección de coralarios procede de yacimientos del Eoceno entre ellas, de Alicante, de Sierra Espuña y del Prepirineo; gasterópodos del Mioceno y Plioceno de Florida y del Eoceno de la cuenca de París…

FIGURA 12. Ejemplar de *Leiopedina molinai*, uno de los holotipos descritos por el autor del presente artículo, expuesto en el MUPE.

Mi deseo es que la colección sea de utilidad para el aprendizaje de los aficionados a la paleontología en conexión con el museo y para el estudio de los ejemplares por expertos que pongan orden en ella y la estudien sistemáticamente con el intento de descubrir hallazgos que yo haya pasado por alto.

Quizás tan interesante o más del legado de fósiles que dono al Museo Paleontológico de Elche es, aparte de bibliografía diversa, una guía muy amplia de los yacimientos de fósiles de España, algunos de ellos, localizados en la provincia de Alicante, descubiertos en algunas de mis salidas al campo. Contiene esta recapitulación de yacimientos información todo lo completa posible cuando ello ha sido realizable: nombre, localización, periodo geológico, reseña paleontológica y geológica del lugar. Cuando se ha podido, cada yacimiento se acompaña de bibliografía, esquemas y dibujos del propio autor, muchas veces realizados *in situ.* Espero que hagan un uso racional de esta guía los regidores del museo y que sirva, como mínimo, como una referencia histórica del desarrollo de la Paleontología en nuestro entorno.

EL FUTURO

El futuro de los aficionados a la paleontología está por escribir, pero es alentador. El aficionado podrá seguir teniendo, de una manera u otra, acceso al conocimiento científico, aunque no pueda recoger fósiles con libertad absoluta. Es necesario compaginar la actividad del aficionado con la misión del paleontólogo profesional sin violar los preceptos de la ciencia y las normas y leyes establecidas. Podrá seguir formándose en los museos, en las instituciones docentes y en las asociaciones científicas. Sería deseable la formación de grupos formados y autorizados, con centro en los museos locales, y algún medio de identificación que facilitara la búsqueda de fósiles en superficie para posteriormente comunicarlos a los responsables de los museos. Especialmente sensibles serían los yacimientos de un especial interés científico. Hacer un trabajo de campo elemental creo que no puede perjudicar a nadie. No debe confundirse, por otro lado, al aficionado a la Paleontología con el adicto al coleccionismo de fósiles y mucho menos con el que adopta una actitud irresponsable que favorece el vandalismo en los yacimientos o promueve la venta de fósiles. A este propósito tendría mucho interés la creación y protección por las autoridades civiles, asesoradas por los expertos, de parques paleontológicos, con actividades docentes, como se están empezando a crear en algunos sitios. Hagamos votos para que el aficionado a la Paleontología siga teniendo un papel interesante en el progreso de esta ciencia.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a Ainara Aberasturi, directora del Museo Paleontológico de Elche y a José Manuel Marín, gerente de la Fundación Cidaris el estímulo para la realización de este singular trabajo. Mi gratitud y mi emotivo recuerdo a todos, paleontólogos y aficionados, algunos tristemente desaparecidos, por haberme transmitido su ilusión y conocimientos.

REFERENCIAS

Aberasturi Rodríguez, A., Fierro Bandera, I. & Marín Ferrer, J. M. (2014). Una década del Museo Paleontológico de Elche. *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*, **32**: 71-79 pp.

Aberasturi Rodríguez, A., Fierro Bandera, I., Marín Ferrer, J. M. & Sánchez-Ferris, E. J. (2018). El Museo Paleontológico de Elche apuesta desde sus orígenes porque la ciudadanía se implique en su gestión diaria. *Panorama/Revista ph. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico*, **84**: 18-19 pp.

Baeza-Carratalá, J. F. (2011). New Early Jurassic brachiopods from the Western Tethys (Eastern Subbetic, Spain) and their systematic and paleobiogeographic affinities. *Geobios*, **44**: 345-360 pp.

Caracuel, J. E., Corbí, H., Estévez Rubio, A., Giannetti, A., Monaco, P., Pina, J. A., Soria, J. M., Tent-Manclús, J. E. & Yébenes, A. (2009). Pistas fósiles asociadas a la discontinuidad fini-Messiniense en el margen norte de la Cuenca del Bajo Segura (SE de España). *Geogaceta*, **47**: 37-40 pp.

Cotteau, G. (1890). Échinidess éocènes de la province d´Alicante. *Mémoires de la Société Géologique de France, Série 3*, **5**: 207 1-72 pp.

Irles, G. (1984). Casto Mendiola o las barbas del nómada. *Información 15*, domingo 25 de marzo, 1984.

Jiménez de Cisneros, C. (2022). Dos libros de narrativa del médico y paleontólogo Carlos Sillero García. *El Cantarano, Revista Digital,* agosto 2022.

Jordá Lledó, R. (2004). Protección de yacimientos paleontológicos en la Comunidad Valenciana: Marco legal. *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía,* **25-26**: 21-25 pp.

López, J. & Sillero, C. (2005). Equínidos fósiles de la provincia de Alicante. *Memorias del MUPE*, **2**, 254 pp.

Montoya, P. (1993). La Paleontología y el coleccionismo de fósiles. *Cidaris. Revista Ilicitana de paleontología y Mineralogía*, **2** (3): 30-35. pp.

Robert, P. (1988). *Encyclopedie des Échinides fossiles*. Complément au Tome III. Terrains Tertiaires.

Sánchez-Ferris, E. J. & Montoya, P. (1995). El patrimonio paleontológico valenciano y su protección. La carta paleontológica de la Comunidad Valenciana. *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*, **4**: 49-54 pp.

Santolaya, J. M. & Sillero, C. (1994). *Cassidulus santolayae n.sp.,* Sillero 1994. In Guía ilustrada de los equínidos fósiles de la Provincia de Alicante (I). *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*, **3**: 21 pp.

