Universidade do Minho
Escola de Ciências

Carmen Corbalán Andreu

Proyecto Arrecife – Mares tropicales del Mioceno superior entre Elche y Alicante (Comunidad Valenciana, España)

novembro de 2025

Proyecto Arrecife – Mares tropicales del Mioceno superior entre Elche y Alicante (Comunidad Valenciana, España)

Carmen Corbalán Andreu

UMinho | 2025

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Carmen Corbalán Andreu

Proyecto Arrecife – Mares tropicales del Mioceno Superior entre Elche y Alicante (Comunidad Valenciana, España)

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Geociências
Especialização em Património Geológico e Geoconservação

Trabalho efetuado sob a orientação dos
Professor Doutor José Bernardo Rodrigues Brilha
Doutor Ignacio Fierro Bandera

novembro de 2025

Direitos de autor e condições de utilização do trabalho por terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial

CC BY-NC

https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Agradecimientos

Quiero agradecer, en primer lugar, a mis tutores José Brilha e Ignacio Fierro Bandera por su inconmensurable ayuda, su dedicación y su orientación. Su apoyo académico y personal ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo.

Al equipo del Museo Paleontológico de Elche, por acogerme como presencia constante en su biblioteca, y por sus valiosos consejos durante las distintas etapas del proyecto.

A mi familia, especialmente a mi madre, mis hermanas y mi abuela, por su compañía, su apoyo incondicional y su paciencia.

A mi pareja, Gürol, por su ánimo constante y su inquebrantable confianza en mí.

A mis amigos y amigas, nuevos y viejos, tanto de España y Portugal como de todas partes del planeta, por su compañerismo incluso desde la distancia.

Y a todos los profesores y compañeros del Mestrado em Geociências, por hacerme sentir como en casa en Braga, y por una experiencia inolvidable en la Universidade do Minho.

Quiero extenderos, a todos vosotros, mi gratitud y reconocimiento.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Projeto Recife – Mares tropicais do Miocénico superior entre Elche e Alicante (Comunidade Valenciana, Espanha)

Resumo

Esta dissertação está centrada na avaliação quantitativa de 13 locais de interesse geológico (LIG), localizados entre as cidades de Elche e Alicante na Comunidade Valenciana (Espanha), todos eles representativos dos processos sedimentares e paleoambientais associados à Crise de Salinidade do Messiniano, no contexto da Bacia do Baixo Segura. A metodologia utilizada baseia-se na estratégia FOPALI (Fósseis e Património de Alicante), uma ferramenta que integra critérios científicos, didáticos, turísticos e de conservação, permitindo uma avaliação objetiva e comparativa de cada local.

Os resultados evidenciam o elevado valor científico dos LIG pela preservação de restos fósseis e registos estratigráficos fundamentais, bem como o notável potencial que apresentam para a educação e a divulgação. No entanto, também se identificam riscos relacionados com o desenvolvimento urbano, a falta de proteção legal específica e os usos atuais do solo.

Com base nos resultados da avaliação, propõem-se medidas de gestão orientadas para a geoconservação e para a valorização do património geológico como recurso educativo, cultural e turístico sustentável. Este projeto não pretende apenas analisar estes LIG de um ponto de vista puramente científico, mas também promover uma identidade territorial baseada na história geológica partilhada entre Elche e Alicante, a partir da qual possam ser desenvolvidas estratégias que valorizem este património natural.

O estudo contribui para evidenciar a relevância do património geológico messiniano da província de Alicante, inserido num dos contextos geológicos de importância mundial consagrados na legislação espanhola sobre biodiversidade e património natural (Lei nº 42/2007), e para estabelecer estratégias de conservação e aproveitamento sustentável no sudeste ibérico.

Palavras-chave: avaliação; Bacia do Baixo Segura; Crise de Salinidade do Messiniano; geoconservação; património geológico.

Proyecto Arrecife – Mares tropicales del Mioceno superior entre Elche y Alicante (Comunidad Valenciana, España)

Resumen

Este trabajo se centra en la valoración cuantitativa de 13 lugares de interés geológico (LIG) situados entre las ciudades de Elche y Alicante (Comunidad Valenciana, España), todos ellos representativos de los procesos sedimentarios y paleoambientales asociados a la Crisis de Salinidad del Messiniense en el contexto de la Cuenca del Bajo Segura. La metodología empleada se basa en la estrategia FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante), herramienta que integra criterios científicos, didácticos, turísticos y de conservación, permitiendo una evaluación objetiva y comparativa de cada localización.

Los resultados evidencian el alto valor científico de los LIG por la preservación de restos fósiles y registros estratigráficos clave, así como el destacado potencial que presentan para la educación y la divulgación. Sin embargo, también se detectan riesgos relacionados con el desarrollo urbanístico, la falta de protección legal específica y los usos actuales del suelo.

Usando los resultados de la valoración se plantean propuestas de gestión orientadas a la geoconservación y la puesta en valor del patrimonio geológico como recurso educativo, cultural y turístico sostenible. Mediante este proyecto no se pretende únicamente analizar estos LIG desde un punto de vista puramente científico, sino también promover una identidad territorial basada en la historia geológica compartida entre Elche y Alicante, a partir de la cual puedan desarrollarse estrategias que pongan en valor este patrimonio natural.

El estudio contribuye a visibilizar la relevancia del patrimonio geológico Messiniense de la provincia de Alicante, incluido en uno de los contextos geológicos de relevancia mundial contemplados en la legislación española sobre biodiversidad y patrimonio natural (Ley 42/2007), y a establecer estrategias para su conservación y aprovechamiento sostenible en el sureste ibérico.

Palabras clave: Crisis de Salinidad del Messiniense; Cuenca del Bajo Segura, geoconservación, patrimonio geológico, valoración.

Índice

1. Introducción 1

2. Justificación y objetivos 1

3. Marco geográfico y contexto estratigráfico del proyecto 2

4. Metodología 9

4.1. Marco legislativo 9

4.2. Bases metodológicas 10

4.3. Procedimiento y cronograma 14

5. Resultados 15

5.1. Descripción de los LIG 18

5.2. Valoración patrimonial 28

6. Discusión 29

6.1. Análisis de datos 29

6.2. Propuestas de gestión 32

7. Conclusiones 36

8. Referencias bibliográficas 38

Índice de figuras

Figura 1. Situación geográfica de los municipios de Elche (verde) y Alicante (azul), y la zona de estudio (amarillo)..... 3
Figura 2. Contexto geológico del área de estudio en el marco de las Cordilleras Béticas (Corbí *et al.*, 2014) y de la provincia de Alicante (Alfaro *et al.*, 2004a)..... 4
Figura 3. Columna estratigráfica de los sintemas y unidades aflorantes en "Colmenares". Redibujado de Soria *et al.* (2005b) en Fierro *et al.* (2017)..... 5
Figura 4. Esquema del concepto de patrimonio geológico (Sánchez-Ferris *et al.*, 2019). 11
Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio. 16
Figura 6. Comparación entre VC, VP y VR de los LIG analizados. 30

Índice de tablas

Tabla 1. Criterios y baremos del modelo FOPALI. 14
Tabla 2. Cronograma del proyecto. 15
Tabla 3. Listado definitivo de LIG. 18
Tabla 4. Presencia de fases de la CSM según el LIG. 18
Tabla 5. Puntuaciones resultantes de la baremación según el método FOPALI. 29

Lista de abreviaturas y siglas

BC – Bien Catalogado

BIC – Bien de Interés Cultural

BRL – Bien de Relevancia Local

CCT – Complejo Carbonatado Terminal

CSM – Crisis de Salinidad del Messiniense

LIG – Lugar de Interés Geológico

VC – Valor científico

VPU – Valor de potencialidad de uso

VR – Valor de los riesgos

1. Introducción

El presente trabajo presenta el estudio y la documentación gráfica de diferentes afloramientos de interés paleontológico y yacimientos entre la ciudad de Alicante y el norte de la ciudad de Elche, ambas situadas en el sureste de España.

Los términos municipales de Alicante y Elche comparten una singular geología vinculada a la cuenca del Bajo Segura y a la CSM. En esta zona los cambios ambientales ocurridos durante el Mioceno superior, así como el proceso de formación del mar Mediterráneo, han quedado registrados mediante formaciones de roca sedimentaria y arrecifes coralinos fósiles. Estos elementos conforman una franja de más de 20 km de longitud, extendiéndose desde el núcleo urbano de la ciudad de Elche hasta el puerto de la ciudad de Alicante, con numerosos Lugares de Interés Geológico (LIG), aunque ninguno de ellos cuenta actualmente con protección legal salvo el BIC El Porquet.