Santolaya, J. M. & Sillero, C. (1994-2001). Guía ilustrada de los equínidos fósiles de la Provincia de Alicante (I-IX). *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*, **5-12, 15-16, 19-20**: 260 pp tot.

Sillero, C. & López, J. (2014) Contribución de la paleontología alicantina al conocimiento de los equinoideos fósiles (Echinoidea). *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*, **32**: 43-56 pp.

Sillero, C. (2014). Un hallazgo inesperado. In Sillero, C. (Ed.): *Cuentos irreales y otros relatos breves* (pp. 77-85). San Vicente del Raspeig: Editorial Club Universitario.

Sillero, C. (2015). Nomina Generum Echinorum. *Aproximación a un catálogo de equínidos fósiles y actuales*. San Vicente del Raspeig: Editorial Club Universitario, 440 pp.

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE - MUPE -

IN MEMORIAM VICTORIANO PINEDA GONZÁLEZ

Marc Miralles Ballester; Iván Medina Cascales
Universidad de Alicante, Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente,
Ctra. San Vicente del Raspeig, s/n - 03690 San Vicente del Raspeig.

Las despedidas son siempre duras, más si cabe cuando llegan sin avisar. El 9 de marzo de 2023 recibíamos una de esas noticias que nunca nos hubiera gustado recibir: se había producido un accidente en una mina en Suria, donde Victoriano Pineda González (Vito) perdió la vida. Vito nació el 5 de agosto de 1993. Nativo de Almoradí, dedicó su vida profesional a una de sus pasiones: la Geología; si bien tenía otras inquietudes, como el rock, las motos o el kungfú. Sin duda alguna, dejó su huella allí por donde pasaba: en sus compañeros de la Universidad de Alicante, en el equipo del Museo Paleontológico de Elche y de GeaLand Patrimonio, en la Universidad de Granada o Barcelona... o incluso en una breve conversación. Todos los que conocimos a Vito estamos agradecidos de poder haber compartido con el algunas de sus andanzas o incluso haber coincidido en algunas de las etapas de su polifacética vida. Este breve artículo pretende ser un homenaje de parte de todos los geólogos alicantinos que tuvimos la suerte de conocer a Vito, pero en especial de parte de sus compañeros de promoción del Grado en Geología de la Universidad de Alicante quienes, a través de estas líneas escritas por Marc Miralles Ballester e Iván Medina Cascales de una manera muy personal, nos hablan de Vito y de su gran amistad.

TENÍA UN DON

Siempre pensé que mi amistad con Vito era una de esas cosas que, por algún motivo, tenían que pasar.

Nos conocimos en la cena de bienvenida, poco después de iniciar el primer curso del Grado en Geología de la Universidad de Alicante, allá por el 2011. En cuanto tuvimos ocasión de hablar era evidente, por nuestras pintas (sobretodo las suyas), como romperíamos el hielo: a los dos nos fascinaba la música, concretamente el rock. Y, es más, los dos tocábamos el bajo eléctrico en una banda. Los ingredientes para iniciar nuestra amistad estaban servidos.

Aquellos que pertenecemos a ese gremio sabemos lo complicado de la coincidencia, y más teniendo en cuenta el contexto en la que se da: una carrera universitaria que su belleza académica es inversamente proporcional a su fama, y a la que no entran demasiados estudiantes cada año, por suerte o por desgracia.

Dejo una posibilidad de suerte a este desafortunado hecho porque ello nos permitió, a los pocos compañeros de clase que éramos, forjar amistades, compartir nuestra pasión por las ciencias de la Tierra y la naturaleza, y prácticamente llegar a ser algo parecido a una familia durante aquellos años, con decenas de salidas de campo, campamentos, charlas entre cervezas y risas que se han quedado en maravillosas anécdotas que recordaremos siempre, y en las que Vito a menudo gozaba de protagonismo gracias a su facilidad de transmitir buen rollo, compañerismo y a sus dotes cómicas, ocasionalmente involuntarias, pero siempre efectivas.

Después de la carrera nuestros caminos se separaron, como suele ser habitual. Solíamos vernos una o dos veces al año, cuando yo subía por motivos laborales a Barcelona, donde él se encontraba realizando su tesis doctoral. A pesar de nuestras apretadas agendas, Vito siempre encontraba una manera de adaptarse a mi horario para quedar y así ponernos al día. Por aquel entonces, yo había desconectado bastante de la geología (mi camino profesional siguió otro camino), pero cuando le escuchaba hablar sobre su doctorado, en que punto de su investigación se encontraba, los resultados que estaba obteniendo, sus publicaciones, etc., me lo contaba con tanto entusiasmo que era imposible no contagiarse. Sin duda alguna era un apasionado de esta ciencia.

Figura 1. Cena de graduación del Grado en Geología de la Universidad de Alicante. Junio de 2015.

Vito tenia un don. Su forma de afrontar la vida, la manera en la que respetaba a la gente que le rodeaba; como, sin pretenderlo, acababa siendo querido por todo el mundo… Era un don natural. Pero sobretodo, y de algún modo totalmente inconsciente, era capaz de hacer felices a las personas que tenían la suerte de cruzarse en su camino. Yo fui una de ellas, y en estos meses de alternancia entre la tristeza de la cruda realidad y el consuelo del recuerdo, me quedo con todo lo que aprendí, sin darme cuenta, gracias a Vito.

Marc Miralles Ballester

AMISTADES AUTÉNTICAS

Vito y yo nos conocimos a los 12 años durante un viaje a Ávila de la asignatura de Ciencias Naturales, en 1º de la ESO. Esta sería, sin saberlo, nuestra primera "salida de campo" juntos. Fue un par de años después, en 3º de la ESO, cuando nuestra relación se empezó a fraguar y, desde entonces, nuestras vidas tomaron una trayectoria prácticamente paralela.