La geología no entiende de fronteras, y este patrimonio compartido, el registro fósil, los paisajes y los procesos que han modelado la zona, representa un vínculo físico y natural entre ambas ciudades. Mediante este proyecto no se pretende únicamente investigar estos LIG desde un punto de vista puramente científico, también promover la idea de que Elche y Alicante no están unidas solo por su historia reciente, sino también por millones de años de evolución geológica en común. Esta identidad territorial compartida puede ser una potente base para propuestas culturales, educativas y turísticas en conjunto.

2. Justificación y objetivos

Se establece en la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano que la Generalitat promoverá la divulgación del conocimiento del patrimonio cultural valenciano (Art. 3). Recita asimismo que los poderes públicos han de garantizar la protección y conservación de dicho patrimonio (Art. 9), e indica que las administraciones públicas facilitarán la incorporación de los bienes a usos activos y adecuados a su naturaleza, como medio de promover el interés social en su conservación y restauración.

El patrimonio geológico y paleontológico estudiado en este trabajo se extiende por dos municipios, Elche y Alicante, y aunque Alicante cuenta con un inventario desactualizado de las localizaciones relevantes, Elche carece por completo de éste. Según la ley, el ayuntamiento de cada municipio ha de elaborar un Catálogo de Bienes y Espacios Protegidos del Municipio (Art. 47, Art. 58). También se

constituyen varias figuras de protección en función del valor y la relevancia del patrimonio: BRL y BIC, siendo esta última la que otorga mayor protección.

A pesar de que la legislación vigente especifica que se ha de promover el estudio y la protección de todo patrimonio de valor, hay un único BIC en la provincia de Alicante, la Zona Paleontológica El Porquet (Aberasturi Rodríguez *et al.*, 2020; Ronzano Velázquez, 2021). Dicha área se encuentra al sur de la ciudad de Alicante, limítrofe con la zona de trabajo establecida para este estudio.

Asimismo, los materiales geológicos de la cuenca del Bajo Segura presentan una de las series estratigráficas más completas del Mioceno y del Plioceno del margen mediterráneo, registrando de forma excepcional los ambientes sedimentarios y las características paleoambientales de la CSM. La calidad y cantidad de los afloramientos de esta naturaleza les dota de gran importancia, y esto se demuestra mediante su representación en el ámbito científico (p.ej. Soria *et al.*, 2008a, 2008b; Caracuel *et al.*, 2011; García-García *et al.*, 2011; Soria *et al.*, 2014; Corbí & Soria, 2016; Corbí *et al.*, 2016).

La CSM se considera un contexto geológico de España de reconocimiento internacional. Así está descrita en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, en el Anexo VIII.II. Debido a sus características geológicas y paleontológicas, la zona de estudio presenta potencial para albergar LIG de relevancia nacional, y se sabe con certeza que algunas de las localidades ya conocidas son únicas a escala regional.

Teniendo en cuenta la valía y la cuantía del patrimonio geológico y paleontológico de la Comunidad Valenciana en general, y de los municipios de Elche y Alicante en particular, es de acuciante necesidad implementar los requerimientos de inventariado y, si así se considera, protección necesarios.

El proyecto tiene como metas recopilar, inventariar y valorar patrimonialmente los distintos lugares, exponiendo su estado actual, y a partir de esta información plantear diferentes propuestas de protección y uso en toda la zona. Dentro de la valoración a realizar en cada uno de los LIG, realizada mediante el modelo FOPALI, se incluye su relevancia científica y su valor turístico, así como su estado de conservación y los riesgos tanto actuales como potenciales.

3. Marco geográfico y contexto estratigráfico del proyecto

Desde un punto de vista geográfico, la zona de estudio se extiende por un conjunto de suaves relieves situados entre las ciudades de Elche y Alicante (Fig. 1). Estos relieves pueden englobarse en una franja de 16,8 km^2 que se dispone, en su extremo occidental, al norte de Elche y, en su extremo oriental, al sur

de Alicante. La delimitación de este espacio de trabajo responde a criterios científicos, pues los relieves alineados del área de estudio albergan las principales unidades geológicas en las que se centra el valor patrimonial de este proyecto.

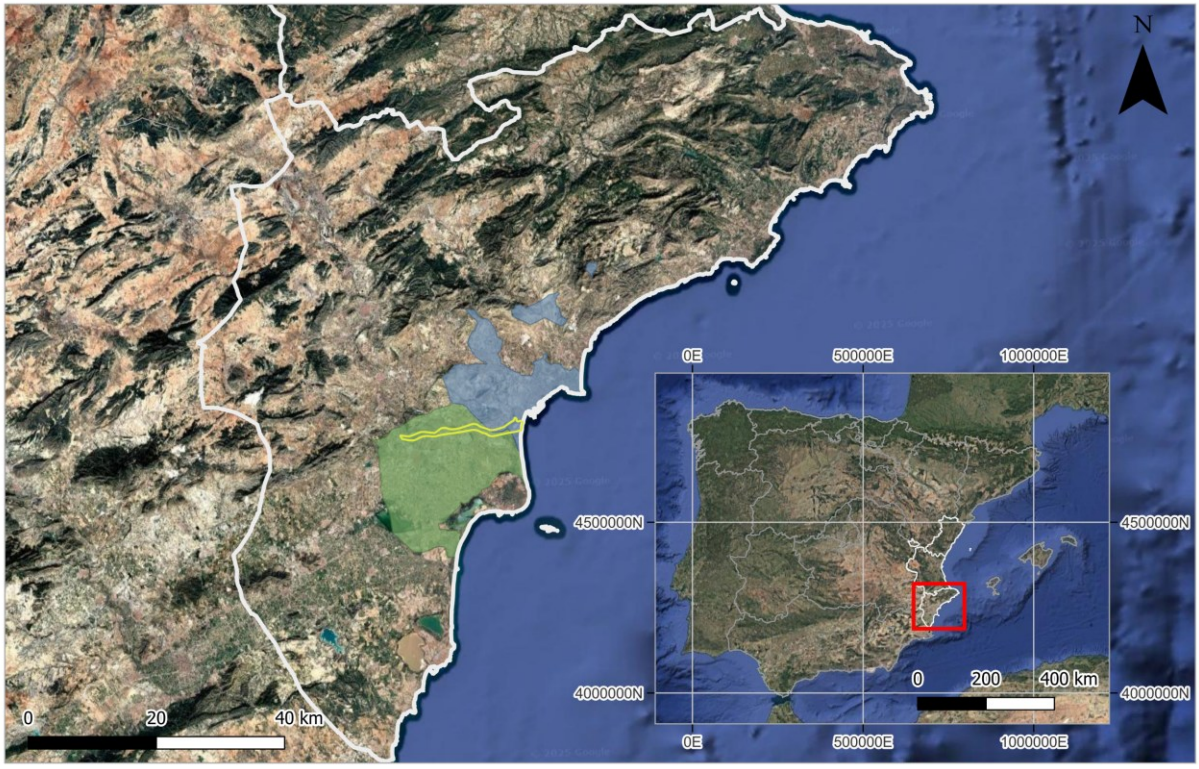


Figura 1. Situación geográfica de los municipios de Elche (verde) y Alicante (azul), y la zona de estudio (amarillo).

La topografía del terreno es constante a lo largo de la franja, presentando una cresta de perfil asimétrico en respuesta a la disposición estratigráfica de los materiales. Con una altitud máxima de 213 m.s.n.m., esta cresta destaca sobre la planicie, generalmente rasa, de la cuenca cuaternaria del río Vinalopó. En la mitad occidental tres cursos de agua atraviesan la zona de norte a sur: el río Vinalopó al oeste, seguido del barranco de San Antón y el barranco del Grifo hacia el este. El límite oriental del área de estudio está definido por el cauce del barranco de Agua Amarga y la costa del mar mediterráneo. El clima mediterráneo que se da en esta región, dado a ocasionales precipitaciones torrenciales, junto con una vegetación natural caracterizada por espartales y matorrales, junto con pinares y carrascales (Moutahir *et al.*, 2014), crea un paisaje semiárido singular por su escasa vegetación y numerosas ramblas. Estas particularidades permiten una calidad de observación excepcional de los materiales geológicos presentes en la zona.

La provincia de Alicante cuenta con una alta densidad de población (Moutahir *et al.*, 2014) y, aunque el área de trabajo presenta amplias zonas forestales y rurales, diseminadas a lo largo del terreno hay urbanizaciones, zonas residenciales y polígonos industriales. Asimismo, la zona de estudio es cruzada

por abundantes redes viales como son la autovía A-7, la autopista AP-7, la carretera nacional N-340 o numerosos caminos de accesos a pequeños núcleos de población. Los taludes de las obras relacionados con estas redes de transporte facilitan, en ocasiones, la visibilidad de los afloramientos.

Desde una perspectiva geológica, la zona de estudio se encuentra emplazada en la cuenca del Bajo Segura, que abarca desde Murcia hasta Alicante. Limita en su borde norte con la Falla de Crevillente, al este con el mar Mediterráneo, al sur con la cuenca de Cartagena, y al oeste con la Sierra de Orihuela. Este corredor se emplaza en el sector más oriental de la Cordillera Bética (Fig. 2), cuyos relieves son parte de la orogenia alpina y consecuencia directa de la colisión entre la Placa Ibérica y el Bloque de Alborán (Alfaro *et al.*, 2012). En la cuenca del Bajo Segura entran en contacto dos de los principales dominios de la Cordillera Bética: las Zonas Internas, al sur, y las Zonas Externas, al norte (Caracuel *et al.*, 2011). Sobre esta sutura se desarrollan los materiales de la cuenca postorogénica del Bajo Segura, integrante del dominio de las Cuencas Neógeno-Cuaternarias.

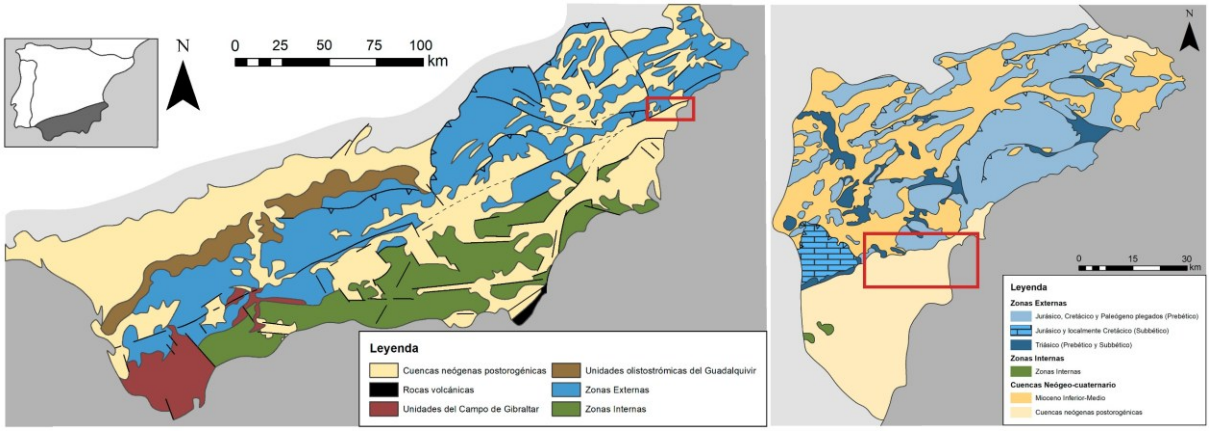


Figura 2. Contexto geológico del área de estudio en el marco de las Cordilleras Béticas (Corbí *et al.*, 2014) y de la provincia de Alicante (Alfaro *et al.*, 2004a).

La cuenca se divide en dos sectores, norte y sur, divididos geográficamente por el río Segura, cuyo cauce responde al efecto tectónico de la Falla ciega del Bajo Segura (Alfaro, 1995; Alfaro *et al.*, 2004a; Alfaro *et al.*, 2012). La zona de trabajo se establece en el sector norte de la cuenca, que reúne afloramientos en el entorno de las localidades de Crevillente, Elche y Alicante. Sobre el basamento y rellenando la cuenca se encuentran unidades de edades comprendidas entre el Tortoniense y el Cuaternario (Montenat, 1973; Montenat *et al.*, 1990), con un extenso registro sedimentológico y paleoambiental del Mioceno y Plioceno del margen mediterráneo (Fig. 3).

Entre los eventos registrados en los materiales del borde N de la cuenca del Bajo Segura se encuentra la conocida CSM (Ryan, 1973, Hsü *et al.*, 1977), considerada de interés científico internacional. Numerosos investigadores han coincidido en la calidad y excepcionalidad de los afloramientos en esta

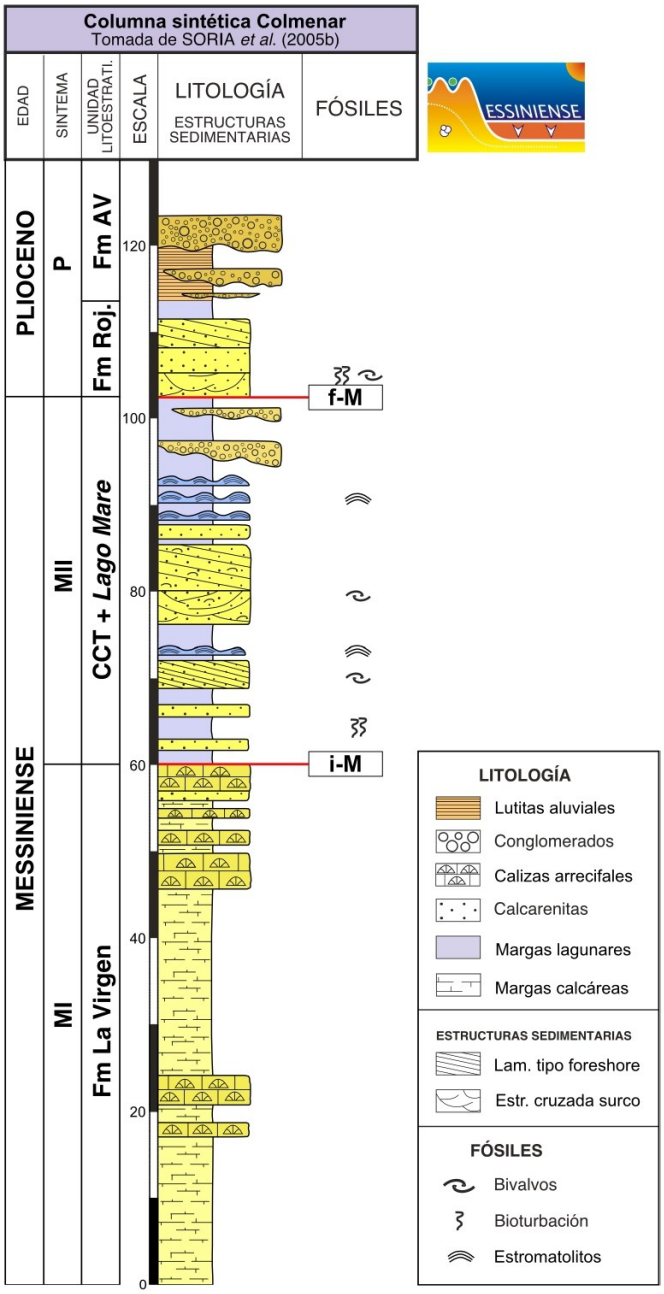


Figura 3. Columna estratigráfica de los sintemas y unidades aflorantes en "Colmenares". Redibujado de Soria *et al.* (2005b) en Fierro *et al.* (2017).

zona de la cuenca, contribuyendo ampliamente al entendimiento del reflejo de la CSM en este sector del Mediterráneo.

Aunque no presentan el nivel de deformación observado en las rocas del substrato, el sector norte de la cuenca ha sufrido un episodio de deformación neo-tectónica. Coincidiendo con la zona de estudio, o justo al norte de la misma, discurre la Falla de Crevillente, y al sur se encuentra la Falla ciega del Bajo Segura, cuya actividad ha levantado los materiales presentes de tal forma que adquieren una disposición monoclinal con buzamiento generalmente sur. También hay presentes otras fallas y pliegues singenéticos asociadas a estas dos fallas principales.