Nuestro primer contacto con la que sería nuestra ciencia, la Geología, se dio en 1º de Bachiller. Por aquel entonces, la enseñanza de la Geología era inexistente en la Secundaria, pero tuvimos la suerte de que nuestra profesora era una geóloga apasionada. Gracias a ella, se impartió parte del temario de Geología, y empezamos a conocer nociones básicas como los distintos tipos de rocas, la tectónica de placas, o las variedades de erupciones volcánicas… Y digo suerte porque, aunque por ese entonces creo que ninguno de los dos tenía el más mínimo pensamiento de seguir la senda geológica, es posible que fuera en ese momento cuando se nos instaló la semilla de lo que más adelante sería nuestra profesión. Y es que, durante ese curso realizamos, por ejemplo, nuestro primer visu y nuestra primera salida de campo propiamente geológica.

Guardo muchos buenos recuerdos de esos últimos años de Secundaria. Vito, como buen amigo que era ya por aquel entonces, era mi compañero de pupitre en clase y, en muchas ocasiones, sus coñas constantes eran la única razón que me mantenía despierto en ciertas asignaturas poco soportables. Fue con él también con quien me tomé mi primera cerveza, el elixir favorito de cualquier geólogo.

Tras acabar el instituto, nuestro futuro era incierto. Es por eso que la sorpresa fue grande al reencontrarme con Vito en las clases de Geología en la universidad después del verano., y ver que nuestros pasos seguían un mismo camino. Durante la carrera, su autenticidad y su buen rollo dejaron marca en todos los compañeros de clase, dejando muchos momentos para el recuerdo durante los campamentos y las fiestas.

Pero, aparte de su brillante personalidad, Vito también demostró sus grandes aptitudes en la Geología. Durante su Trabajo de Fin de Grado, abordó por primera vez la que sería su área de investigación principal: el estudio sedimentológico de unidades evaporíticas de finales del Messiniense (Pineda & Soria, 2021). Su pasión y dedicación llamaron la atención de su tutor, quien lo alentó a seguir una carrera investigadora.

Esto hizo que, pocos años después, consiguiera una ayuda predoctoral en la Universidad de Barcelona bajo la dirección del profesor Luis Gibert. En su etapa predoctoral, Vito se especializó en la sedimentología de evaporitas, estudiando la continentalización, a finales del Mioceno, de cuencas Neógenas Béticas como la de Las Minas y Campo Coy (Pineda *et al.*, 2020, 2021 y 2023). Como no podía ser de otra forma, la personalidad de Vito cautivó tanto a su director de tesis como a todos los compañeros de su nuevo puesto de trabajo, como transmitirían después.

Durante esta etapa, nuestra relación se distancio geográficamente. Las veces que venía a Alicante a realizar algunas tareas de laboratorio pude ver, por una parte, el entusiasmo con la que Vito afrontaba su investigación y los nuevos frentes que se le abrían en la vida y, por otra, que la sensación de camaradería y confianza entre nosotros era la misma que hace años, como suele suceder en las amistades auténticas. Fue en esas últimas jornadas cuando vi que, aparte de haberse convertido en un excelente profesional, seguía teniendo delante de mí al amigo auténtico, leal y alegre que había conocido hace tantos años.

Iván Medina Cascales

Figura 2. Geoyincana 2013. Cabo de las Huertas.

REFERENCIAS

Pineda, V., Gibert, L., Soria, J. M., Carranza, A., Ibáñez-Insa, J. & Sánchez-Román, M. (2020). Interevaporitic deposits of Las Minas Gypsum Unit: A record of Late Tortonian marine incursions and dolomite precipitation in Las Minas Basin (eastern Betic Cordillera, SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **564**: 110171.

Pineda, V., Gibert, L., García, F. J., Soria, J. M., Sánchez-Román, M. & Carranza, A. (2021). Posible influencia marina y formación de dolomita bioinducida durante el Mioceno final en la Cuenca de las Minas, SE de España. *Geotemas*, **18**: 181-184 pp.

Pineda, V., Ruíz-Sánchez, F. J., Montoya, P., Soria, J. M., Corbí, H. & Gibert, L. (2023). New constraints on the closure of the betic seaway and the western Mediterranean palaeoclimate during the Messinian salinity crisis from the campo coy basin (SE Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **613**: 111424.

Pineda, V. & Soria, J. M. (2021). Estratigrafía y sedimentología del sector del Puerto de Rebate (Cuenca del Bajo Segura, SE de España). *Cidaris. Revista Ilicitana de Paleontología y Mineralogía*, **33**: 57-66 pp.

Figura 3. Vito, recibiendo el 3er premio en el I Premio Revista Cidaris de la mano de Paco Sempere, Secretario de la Fundación Cidaris. Acto de presentación del nº 33 de la revista *Cidaris*, cuando fué publicada de nuevo por primera vez en 7 años. Septiembre de 2021.

MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE - MUPE -

ACTIVIDADES DURANTE EL 2022

En 2022, el Museo Paleontológico de Elche cumplió 18 años, una mayoría de edad que vino marcada por la continuidad en los proyectos de investigación, conservación y divulgación y por un amplio programa de actividades destinado a todo tipo de público.

El MUPE dispone de una estrategia de gestión del patrimonio geológico y paleontológico, iniciada en el 2007, bajo la denominación Proyecto FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante) y publicada en el 2019 en la revista *Spanish Journal of Palaeontology.*

En este sentido y enmarcada en dicha estrategia, a lo largo de 2022, se publicaron varios artículos científicos que fueron presentados en congresos y simposios, e investigadores de diferentes universidades visitaron las instalaciones del museo. Además, la directora del museo, Ainara Aberasturi, fue miembro del comité científico del XX Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología (EJIP).

Bajo FOPALI se vertebra el resto de actividades del museo, siendo la preparación fósil y la conservación trabajos fundamentales que permiten disponer de nuevos ejemplares fósiles listos para continuar con las investigaciones y asegurar el buen estado de las colecciones. Además, es a partir de estas últimas que se elaboran los contenidos empleados para divulgación.

El programa educativo del 2022 estuvo centrado en la realización de visitas guiadas, talleres de excavación paleontológica, talleres de identificación mineral, talleres de volcanes y rutas paleourbanas, pero también se llevó a cabo una experiencia educativa con el alumnado y profesorado del IES Pere Ibarra de Elche: *"Life´s evolution*: un viaje por el tiempo" (fig. 1). La metodología de trabajo y los resultados fueron presentados en el 57º Encuentro de Centros Innovadores organizado por la Facultad de Educación de la Universidad de Alicante.

El museo conmemoró días señalados con propuestas concretas para celebrar el Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia, el Día Internacional de los Museos o el Día Mundial del Turismo, y celebró por primera vez el Día del Orgullo Friki en colaboración con la tienda de ocio alternativo *Homelands*. Además, se participó en la Noche de los Investigadores celebrado en la Universidad de Alicante y como es habitual desde hace años, organizó talleres didácticos en la Semana de la Ciencia.

Figura 1. El museo se convirtió en un aula a gran escala en el que se desarrolló una experiencia educativa con el IES Pere Ibarra de Elche. En la imagen, momento de ensayo de una visita guiada por parte del alumnado.

A esto se suma la colaboración del museo en la DINOCON, una convención sobre dinosaurios en la cultura popular y la participación en la *Museum Week,* un evento de proyección internacional, que se lleva a cabo a través de *Twitter*, en el que se dieron cita más de 2.200 instituciones culturales y museos de todo el mundo.

Por segundo año el museo colaboró con el Festival de cine fantástico FantaElx donde alumnos y alumnas del Doble Grado de Comunicación Audiovisual y Periodismo de la Universidad Miguel Hernández presentaron "Huida jurásica", un falso tráiler rodado en las instalaciones del museo.

Los actos del 18º aniversario del MUPE permitieron acercar el museo a la sociedad de manera diferente. Así, cuentacuentos, talleres, un recital de guitarra, la celebración de una "Noche en el museo" para adultos y un ciclo de conferencias fueron las actividades realizadas (fig. 2; página siguiente).

Figura 2. Durante la celebración del aniversario del museo se realizó por primera vez una noche para adultos y se contó con conferencias a cargo del geólogo Nahúm Méndez Chazarra y de los paleontólogos Maite Suñer y Humberto G. Ferrón.

UN MUSEO PARA TODO EL MUNDO SIN EXCEPCIÓN

Uno de los objetivos más importantes del MUPE es acercar el museo a toda la sociedad, apostando por la accesibilidad y la inclusión. Prueba de ello son las numerosas actividades que se realizan con diferentes colectivos y la incorporación de materiales adaptados.

En 2022 se diseñó por primera vez una guía de lectura fácil con pictogramas en colaboración con la Asociación Ilicitana de Trastorno Autista (AITEAL) y gracias al apoyo de la *Associació de Persones Sordes del Baix Vinalopó d´Elx* (APESOELX) se cuenta con vídeos en Lengua de Signos que explican las salas inferiores del museo (fig. 3).

A la par que se incorporaron estas mejoras se realizaron visitas con diferentes colectivos como la Asociación de Familiares y Personas con Enfermedad Mental de la Provincia de Alicante (ASFEME) o con los usuarios y usuarias del Centro de Rehabilitación e Integración Social de Elche (CRIS). Además, se dio continuidad al "Proyecto 5 huellas", una iniciativa en la que jóvenes de la Asociación Integra-T, que presta atención, información orientación y asesoramiento a personas con diversidad funcional intelectual y sus familias, se están formando como guías en el museo. Este último proyecto contó con la colaboración de la Obra Social "la Caixa" y fue objeto de la "Semana Social de CaixaBank", dentro de su campaña 'Todos Cuentan Contigo".

A esto se suma la realización de actividades, como talleres y visitas con la Fundación Secretariado Gitano, la Fundación Elche Acoge, *Elx Conviu*, la ludoteca Los Palmerales o la Escuela de Verano TRAMA.

El museo acogió una jornada de concienciación y sensibilización ciudadana con personas refugiadas a cargo de la Cruz Roja.

PARTICIPACIÓN DEL MUPE EN SIMPOSIOS Y CONGRESOS

El Museo Paleontológico de Elche junto a GeaLand Patrimonio estuvo presente en el XXI Simposio de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra celebrado en Guadix (Granada), en pleno Geoparque Mundial de la Unesco de Granada. Los geólogos y geólogas de GeaLand y del MUPE participaron en este encuentro en el que presentaron dos comunicaciones.

Por un lado, se dio a conocer el trabajo que ha permitido elaborar la Primera Guía didáctica del Geoparque Mundial de la Unesco de Granada, la cual se puede descargar en el siguiente enlace https://www.geoparquedegranada.com/guiadidactica/.

Figura 3. El MUPE incorporó durante 2022 vídeos subtitulados y en Lengua de Signos en la planta inferior del museo, favoreciendo con ello la accesibilidad a personas sordas.

En cuanto a la segunda comunicación, se mostró el proyecto *foramsWORLD*, que pretende acercar la importancia científica de un grupo muy concreto de microfósiles, los foraminíferos. Y es que debido a su pequeño tamaño presentan ciertas complicaciones para su utilización docente. Además, se realizaron talleres de formación para el profesorado.

Figura 4. El equipo de profesionales del museo y GeaLand impartieron varios seminarios prácticos dirigidos a docentes.

Además, también se participó en la reunión científica de la Sociedad Española de Paleontología, celebrada en Cuenca. A lo largo de tres jornadas de ponencias, casi 200 investigadores presentaron los últimos avances en paleontología. Entre ellos, dos trabajos con las últimas intervenciones de campo desarrolladas por el museo.