Dada la presencia de discontinuidades entre materiales de distintas edades, se ha optado por usar el término sintema para referirse a estas, tal y como se determina por Corbí (2010) y otros autores (Soria *et al.*, 2008b; 2014). Sobre el basamento de edad Mioceno Inferior y Medio se disponen, por tanto, cinco sintemas: Tortoniense I (TI), Tortoniense II (TII), Tortoniense Terminal-Messiniense (TII-MI), Messiniense II (MII) y Plioceno (P). Estos reflejan los cambios eustáticos regionales mediante megasecuencias progradantes y discontinuidades erosivas en momentos de aumento y descenso del nivel del mar, respectivamente. Cada uno de los sintemas está conformado a su vez por unidades litoestratigráficas, cuya extensión y edad se conocen por los trabajos en bioestratigrafía de foraminíferos realizados por Corbí (2010) y Corbí & Soria (2016). De todos ellos, este trabajo se centrará en aquellos sintemas que presentan unidades geológicas estrechamente vinculadas al evento de la CSM,

considerando los ambientes sedimentarios representados por las mismas y discontinuidades existentes entre ellas.

El Sintema Tortoniense II-Messiniense I (TII-MI) abarca materiales de edad Tortoniense terminal y Mioceno, e incluye las formaciones Torremendo y La Virgen (Corbí, 2010; Corbí & Soria, 2016). Cuatro sistemas deposicionales se interdigitan, identificados por Soria *et al.* (2003; 2005b) y Corbí (2010) de la siguiente manera, ordenados de proximal a distal:

1. Arcillas con paleosuelos rojos y conglomerados de origen aluvial.
2. Margas de ambiente lagunar de agua salada, con abundantes ostreidos que presentan bioerosión por litófagos. De forma esporádica y local pueden contener micro y macromamíferos (Fierro *et al.*, 2017).
3. Areniscas con presencia de arrecifes coralinos, conocidas como Formación La Virgen (Montenat, 1973; 1977), representativas de ambientes sedimentarios marinos costeros y someros. Soria *et al.* (2005b; 2008a) consideran que esta unidad es progradante sobre la Fm Torremendo. Es rica en fósiles, tales como pectínidos, ostreidos, serpúlidos y, en puntos concretos, *Thalassinoides*. Dominan las areniscas amarillas de grano fino, estratificadas y dispuestas en bancos masivos (Peral, 2016), y frecuentemente sobre estas aparecen calizas con rodolitos. Por encima se presentan calizas arrecifales tipo *rudstone*, con estructuras coralinas de gran tamaño (Fierro *et al.*, 2017). Coronando la serie es posible encontrar areniscas amarillas similares a aquellas encontradas en la parte inferior de la formación.
4. Margas de talud y cuenca, con sapropel, diatomitas, turbiditas y *slumps*. Estos materiales corresponden a la Formación Torremendo (Montenat, 1973; 1977), de edad Tortoniense-Messiniense, pues el límite Tortoniense-Messiniense se halla hacia la base de esta formación. En su parte inferior está conformada por alternancias rítmicas de margas y areniscas turbidíticas mientras que el sector superior estas intercalaciones, aunque frecuentes, están distribuidas irregularmente (Soria *et al.*, 2008a). Conforme se asciende por la formación los bancos de arenisca crecen en número y espesor hasta dar paso a la formación La Virgen.

El sintema TII-MI limita a techo con la discontinuidad intra-Messiniense (i-M), caracterizada por una importante fase erosiva a consecuencia de eventos de emersión y erosión (Corbí *et al.*, 2016). Una de las explicaciones a este evento es que esta discontinuidad es fruto de la primera regresión del nivel del mar durante la CSM (Corbí & Soria, 2016).

El Sintema Messiniense II (MII) se desarrolla sobre la discontinuidad intra-Messiniense causada por la CSM al reinundarse el mar Mediterráneo. En el sector norte de la cuenca del Bajo Segura estos materiales rellenan paleovalles amplios y someros (Soria *et al.*, 2005b; 2007). Soria *et al.* (2008b) y Fierro *et al.* (2017) describen las litologías de este sintema siguiendo diversos sistemas de depósito, de proximal a distal son:

1. Arcillas con paleosuelos rojos y conglomerados aluviales, que corresponden a la zona distal de abanicos aluviales.
2. Margas de ambientes lacustres y palustres que suelen aparecer junto con calizas brechoides/nodulosas y arcillas con bioturbaciones de raíces de considerable tamaño. Se han citado los niveles fosilíferos con restos de microvertebrados.
3. Arcillas y limos con estructuras hidromórficas y bancos de conglomerados. Representan depósitos de llanura de inundación y canales fluviales.
4. Margas con ostreidos, ostrácodos y foraminíferos bentónicos. Al ser estos fósiles característicos de ambientes lagunares de aguas salobres, esta unidad recibe el nombre de *Lago Mare* (Soria *et al.*, 2007), si bien también se le llama Formación Garruchal. En el sector norte se observan fuertes indicios de bioturbaciones en margas, así como calizas blancas brechoides (Peral, 2016).
5. Areniscas, calcarenitas y carbonatos ricos en oolitos procedentes de ambiente de playa y plataforma interna. Pueden llegar a encontrarse asimismo estromatolitos de gran tamaño. Estas litologías han sido descritas como Complejo Carbonatado Terminal (CCT), y se conforman progradantes sobre el siguiente sistema.
6. Evaporitas marinas, sobre todo yesos seleníticos, alternadas con margas con foraminíferos planctónicos. Reciben el nombre de Formación San Miguel. Estos materiales se depositaron en un ambiente sedimentario en el cual la precipitación de las evaporitas y la sedimentación de las margas se suceden de forma cíclica (Corbí, 2010).

El límite superior de este sintema se corresponde con la discontinuidad fini-Messininense (f-M), caracterizado por una discordancia angular erosiva y con una marcada diferencia en vertical entre las facies de MII y P. Caracuel *et al.* (2011) citan una importante erosión en el techo de la formación MII debido a un episodio de emersión. En ciertas áreas esta disconformidad presenta paleovalles encajados en los sintemas anteriormente mencionados, y canales fluviales conteniendo gravas y arenas (Soria *et al.*, 2005a).

Sobre esta discontinuidad se asientan los primeros materiales del Sintema Plioceno (P), registrando la fase erosiva anteriormente mencionada seguida de una transgresión que los rellena. Siguiendo lo establecido por Montenat (1973; 1977), Soria *et al.* (2005b) y García-García *et al.* (2011), se han identificado cuatro sistemas deposicionales:

1. Como relleno inicial en los paleovalles y a consecuencia de una inundación de origen marino (García-García *et* al., 2011) aparece un *lag* costero basal (P0). La litología la componen conglomerados de cantos angulosos, incluyendo materiales de sintemas Miocenos, con intercalaciones de areniscas a láminas. Dentro de la zona de trabajo los materiales relacionados con rellenos de paleovalles se encuentran representados, salvo en el área de la sierra de Colmenares (Soria *et al.*, 2008b; 2005a).
2. Sobre esta unidad, y rellenando aún los paleovalles, aparecen unas margas ricas en organismos planctónicos (P1 o Formación Hurchillo) que indican un ambiente marino más profundo y, por tanto, una subida del nivel del mar. En la base presenta niveles arenosos con *ripples* y estratificación cruzada tipo *hummocky*, mientras que en su parte superior aparecen secuencias granocrecientes cada vez de más espesor que dan paso gradualmente a la unidad P2. Esta litología se interpreta como un depósito de ambiente marino durante una transgresión, iniciándose ésta con los materiales de P0 y finalizando con la colmatación de los paleovalles con sedimentos marinos (Caracuel *et al.*, 2011).
3. Calcarenitas marinas someras o costeros (P2 o Formación Rojales). Entre las localidades de Elche y Torrellano esta unidad se dispone sobre P1, mientras que en otras áreas se asienta discordante sobre MII. En la sección de Torrellano, incluida en la zona de trabajo, Peral (2016) describe 2 o 3 metros de calcarenitas y calcirruditas bioclásticas, con un depósito conglomerático en su base. Entre los clastos de este *lag* basal se hallan fósiles de bivalvos y clastos perforados por litófagos. Según Caracuel *et* al., (2011) se corresponde con el nivel máximo de inundación. El resto de la unidad describe una secuencia de somerización del ambiente sedimentario, pasando de unas facies típicas de áreas marinas poco profundas a dunas y estromatolitos. Por tanto, las Fm. Hurchillo y Rojales describen dos ciclos transgresivos-regresivos hasta la continentalización total de la cuenca (Lancis *et al.*, 2015).
4. Arcillas y conglomerados aluviales (P3, Formación Arcillas o Margas Versicolores, o Formación Montesinos). Representa los materiales de origen sedimentario continental del Plioceno en esta región. En su término inferior presenta alternancias de margas y calizas lacustres. A continuación, aparecen lutitas rojas con paleosuelos de origen aluvial (Caracuel *et al.*, 2011).