Se dio a conocer las intervenciones paleontológicas realizadas en las obras de la autovía A-33 a su paso por Caudete, en Albacete. Allí, el equipo de paleontólogos y paleontólogas del museo realizó un seguimiento paleontológico durante el año 2020 que ha permitido descubrir un nuevo yacimiento "El Cruce" y recuperar importante información geológica, así como una extensa colección paleontológica, ahora en investigación. Las piezas halladas están depositadas en el Museo Paleontológico de Castilla-La Mancha. Asimismo, con respecto al segundo trabajo, correspondió al estudio de un yacimiento con restos de micromamíferos en el término de Villena, clave para conocer la edad del yacimiento de Caudete.

INAUGURACIÓN EXPOSICIÓN DE "EL CRUCE": 2020 EN LA A-33.

Nadie esperaba que a escasos metros de finalizar las obras de la A-33 promovidas por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a su paso por Caudete (Albacete), fuera a aparecer un yacimiento paleontológico. La localización de restos fósiles durante la realización de un seguimiento arqueológico hizo que las máquinas que estaban removiendo toneladas de tierra pararan su actividad en una zona muy concreta de la obra. Tras la pertinente notificación a la administración, en cumplimiento de lo establecido en la Ley 4/2013 de Patrimonio Cultural de Castilla-La Mancha, y de acuerdo con lo dispuesto por la Viceconsejería de Cultura que llevó a cabo la preceptiva autorización de los trabajos paleontológicos necesarios para la documentación del yacimiento, un equipo de paleontólogos de la Fundación Cidaris realizó una campaña valorativa en 2019 que permitió plantear una estrategia de intervención.

Así, durante 6 intensos meses de trabajo en 2020, paleontólogos y paleontólogas del MUPE, realizaron un seguimiento paleontológico de la obra, además de realizar una excavación sistemática en el sector que inicialmente se habían localizado restos fósiles (fig. 5).

Las intervenciones han permitido recuperar más de 6000 registros fósiles y numerosa información científica desconocida hasta la fecha.

Tras finalizar las memorias científicas y presentar los resultados preliminares a la comuni-

Figura 5. Intervención paleontológica en el yacimiento "El Cruce", durante las obras de la A-33 a su paso por Caudete.

dad científica en las Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología celebradas en Cuenca en 2022, se empezó a trabajar en el diseño de una exposición itinerante que diera a conocer los trabajos realizados.

En diciembre de 2022 se tuvo todo listo para que Caudete acogiera en enero de 2023 la primera parada de la exposición divulgativa del yacimiento, patrocinada por el negocio de Construcción ACCIONA, en la que los visitantes conocerían el yacimiento, el trabajo diario de los paleontólogos en la obra y la fauna identificada.

Fue el comienzo de la exposición itinerante "EL CRUCE": 2020 EN LA A-33.La iniciativa es un ejemplo de colaboración entre las diferentes Administraciones y organismos públicos intervinientes en las obras, ACCIONA y los paleontólogos en aras de la recuperación del patrimonio paleontológico.

UN TRABAJO MINUCIOSO Y FUNDAMENTAL

Para investigar y, en su caso, poder divulgar el patrimonio paleontológico mueble depositado en el museo, es necesario contar con los permisos oportunos, que los fósiles hayan pasado por las instalaciones del laboratorio y que estén incorporados en la base de datos. Para ello, en el laboratorio se lleva a cabo su preparación y es necesario realizar revisiones periódicas que garanticen su correcto estado de conservación a lo largo del tiempo.

Las colecciones del MUPE están distribuidas en las salas de exposición y en los almacenes. Los fósiles expuestos, así como las vitrinas también requieren de revisiones y anualmente se realizan campañas de mejora que incluyen la revisión y actualización taxonómica de los ejemplares, cambios en la cartelería y limpieza interna de las vitrinas.

En 2022 se acometieron mejoras concretas en tres vitrinas de la sala del Cenozoico, en la planta inferior del museo (fig. 6). Se retiraron ejemplares duplicados y se apostó por la selección de nuevos fósiles que aporten una mayor información desde el punto de vista científico y didáctico y se actualizó la cartelería. Además, se añadieron medidas de protección con materiales inertes para evitar la entrada de elementos externos al interior de las vitrinas.

Figura 6. Anualmente se realizan campañas de conservación y actualización de los fósiles expuestos, así como limpieza de vitrinas.

Por último, cabe destacar que el MUPE participó en la iniciativa Ask a curator, donde a través de las redes sociales, especialmente vía Twitter, pero también por Instagram, YouTube y Facebook, los internautas preguntaron a los paleontólogos del MUPE cuestiones relacionadas con la preparación de fósiles en el laboratorio y la conservación de las colecciones de geología y paleontología. ¡Sin duda, otra manera directa y cercana de interactuar con el público!

SUBVENCIONES QUE HACEN CRECER AL MUSEO

El avance del Museo Paleontológico de Elche es posible gracias no solo a la implicación de su equipo y de la Fundación Cidaris, sino al apoyo y a la colaboración de particulares y distintas entidades, empresas y administraciones que con su ayuda económica hacen crecer al museo. Es por eso que en el MUPE se está en una constante búsqueda de financiación que permita su viabilidad.

Al apoyo anual que el museo recibe del Ayuntamiento de Elche, se suma la Diputación de Alicante, cuyas subvenciones han permitido realizar una importante mejora en las salas del museo, disponiendo con ello del mayor mapa geológico de la provincia expuesto en un museo (fig. 7), la edición del número 34 de la revista *Cidaris* y continuar con los trabajos de inventario de los fondos de la institución, pilar fundamental sobre el que se sustenta parte de las labores de investigación, conservación y divulgación del MUPE.

El trabajo de catalogación e inventario se centró en la colección de invertebrados, especialmente en los ammonites y permitió incorporar 1832 nuevos registros, correspondiendo este dato a 6301 ejemplares. El 95% de ellos son fósiles de ámbito nacional, tratándose más de dos terceras partes de restos procedentes de la provincia de Alicante, de los cuales 1 de cada 5 son ilicitanos. Parte de los ejemplares localizados en el término municipal de Elche fueron expuestos en el área "LOS SECRETOS DEL MUPE" como piezas del mes de mayo, teniendo repercusión en prensa.