Discordante sobre estos materiales se encuentras aquellos relacionados con procesos erosivos y de relleno del Cuaternario en forma de brechas, arcillas rojas o costras carbonáticas (Fierro *et al.*, 2017).

4. Metodología

4.1. Marco legislativo

En la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, aquella en la que se basan las Comunidades Autónomas para desarrollar sus leyes pertinentes, se establece ya en el Artículo 1º que inmuebles y objetos muebles de interés paleontológico integran el Patrimonio Histórico Español. A partir de esta legislación estatal la Comunidad Valenciana elaboró la Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano. Dado que este proyecto se ha llevado a cabo en su totalidad en territorios de la Comunidad Valenciana, será esta la única figura legislativa a emplear como fundamento.

La Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano reconoce dentro de la definición de patrimonio cultural los bienes muebles e inmuebles de valor paleontológico y científico, estableciendo en el Artículo 58 que forman parte del patrimonio paleontológico valenciano tanto los bienes muebles como los yacimientos que contengan fósiles de interés relevante. Declara asimismo que los ayuntamientos deberán identificar y delimitar las zonas de su territorio que sean susceptibles a contener restos paleontológicos, e incluirlas en sus Catálogos de Bienes y Espacios Protegidos como Áreas de Vigilancia Paleontológica. Aquellos puntos o elementos que, por sus características, presenten un valor elevado recibirán protección legal en forma de BRL, como Espacios de Protección Paleontológica, o incluso BIC, como Zonas Paleontológicas, y serán inscritos en el Inventario general del Patrimonio Cultural Valenciano.

Por último, en los Artículos 59 y 60 se estipula que exploraciones sin remoción del terreno, dirigidas al descubrimiento e investigación se consideran actuaciones paleontológicas, y que tales acciones deberán ser autorizadas expresamente por la Conselleria de Cultura.

Es imprescindible mencionar, asimismo, la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. En el Artículo 3 proporciona una definición del patrimonio geológico, describiéndolo como "*el conjunto de recursos naturales de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente, y el origen y evolución de la vida*".

Más adelante, establece la creación del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que incluye un Inventario de Lugares de Interés Geológico representativo de las unidades y contextos geológicos del país. Éstos se exponen en el Anexo VIII, donde se identifican las unidades geológicas más representativas, como las estructuras y formaciones geológicas singulares de las cuencas cenozoicas continentales y marinas, así como los contextos geológicos de relevancia mundial, como los episodios evaporíticos messinienses vinculados a la crisis de salinidad mediterránea. Ambas son relevantes para el presente trabajo.

Estipula asimismo que los poderes públicos han de integrar en sus políticas sectoriales los objetivos y criterios necesarios para la gestión, conservación y valoración de la geodiversidad, incluyendo herramientas para ello tales como el Plan Estratégico Estatal del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad o los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, entre otros.

Finalmente, la ley determina que los espacios naturales protegidos pueden ser declarados como tal por albergar elementos naturales representativos o singulares de interés geológicos, o por estar dedicados a la protección y el mantenimiento de la geodiversidad.

Es en este marco legal en el que se basa el presente proyecto, y en el que se constituyen como idóneos y necesarios los trabajos contemplados de estudio y documentación de yacimientos en los relieves entre las localidades de Elche y Alicante, contribuyendo así a salvaguardar los principios en los que se fundamenta la Ley de Patrimonio Cultural Valenciano.

4.2. Bases metodológicas

Existen numerosas propuestas de valoración patrimonial, algunas de ellas usadas ampliamente como son la metodología del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para su aplicación en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), expuesto por García-Cortés *et al.* (2019), o los métodos desarrollados por Carcavilla-Urquí *et al.* (2007), por Díaz Martínez *et al.* (2013) o por Brilha (2016), entre numerosos otros.

Dado que el presente trabajo está vinculado al Museo Paleontológico de Elche y a la Fundación Cidaris, como estrategia de valoración de los LIG se ha empleado el modelo FOPALI, desarrollado por la Fundación Cidaris para evaluar el patrimonio geológico y paleontológico de la provincia de Alicante.

El modelo FOPALI, descrito en detalle por Sánchez-Ferris *et al.* (2019), parte de la base de que cualquier elemento paleontológico, ya sea mueble o inmueble, es intrínsecamente patrimonio en base a lo estipulado en la Ley del Patrimonio Cultural Valenciano. Los criterios empleados son válidos asimismo

para evaluar el patrimonio geológico. De esta manera, el valor de estos elementos no determina si un elemento es patrimonio o no, sino que indica cuál será la prioridad en cuanto a su gestión (Fig. 4).

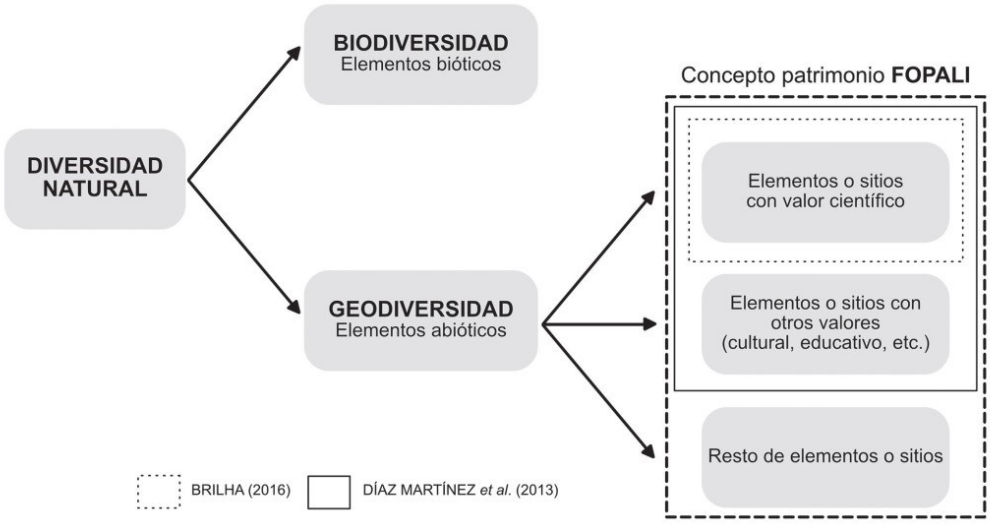


Figura 4. Esquema del concepto de patrimonio geológico (Sánchez-Ferris *et al.*, 2019).

Dentro del modelo FOPALI se emplea un total de 28 parámetros agrupados en tres tipos de criterios: científicos, de potencialidad de uso y de riesgos de deterioro. Así, se evalúan las propiedades intrínsecas, su posible utilización y los peligros para su conservación, respectivamente. La baremación se realiza mediante un sistema de cuantificación mixto, de tal manera que en ciertos criterios la valoración se efectúa de forma cualitativa-cuantitativa, y en otros se han establecido rangos de valor que luego se asocian a una escala numérica (Tabla 1).

Nombre del LIG							
CRITERIOS DE VALORACIÓN	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**Baremos**
Abundancia de afloramientos similares	Presente en más de un lugar en el municipio	Único en el municipio	Único en la Comunidad Autónoma	Único en España	Único en el mundo		
Localidad tipo	No es localidad tipo		Nivel específico / una unidad geológica		Nivel genérico / más de una unidad geológica		
Paleodiversidad / geodiversidad	1-5 spp. / elementos geológicos	6-10 spp. / elemento geológicos	11-15 spp. / elementos geológicos	16-20 spp. / elementos geológicos	> 20 spp. / elementos geológicos		

Paleodisparidad	1 filum	2 filos	3 filos	4 filos	> 4 filos		40
Estado de conservación inmueble	Fuertemente deteriorado	Características claves deterioradas	Afectado, pero se aprecian características clave	Algún deterioro	Perfectamente conservado		
Estado de conservación mueble	Muy malo	Malo	Regular	Bueno	Muy bueno		
Interés tafonómico / genético	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Interés geológico	**Media aproximada a la unidad**						
Bioestratigrafía	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Litoestratigrafía	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Tectónica	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Geomorfología	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Utilidad para ilustrar procesos	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Potencial científico	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
VALOR CIENTÍFICO							**ΣVC (máx. 40)**
Grado de conocimiento o investigación	Inédito	1-2 publicaciones	3-5 publicaciones	6-10 publicaciones	11-15 publicaciones	> 15 publicaciones	
Valor histórico		Después de 1990	1990-1936	1935-1900	s. XIX	s. XVII o anterior	
Interés didáctico		Fósiles / elementos geológicos o niveles		Lo anterior y paleoambientes / ambientes sedimentarios o procesos		Todo lo anterior	
Valor complementario		Un elemento	Dos	Tres	Cuatro	Cinco	
	Yacimientos paleontológicos, yacimientos arqueológicos, espacios naturales, geología, infraestructuras						
Proximidad a poblaciones		> 50 km	26-50 km	11-25 km	5-10 km	> 5 km	40

Número de habitantes en el entorno		< 10000 en radio 25 km	10000-25000	25000-50000	50000-100000	> 100000	
Visibilidad	Nula	Niveles o bienes muebles		Niveles y bienes muebles		Niveles, bienes muebles y señalización	
Accesibilidad		Difícil de acceder a pie	Difícil de acceder en vehículo	Accesible en todoterreno	Accesible en coche	Accesible en autobús	
VALOR DE POTENCIALIDAD DE USO							**ΣVC (máx. 40)**
Accesibilidad	Difícil de acceder a pie	Difícil de acceder en vehículo	Accesible en todoterreno	Accesible en coche	Accesible en autobús		
Riesgos por visibilidad	Nula	Se reconocen niveles	Se reconocen bienes muebles	Se reconocen niveles y bienes muebles	Se reconocen niveles y bienes muebles, y está señalizado		
Proximidad a poblaciones	> 50 km	26-50 km	11-25 km	5-10 km	> 5 km		
Riesgos por el número de habitantes	< 10000 en radio 25 km	10000-25000	25000-50000	50000-100000	> 100000		
Usos del suelo	**Media aproximada a la unidad**						
Vertederos	Inexistentes o lejanos	Proyectados	Ocasionales	Obras iniciadas	En funcionamiento		
Edificaciones	Inexistentes o lejanos	Proyectados	Ocasionales	Obras iniciadas	En funcionamiento		40
Explotaciones mineras	Inexistentes o lejanos	Proyectados	Ocasionales	Obras iniciadas	En funcionamiento		
Agrícola y ganadero	Inexistentes o lejanos	Proyectados	Ocasionales	Obras iniciadas	En funcionamiento		

Infraestructuras	Inexistentes o lejanos	Proyectados	Ocasionales	Obras iniciadas	En funcionamiento		
Grado de afección por el uso del suelo		Compatible	Moderado	Severo	Crítico		
Vulnerabilidad ante el expolio	Nula o muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
Susceptibilidad ante el expolio	Nula o muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta		
Frecuencia de expolio	Nula o desconocida		Ocasional		Sistemática		
Riesgos no antrópicos	**Media aproximada a la unidad**						
Fauna	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Flora	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Geodinámica externa	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
Geodinámica interna	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy alto		
VALOR DE LOS RIESGOS							**ΣVC (máx. 40)**

Tabla 1. Criterios y baremos del modelo FOPALI.

4.3. Procedimiento y cronograma

El paso inicial fue la recopilación de información tanto mediante revisión bibliográfica como mediante consultas a expertos, incluyendo personal del Museo Paleontológico de Elche, de la Fundación Cidaris y de la Universidad de Alicante. Con estos datos se elaboró una lista inicial con 17 puntos de interés que revisar e inspeccionar en campo mediante una prospección.

Como se indica en el Art. 60 de la Ley del Patrimonio Cultural Valenciano, para realizar prospecciones es necesario contar con autorización de la Conselleria en materia de cultura, por lo que, en preparación para llevar a cabo las observaciones *in situ*, se elaboró un proyecto técnico especificando los objetivos, la duración y el equipo a cargo de este trabajo. Dado que el permiso a pedir tenía como objetivo únicamente prospectar y recabar información sobre cada una de las localizaciones, se hizo uso de la Ley 6/2024, de 5 de diciembre, de simplificación administrativa. Tras consultarlo con técnicos de la Delegación Territorial de Alicante y de la Dirección General en Valencia, se presentó el proyecto junto con una Declaración Responsable para poder iniciar las tareas de campo inmediatamente.

Es fundamental señalar que con un permiso de prospección tramitado mediante una declaración responsable no se puede realizar actuación ninguna sobre áreas protegidas legalmente, dado que no se ha obtenido autorización de la Conselleria en materia de cultura. Por esta razón, el BIC El Porquet ha sido excluido del área prospectada, y ha sido estudiado únicamente mediante bibliografía pre-existente.

Tarea	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
Elaboración del proyecto técnico								
Elaboración del listado inicial								
Trabajos de prospección								
Elaboración del listado definitivo								
Valoraciones patrimoniales								
Diseño de perímetros								
Propuestas de protección y gestión								
Elaboración del mapa geológico								
Redacción del trabajo								

Tabla 2. Cronograma del proyecto.

La duración de los trabajos de prospección fue de 4 meses (Tabla 2), durante los cuales se recorrieron grandes extensiones del área de estudio para poder así delimitar, analizar estratigráficamente y documentar fotográficamente los distintos lugares de interés. Una vez obtenida toda la información necesaria, se comenzó el trabajo de gabinete.

El listado preliminar de LIG ha sufrido ciertas modificaciones, principalmente la combinación de diferentes localidades en grupos según su situación geográfica y sus características estratigráficas. Con un total de 14 LIG definitivos, se procedió a establecer perímetros y a realizar valoraciones patrimoniales de cada uno de ellos mediante el método FOPALI, y a elaborar un mapa geológico de la zona de estudio. Posteriormente, se analizaron los datos resultantes de las valoraciones y se elaboraron propuestas de protección, gestión y puesta en valor de cada uno de los LIG inventariados

5. Resultados

El primero de los resultados obtenidos es la cartografía geológica de la zona de estudio (Fig. 5), basada en datos recopilados durante el trabajo de campo y las visitas a los afloramientos, y en mejoras realizadas a cartografías existentes, como son la de Peral (2016), Fierro *et al.* (2017) y Gil-Oncina *et al.* (2021).

El listado final de LIG emplazados en la zona de estudio cuenta con 13 sitios de interés paleontológico y/o estratigráfico (Tabla 3), habiéndose unificado algunos de ellos por su cercanía geográfica y sus

características estratigráficas comunes. Los primeros cinco LIG, I a V, se encuentran en el sur del municipio de Alicante, y los ocho restantes, VI a XIII, se emplazan en el término municipal de Elche.

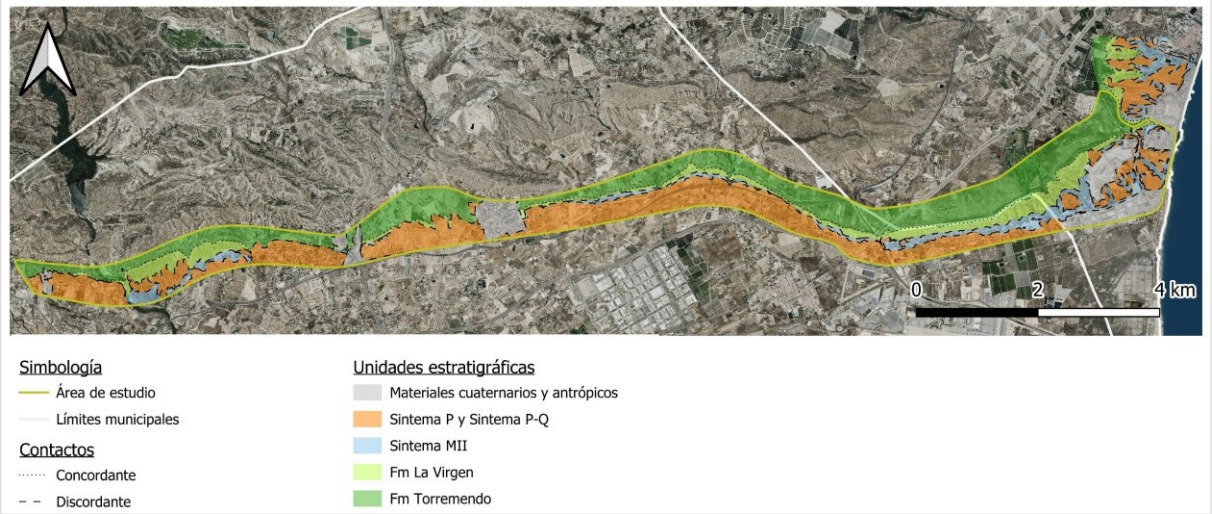


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio.