Cotejar listados, asignar una nueva sigla si era necesario, realizar una clasificación preliminar, anotar su procedencia y cualquier observación para futuras intervenciones en el mismo son algunas de los pasos más importantes del proceso, que queda registrado en una base de datos. Tras esto, los fósiles se almacenan adecuadamente.

El inventario y la catalogación de los fondos son fundamentales para la adecuada gestión de las colecciones del museo y para conocer parte del patrimonio geológico y paleontológico de la provincia de Alicante. Apoyar estas iniciativas significa apostar por la provincia, su patrimonio, la cultura y el medio ambiente, algo que cada vez más personas y entidades están comprendiendo, y así lo sigue demostrando la Diputación de Alicante con su compromiso.

Por su parte, una subvención recibida de la Conselleria de Educación, Cultura y Deporte permitió la adquisición de nuevo material para el funcionamiento del museo.

Figura 7. En 2022 se actualizó y mejoró el área que da la bienvenida a los visitantes en la primera planta del museo, disponiendo con ello del mayor mapa geológico de la provincia de Alicante expuesto en España.

A estas ayudas, se sumaron las recibidas por parte de la Obra Social "la Caixa" y de la Universidad Miguel Hernández #CompromisoSocial2022 para realizar un proyecto vinculado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Todas estas subvenciones y ayudas si bien son fundamentales, resultan insuficientes para el avance de un museo de referencia en la provincia de Alicante, siendo necesaria la búsqueda de nuevas líneas de financiación que sumado a los trabajos que genera la propia entidad permitan dotar al museo de los fondos y personal necesario. Aun así, pensamos en un futuro positivo, donde trabajar en defensa del patrimonio geológico y paleontológico por y para las personas es una de las razones de ser del museo.

EL MUPE APUESTA POR SER UN MUSEO CERCANO

Conectar con la sociedad, especialmente con el entorno más cercano, es clave para potenciar un museo más participativo y dinámico. Para ello, el Museo Paleontológico de Elche dispone de un conjunto de acciones que facilitan su disfrute y la divulgación de conocimiento científico, buscando la forma de llegar a toda la sociedad. En este sentido, el museo se ubica en uno de los barrios más emblemáticos de la ciudad, el barrio del Raval, y a lo largo de sus casi 19 años de andadura, se han ido estrechando lazos que han permitido canalizar las diferentes acciones a través de la Asociación de Vecinos y Vecinas del Raval.

En 2022 se dio continuidad al concurso de dibujo "Raval jurásico" (fig. 8; página siguiente), promoviendo las artes plásticas, la paleontología y el conocimiento del entorno a través de esta iniciativa. Dinosaurios, trilobites o tigres dientes de sable son plasmados sobre un papel en los rincones más icónicos del Raval, fomentando con ello la participación ciudadana y favoreciendo que el MUPE sea un museo abierto y plural.

Otra colaboración importante y habitual con la asociación vecinal es la celebración de «DinoHalloween», la víspera del Día de todos los Santos, donde familias disfrutaron del museo y de talleres celebrados en la plaza de Sant Joan en colaboración con los vecinos y veci-

Figura 8. El concurso de dibujo "Raval jurásico" es una iniciativa con la Asociación de Vecinos y Vecinas del Raval que implica cada vez a más participantes.

nas y de un taller específico de maquillaje de Halloween gracias a la implicación del profesorado y alumnado de Estética del turno de tarde del Centro Integrado Público de Formación Profesional de la Torreta. La actividad reunió a numerosos participantes con ganas de pasar un rato divertido y aprender sobre geología y paleontología.

Tras un análisis del público que asiste al museo, los jóvenes entre 15 y 25 años son los que de manera general están más alejados. Ante esta situación y con el objetivo de generar nuevos atractivos para este público en el museo, se inició un proyecto de colaboración con la tienda de ocio alternativo *HOMELANDS*. Gracias a ella se diseñó y se puso en marcha una visita guiada tematizada y una jornada de juegos de mesa, todo ello enmarcado en el Día del Orgullo Friki.

Con todas estas iniciativas, cada vez más y más personas forman parte activa del museo, de una manera u otra, y lo conocen, a pesar de que muchas veces lo más cercano es lo menos visitado y conocido.

En el museo se siguen desarrollando nuevas estrategias para poder mejorar y seguir aportando a la sociedad, para que conozca y valore el rico patrimonio geológico y paleontológico de la provincia. Este, es un recurso cultural, educativo, social y turístico no estacionario importante, siendo el MUPE el único museo de paleontología de la provincia. Este, a su vez, se nutre del apoyo, cada vez más numeroso, que le brinda la ciudadanía y las diferentes asociaciones, entidades y organismos con los que colabora. El MUPE seguirá apostando por el entorno.

EL MUPE COMO CENTRO DE FORMACIÓN E INVESTIGACIÓN

El MUPE es más que un centro donde se desarrollan proyectos de investigación, conservación y divulgación de patrimonio geológico y paleontológico. Desde hace 11 años y gracias a un convenio de colaboración entre la Fundación Cidaris y la empresa especializada en patrimonio geológico, GeaLand Patrimonio, se está formando a estudiantes del Grado de Geología y de Biología en este ámbito y con ello, completando la formación práctica del alumnado.

Además, el museo recibe anualmente visitas formativas del Grado de Geología de la Universidad de Alicante, del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria de la Universidad de Alicante y del Máster de Paleontología Aplicada de la Universidad de Alicante y la Universidad de Valencia (fig. 9). A estas se suman visitas puntuales de alumnos y alumnas de periodismo de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

A la posibilidad de realizar prácticas de empresa en el museo, se suma la disponibilidad de las colecciones para investigadores y alumnado del Grado de Geología y Biología. Así, durante 2022, Toni Díaz Beltrán, egresado en Geología, realizó un Trabajo Fin de Máster basado en fósiles depositado en el museo. La pieza seleccionada fue un conjunto de falanges y metápodos de mastodonte procedentes del yacimiento "Crevillente 2" (CR2), Crevillent.

El trabajo, previa solicitud de autorización, consistió en la preparación fósil de los ejemplares, su asignación anatómica y taxonómica y la

Figura 9. Alumnado del máster de Educación de la Universidad de Alicante durante una jornada en las instalaciones del museo.

puesta en marcha de una serie de actividades educativas en un instituto de Crevillent.

Estudiar el pasado e invertir en ciencia permite prepararse para el futuro. Por ello, el Museo Paleontológico de Elche seguirá apostando por ser institución de formación y como cantera para futuros paleontólogos y paleontólogas.

REVISTA CIDARIS: AVANZANDO CON PASO FIRME

Tras un receso de 7 años, en 2021 se publicó el número 33 de la revista *Cidaris*, con el lanzamiento del «Primer Premio Revista Cidaris». En 2022, se da continuidad a la publicación, que poco a poco va dando sus nuevos pasos, con la segunda edición del Premio Revista Cidaris. Este premio da a la revista un nuevo formato, en el que jóvenes investigadores e investigadoras publican sus Trabajos de Fin de Grado (TFG) y Trabajos de Fin de Máster (TFM), que traten aspectos de la geología de la provincia de Alicante, así como su divulgación científica.

El objetivo de esta nueva dinámica de publicación, promovida por GeaLand Patrimonio, S.L., es la de fomentar la cultura científica y motivar a jóvenes investigadores, facilitando así la transferencia de conocimientos a la sociedad. De esta manera, alumnos y alumnas egresadas resumen, transforman y adaptan su TFG y TFM para elaborar artículos en un formato científico-divulgativo, accesibles al público general, sin faltar al rigor de una publicación científica. Los autores participantes ven publicado su artículo y los tres mejores reciben un reconocimiento especial a modo de mención honorífica e incluso un premio económico por dar a conocer su trabajo a la ciudadanía.

En 2022 se recibieron artículos de egresados de la Universidad de Alicante, de la Universidad Miguel Hernández de Elche y de la Universidad de Valencia. A estas universidades se les hace partícipe de los premios, participando en el Comité Científico, encargado del proceso de revisión por pares de los artículos, y formando parte indispensable del Tribunal del fallo de los premios, al que se suma representantes de la Fundación Cidaris (entidad gestora del MUPE) y de GeaLand Patrimonio S.L.

El Tribunal del fallo del «Segundo Premio Revista Cidaris» estuvo formado por representantes de cada institución: Jesús Miguel Soria Mingorance (Universidad de Alicante), José Navarro Pedreño (Universidad Miguel Hernández de Elche), Francisco Javier Ruiz Sánchez (Universidad de Valencia) y Ainara Aberasturi Rodríguez (Directora del MUPE, en representación de la Fundación Cidaris y GeaLand Patrimonio). En calidad de secretario, se contó con la presencia de Ignacio Fierro Bandera (Director Gerente de GeaLand Patrimonio S.L.)

En este número 34 de *Cidaris*, se publicaron 2 artículos basados en TFG procedentes del Grado de Ciencias Ambientales de la Universidad Miguel Hernández de Elche, 3 TFG del Grado en Geología de la Universidad de Alicante, y 2 TFM de la Universidad de Valencia, de entre los cuales se repartieron 550€, accésits y entradas gratuitas al museo entre los 3 mejores según el Tribunal de los premios. Los premiados realizaron un breve resumen a modo de exposición en el acto de presentación de la revista que tuvo lugar en la Sala de Ámbito Cultural de El Corte Inglés de Elche (fig. 10).

Figura 10. Acto de presentación del número 34 de la revista Cidaris en la Sala de Ámbito Cultural de El Corte Inglés de Elche.

El primer premio fue para Laura Jurenaite, por un artículo sobre Lugares de Interés Geológico al norte de San Vicente del Raspeig, en el que se estudian, cartografían y valoran patrimonialmente los mismos. El segundo premio fue para Miquel Escribano Ivars, que junto a sus colaboradores proponen una ruta didáctica en el Parque Natural de la Sierra de Mariola. El tercer premio fue para Ángela Anaís Ara Córcega, por un estudio geológico realizado en la Albufereta y el Cabo de la Huerta (Alicante), sobre materiales de edad entre el Neógeno y el Cuaternario.

GRACIAS POR HACERNOS CRECER EN 2022

El 2022 finalizó con 17.852 visitantes en el museo, lo que supuso un incremento del 33,5% con respecto al 2021. Del total, el 67,64 % de las visitas correspondieron a público particular, mientras que el 32,36 % correspondió a grupos, siendo en su mayoría escolares. Estos datos vienen a mostrar el interés de la sociedad por el museo y como a lo largo de la evolución del museo ha habido una tendencia a un aumento de público no cautivo.

En cuanto a la procedencia de los visitantes, en el ámbito nacional siguen destacando como los más habituales los ilicitanos con un 47 %. Asimismo, un 26% proceden de otras localidades de la Comunidad Valenciana, y un 13,5% del resto de comunidades. Por su parte, el público extranjero representó un 13,5% del total de visitas, siendo los europeos los más habituales. Esta última cifra supuso un incremento del doble de visitantes de público fuera de España con respecto al año anterior.

Desde el MUPE queremos dar las gracias a todas las personas que siguen disfrutando del museo y apostando por la cultura científica. Sin ellos, no podríamos mirar al futuro con optimismo.

TREINTA AÑOS FELICITANDO LAS NAVIDADES

Los AMIGOS y AMIGAS del MUPE reciben anualmente una felicitación navideña diseñada por uno de sus integrantes más veteranos y socio de Honor de la Fundación Cidaris: Antonio Ródenas Maciá. Antonio forma parte del Grupo Cultural Paleontológico de Elche, iniciativa ciudadana precursora del museo en la que ya se felicitaba de manera tan entrañable a sus socios y socias hace más de 30 años.