YACIMIENTOS Y SECCIONES	TIPOLOGÍA	USO ACTUAL	AMENAZAS OBSERVABLES	LIG
El Porquet	Yacimiento paleontológico de icnitas de mamíferos.	BIC Zona Paleontológica. Uso docente.	Erosión natural, expolio.	**I**
Sección OAMI	Sección estratigráfica de interés científico.	Talud artificial.	Erosión natural y desarrollo de la vegetación.	**II**
Rotonda ciega	Sección estratigráfica de interés científico.	Corte de carretera y aterrazamiento vegetal.	Desarrollo de vegetación y erosión natural.	
Sección IBIS	Sección estratigráfica de interés científico.	Talud de camino y aterrazamiento. Paso cerrado.	Desprendimiento, erosión natural.	**III**
Colmenares 2	Yacimiento paleontológico de huellas de vertebrados y sección estratigráfica.	Terreno abandonado.	Erosión natural, expolio, vertidos ilegales.	
Sección Agua Amarga	Sección estratigráfica de interés científico.	Terreno abandonado.	Erosión natural, vertidos ilegales.	

Colmenares 4	Sección de interés estratigráfico, sedimentológico y paleontológico.	Talud artificial, abandonado, uso docente.	Crecimiento de vegetación, erosión natural.	**IV**
Colmenares 3	Estromatolitos gigantes.	Talud artificial. Uso docente.	Erosión natural, desprendimientos, vertidos.	**V**
Colmenares	Sección estratigráfica de interés científico.	Terreno abandonado.	Movimientos de tierra, construcción, vertidos.	**VI**
Colmenares 1	Yacimiento paleontológico: cáscaras de huevo de tipo *Aepyornis*.	Sin uso, terreno abandonado.	Erosión natural, construcciones.	**VII**
Sección Collado de Portichuelo	Sección estratigráfica de interés científico.	Talud de carretera.	Ampliación carretera, gunitado, erosión natural.	**VIII**
Fondet dels Pinyols – Torrellano	Sección estratigráfica de interés científico.	Talud de carretera. Uso docente.	Erosión natural, desarrollo vegetación, ampliación de la carretera.	**IX**
Colmenar 1A	Sección estratigráfica de interés científico y yacimiento paleontológico de vertebrados.	Talud artificial. Uso docente.	Expolio, erosión natural, ampliación de instalaciones cercanas.	
Sección Monforte	Sección estratigráfica de interés científico.	Talud de autovía.	Erosión natural, ampliación de la carretera.	**X**
Barranco Santa María	Sección estratigráfica de interés científico.	Cauce de rambla, dominio público, paso de ganado. Uso docente.	Erosión natural, desarrollo vegetal, desarrollo urbanístico.	**XI**
Pantano 2	Sección estratigráfica de interés científico, sistema arrecifal.	Suelo de uso forestal, talud de carretera, depósito de agua.	Expolio, alteración por desarrollo forestal, pérdida de visibilidad, desprendimientos.	**XII**

Merendero del Pantano	Yacimiento paleontológico (sistema arrecifal) y sección estratigráfica de interés paleontológico.	Área de recreo, talud camino, uso docente.	Ampliación de la carretera, expolio, erosión natural.	**XIII**

Tabla 3. Listado definitivo de LIG.

Cada LIG se ha perimetrado según sus características paleontológicas y estratigráficas, las parcelas catastrales y construcciones e infraestructuras existentes. La única excepción es el BIC El Porquet, al ser el único que ya cuenta con perímetro de protección oficial.

Todos los LIG analizados están relacionados con la CSM. En ellos afloran unidades geológicas originadas durante las distintas fases de la CSM, bien pre-evaporítica, sin-evaporítica, o post-evaporítica. Identificar estas formaciones y establecer su cronoestratigrafía es de suma importancia, ya que en ellas quedan registrados los paleoambientes en los que se desarrollaron ecosistemas y se depositaron sus sedimentos. Esto permite correlacionar diferentes puntos no solo de la zona de estudio, sino también, dada la magnitud el evento de salinidad, incluso con otras regiones del mediterráneo.

LIG	Pre-CSM	Sin-CSM	Post-CSM
I El Porquet	•	•	•
II OAMI y Rotonda Ciega	•	•	•
III Colmenares 2, Sección IBIS y Sección Agua Amarga		•	•
IV Colmenares 4		•	•
V Colmenares 3		•	•
VI Colmenares	•	•	•
VII Colmenares 1		•	•
VIII Sección Collado de Portichuelo	•	•	•
IX Fondet dels Pinyols y Colmenar 1A	•	•	•
X Sección Monforte	•	•	•
XI Barranco de Santa María	•	•	•
XII Pantano 2	•		
XIII Merendero del Pantano	•	•	•
TOTAL	9	12	12

Tabla 4. Presencia de fases de la CSM según el LIG.

Las diferentes fases de la CSM no aparecen representadas equitativamente en los LIG estudiados (Tabla 4). En ocho de ellos afloran unidades pre, sin y post-evaporíticas, mientras que en 4 de ellos solamente se encuentran materiales pertenecientes a las fases sin y post-evaporíticas. Se considera que en el LIG XII, "Pantano 2", está presente exclusivamente la fase pre-evaporítica, dado que las formaciones geológicas aflorantes de las fases sin y post-evaporíticas aparecen puntualmente en sectores de extensión muy limitada.

5.1. Descripción de los LIG

I. El Porquet

Enl BIC El Porquet afloran las formaciones Torremendo y La Virgen, el sintema MII con la unidad *Lago Mare* y unidades pliocenas discordantes a techo (Fierro *et al.*, 2017), representándose, pues, las fases pre-evaporítica, evaporítica y post-evaporítica de la CSM.

El principal interés del LIG es paleontológico, ya que en estratos de la unidad *Lago Mare* aparecen icnitas de plantígrados, proboscídeos, ungulados y aves. La continuidad del nivel es desconocida, pero en las pequeñas áreas excavadas han aparecido una gran concentración de estas huellas. Se declaró BIC, en la categoría de Zona Paleontológica, en 1993 mediante la Resolución de 18 de mayo de 1993, de la Dirección General de Patrimoni Artístico de la Consellería de Cultura, Educació i Ciència, por la que se incoa expediente de declaración de Bien de Interés Cultural, como sitio histórico, a favor del yacimiento paleontológico de icnofósiles Inespal, situado en el término municipal de Alicante. Cuenta asimismo con un perímetro de protección establecido en el Decreto 63/2023, de 28 de abril, del Consell, por el que se declaran como Bienes de Interés Cultural determinados yacimientos radicados en el ámbito territorial de la Comunitat Valenciana.

En 2009 se realizó un catálogo exhaustivo de los LIG del municipio de Alicante, en el que se evaluó el valor patrimonial (Sánchez Ferris *et al.*, 2009 y se consideró que los riesgos derivados de la erosión y el expolio eran elevados, además de que el paraje sufre una gran afluencia. Se tomó, por tanto, la decisión de cubrir ambos afloramientos del nivel de icnitas con geotextil y capas de diferente granulometría.

II. Sección OAMI y Rotonda ciega

Este LIG está compuesto por dos afloramientos de especial importancia: "Sección OAMI" y la sección "Rotonda Ciega". Ambos son taludes de obra, unidas mediante el perímetro establecido

En ambas secciones se observan materiales de los sintemas TII-MI, MII y P. Se trata, por tanto, de afloramientos con elementos representativos de momentos pre, sin, y post-CSM. Son de interés principalmente estratigráfico, si bien, por la naturaleza de las unidades geológicas representadas, aparecen arrecifes coralinos.

En la sección "Rotonda Ciega", están presentes la Fm La Virgen, con desarrollo de arrecifes de algas y coralinos y fauna asociada, el sintema MII, y, a techo de estas dos unidades, y discordante sobre un contacto erosivo, se hallan conglomerados y areniscas del Plioceno basal.

Dada la disposición de las unidades, éstas van desapareciendo bajo la superficie topográfica y, en "Sección OAMI", la superficie erosiva fini-Messiniense elimina los materiales del sintema MII. "Sección OAMI" está compuesta por materiales post-CSM, concretamente pertenecientes a MII, P1 y P2, y es de

especial interés por estar representado en esta sección un paleovalle, fruto de la regresión marina fini-Messiniense y relleno con materiales pliocenos (Corbí, 2010).

El Ayuntamiento de Alicante (2002; 2022) califica la mitad oeste del LIG como Suelo No Urbanizable Protegido, con la zonificación de Zona rural protegida municipal (forestal, paisajística, medioambiental), mientras que la mitad este es suelo urbanizable.

Se ha diseñado un perímetro que incluye ambas secciones. Las áreas intermedias no incluidas están o bien antropizadas, o bien no presentan interés.