En diciembre de 2022 y con motivo del 18º aniversario del MUPE se inauguró una exposición temporal con la colección de tarjetas de este artista ilicitano. A través de 29 postales navideñas originales, los visitantes descubrieron hitos del museo, la evolución del artista, que combina diferentes técnicas y la marcada aparición del color en sus postales, sin faltar el toque de humor presente en las obras (fig. 11).

Figura 11. Momento de la inauguración de la muestra de postales navideña a cargo de Antonio Ródenas.

Esta muestra fue una iniciativa cultural llevada a cabo con la colaboración del Ayuntamiento de Elche y de ART & THINGS.

DISTINCIONES DURANTE EL 2022

El Museo Paleontológico de Elche está adherido al Sistema Integral de Calidad Turística Española en Destinos (SICTED) desde el año 2015. Se trata de un proyecto de mejora de la calidad turística promovido por la Secretaría de Estado de Turismo y coordinada en Elche, por Visitelche. Desde entonces el museo se encuentra en un proceso continuo de evolución y de mejora, tanto desde el punto de vista interno como externo para ofrecer un óptimo servicio a los visitantes.

En 2022, se renovó la distinción y el museo fue anfitrión de una de las jornadas de mejora del SICTED, donde se mostró la línea de trabajo en cuanto a accesibilidad e inclusión del museo.

NUESTRO RUGIDO HACE ECO

La difusión del museo es uno de los retos de la institución y en 2022 se llevó a un nuevo nivel, con la puesta en marcha de múltiples iniciativas. La divulgación de la ciencia es, junto a la investigación y la conservación, lo que define a un museo y uno de sus pilares fundamentales y que da sentido a los otros dos. Por ello, es importante potenciarla, favoreciendo con ello el nexo de unión entre la sociedad y el museo.

Desde la firma de un convenio en 2012 se cuenta con la colaboración de TARSA Relaciones Públicas y Comunicación que hace llegar las noticias del museo a todos los medios de comunicación, con una media de 2 notas de prensa

al mes, siendo su equipo de profesionales una parte fundamental del museo.

En agosto del 2022 y gracias al Grupo Antón el MUPE estuvo presente en numerosas vallas publicitarias de la ciudad y en la pequeña pantalla Elche Cableword TV elaboró reportajes específicos del museo.

Diferentes emisoras de radio se hicieron eco de las noticias del museo y se continuó participando con la sección del MUPE en el magacín presentado por Rosa Lucas "Entre Amigos", de TeleElx Radio MARCA.

Una de las iniciativas qué más impacto mediático tuvo fue la presencia del MUPE en una de las etapas de la Vuelta Ciclista a España a su paso por Elche. Desafiando las altas temperaturas del 30 de agosto, enfundados en dos disfraces de dinosaurios y con una pancarta "la Vuelta al MUPE… de Vuelta con nosotros" se daba publicidad al museo, además se forró la furgoneta del museo a modo de un vehículo de "transporte de animales vivos" del que sobresalía la enorme cabeza de un *Parasaurolophus*. Miles de personas conocieron por televisión el MUPE, lo que tuvo repercusión en prensa y redes sociales, siendo un magnífico foco de atención. (fig. 12).

En cuanto a las redes sociales, el análisis que se hace desde el MUPE es que es necesario estar presente, si bien y atendiendo a la respuesta en visitas al museo, los medios tradicionales parecen ser más efectivos. Aun así, actualmente es una vía de comunicación fundamental para conocer el día a día del museo, estar conectados, participar en sus iniciativas y con todo, llegar a la sociedad.

Figura 12. A pesar de las altas temperaturas del 30 de agosto, dos dinosaurios y una pancarta daban a conocer el MUPE durante la Vuelta ciclista a España.

Cada red tiene una serie de características y público destinatario, es por ello que el museo intenta llegar a diferentes públicos y está presente en *Facebook*, *Twitter* e *Instagram*. Los contenidos seleccionados se centran en aspectos generales del museo, vinculados a los proyectos de investigación, conservación y divulgación que desarrolla el equipo del museo, aunque también se da cabida a noticias relacionadas con el patrimonio geológico y paleontológico tanto de la provincia como del resto de comunidades o aspectos curiosos relacionados con las ciencias de la Tierra. A finales de 2022, conseguimos superar los 7000 seguidores en redes y tener una media de 4 publicaciones a la semana.

El museo dispone de canal de *YouTube* donde se puede disfrutar de vídeos generados en el museo, además de poder acceder a las audio-guías de la planta inferior del museo.

HAZTE AMIGO/AMIGA DEL MUPE

¿Te gustaría formar parte del museo? Si es así, anímate a hacerte amigo y amiga del MUPE y con tu apoyo y colaboración, contribuye a la investigación, conservación y divulgación que se realiza en la institución.

Queremos que el museo sea un lugar de encuentro, accesible y participativo donde tu colaboración y opiniones sean incorporadas y formemos un museo de todos y para todos y todas.

Hacerse amigo y amiga del museo es sencillo, para ello accede a la web del museo www.cidarismpe.org y en su apartado "Hazte amigo", descarga la plantilla. Y si ya lo eres y quieres aumentar tu compromiso o llevarlo a tu empresa, puedes informarte de las diferentes formas de colaboración existentes.

REDES SOCIALES

Facebook.com/mupeelche

Instagram.com/mupe_elche

Twitter.com/mupe_elche

YouTube.com: Museo Paleontológico de Elche MUPE.

MUPE - MUSEO PALEONTOLÓGICO ELCHE -

Subvenciona

DIPUTACIÓN
DE ALICANTE

Colaboran

Ajuntament d'Elx | Elx Cultura | SeaLand conservacion investigacion difusion | MUPE MUSEO PALEONTOLÓGICO DE ELCHE | Fundación Cidaris