III. Colmenares 2, Sección IBIS y Sección Agua Amarga

Este LIG está situado en la sierra de Colmenares.

Los afloramientos de este LIG albergan materiales de los sintemas MII y P, por lo que representa muy bien las fases evaporítica y post-evaporítica de la CSM. La morfología del terreno la determina precisamente la litología presente, caracterizada por estribaciones lobulares, coronadas por materiales Pliocenos y separadas por vaguadas en las que se observa el sintema MII.

El LIG aglutina tres puntos de especial interés dentro del área: "Sección IBIS", de interés estratigráfico, "Sección Agua Amarga" y "Colmenares 2". Las dos secciones aparecen en cortes de obra, mientras que "Colmenares 2" se encuentra en el talud natural de uno de los lóbulos que conforman el terreno.

"Sección IBIS", en el sector norte del LIG es un corte de obra, en un camino asfaltado. En él aparecen materiales de los dos sintemas presentes en el LIG, MII, como unidad *Lago Mare*, y P (Corbí, 2010). Su interés principal es estratigráfico, dada la excelente exposición de la discordancia fini-Messiniense que presenta.

Por otra parte, en la parte sur del perímetro del LIG está "Sección Agua Amarga". En ella se observan materiales margosos del sintema MII y el contacto de éstos con el Plioceno (Corbí, 2010), en el que se aprecia un hardground colonizado por endobiontes (Caracuel *et al.*, 2011). Si se avanza se aprecia una potente sucesión de litologías pliocenas representando una somerización y continentalización de los ambientes sedimentarios marinos.

En el yacimiento paleontológico "Colmenares 2" aparecen icnitas de aves en el contacto entre fangos y arenas blanquecinos de la unidad *Lago Mare*. Este punto en concreto está inventariado e incorporado al Catálogo Municipal de Protecciones del Ayuntamiento de Alicante (Sánchez Ferris & Fierro Bandera,

2009). A techo de estos materiales aparecen areniscas con laminaciones cruzadas y formaciones estromatolíticas. El contacto con el Plioceno y sus respectivas facies están ocultos por derrubios de ladera y vertidos de origen antrópico.

A parte de estos tres lugares señalados, hay numerosas localizaciones que también conviene destacar. Una de ellas alberga cúpulas estromatolíticas de tamaño métrico, y se puede observar con claridad el contacto entre MII y Plioceno, irregular y erosivo

El Ayuntamiento de Alicante califica la mayor parte del suelo de este LIG como Suelo No Urbanizable Común de uso forestal y como Suelo No Urbanizable Protegido. Una porción de tamaño reducido se califica como Suelo Urbanizable, según el Plan Parcial de Agua Amarga (Ayuntamiento de Alicante, 2022).

El perímetro que delimita estos tres afloramientos enmarca un área de grandes dimensiones, pero se ha considerado necesario presentarlo así, dado que hay otros yacimientos y afloramientos de interés en el paraje.

IV. Colmenares 4

"Colmenares 4" se ubica en el sur del municipio de Alicante.

Se trata de un talud de obra realizado para la construcción de edificaciones de uso posiblemente industrial, en la actualidad demolidos. Desde ese momento, el terreno ha quedado en desuso.

Afloran materiales pertenecientes al sintema MII, como unidad CCT y al sintema P con la unidad P2, o Fm Rojales, representando así materiales sin y post-evaporíticos con respecto a la CSM.

La unidad CCT aparece como una alternancia de estratos de margocalizas blancas, calizas margosas, margas grises y calizas tableadas con láminas microbianas y pequeñas cúpulas. Estos materiales del Messiniense terminal están afectados por tres fracturas compresivas pre-Pliocenas, ya que no afectan a los materiales de P2. La parte superior de los estromatolitos de la unidad CCT presenta una discontinuidad erosiva con marcas de litófagos, y sobre él se desarrolla un potente paquete de areniscas bioclásticas con ostreidos y bivalvos, representante del sintema P.

El principal interés de esta sección es, por tanto, estratigráfico y, en menor medida, tectónico, ya que presenta la relación discordante entre los sintemas MII y P, y muestra evidencias de un episodio neotectónico activo en el Mioceno, y no en el Plioceno. En comparación con otros LIG del entorno, el interés paleontológico de "Colmenares 4" es muy reducido.

El ayuntamiento de Alicante califica la totalidad del suelo que abarca el perímetro como Suelo no Urbanizable Común, en categoría de Zona rural común forestal (Ayuntamiento de Alicante, 2002). La sección en sí, así como el área circundante, han sido incluidas en el perímetro.

V. Colmenares 3

Este LIG se ubica en la sierra de Colmenares. Anteriormente ha recibido el nombre de Sección "CAM" (Corbí, 2010; Caracuel *et al.*, 2011; Villafañe *et al.*, 2023).

El LIG consiste en un único afloramiento con un talud de obra. Los materiales que se encuentran pertenecen al sintema MII, con la unidad CCT, y al sintema P (unidad P2). Aparecen representados, por tanto, materiales sin y post-evaporíticos, con respecto a la CSM.

Afloran en esta sección domos estromatolítcos de escala 1,5-2 m de radio, ligadas entre sí por estructuras paralelas al sustrato, denominadas por Villafañe *et al.* (2023) estructuras interdómicas. Éstas pueden alcanzar 1 m de potencia y hasta 4 m de extensión lateral. El biohermo estromatolítico, sin embargo, no es homogéneo y presenta variaciones en el espaciamiento de los domos, de tal manera que en ciertos casos hay contacto entre cúpulas, y en otros aparecen las estructuras interdómicas.

La discontinuidad fini-Messiniense aparece como un contacto erosivo, provocando que algunos de los domos estén desgastados en su parte superior. Sobre la discontinuidad está la unidad P0, seguida de las areniscas masivas de P2 (Corbí, 2010; Caracuel *et al.*, 2011).

La mayor parte del área perimetrada recibe la calificación de Suelo No Urbanizable Protegido, como Zona rural protegida otras (tendidos eléctrico, gaseoductos, etc.), mientras que pequeñas zonas se clasifican como Suelo Urbano (Zona urbanizada industrial) y Suelo No Urbanizable Común (Zona rural común forestal) (Ayuntamiento de Alicante, 2002).

Se ha diseñado el perímetro para que proteja no solo la sección sino también los retazos de terreno circundantes aún conservados.

VI. Colmenares

El LIG "Colmenares" está situado en la Sierra de Colmenares, al sur de la ciudad de Alicante. Se trata de una excavación antrópica en la que, a consecuencia de esto, se observan numerosas secciones y rasgos sedimentarios de interés.

La litología aflorante en esta área pertenece a los sintemas MI (Fm La Virgen) y MII (CCT y *Lago Mare*) del Messiniense, y al sintema P (Fm Rojales y Fm Arenas y Arcillas Abigarradas) del Plioceno. En

este LIG, por tanto, se incluyen materiales de las fases pre-evaporíticas, evaporíticas y post-evaporíticas (pre y post-CSM). Las secciones de mayor interés, potencia y excelente visibilidad son aquellas derivadas de la excavación, fundamentalmente en el sector sur del LIG, abarcando especialmente el Messiniense final y el Plioceno.

Este LIG tiene múltiples aspectos de gran interés en su perímetro. La excelente visibilidad de la estratigrafía de las unidades comprendidas en su interior lo convierte en una localización de elevado potencial científico. Además, aparecen en materiales tanto messinienses como pliocenos numerosas fallas de comportamiento normal, encontrando incluso planos de falla y estrías que permiten el estudio de este movimiento.

El contacto entre las unidades del sintema MII y P2, una discordancia angular con un hiato deposicional, apunta el final del Messiniense y el inicio de los episodios Pliocenos de re-inundación. Además, aparecen restos fósiles como láminas y cúpulas estromatolíticas (sintema MII), restos de *C. carcharias* (P2) y pistas fósiles de tipo *Thalassinoides* (P2), enterradas en materiales del sintema MII, pero de edad Plioceno, de envergadura y profundidad decimétricas.

El Ayuntamiento de Elche (Ajuntament d'Elx, 1997) califica el sector sur del LIG como Suelo No Urbanizable Común, mientras que el sector norte es Suelo No Urbanizable Protegido en categoría de Zona rural protegida municipal (forestal, paisajística, medioambiental). En el perímetro suruna franja recibe la calificación de Suelo No Urbanizable Protegido en categoría de Zona rural protegida carreteras.

El perímetro de este LIG abarca no sólo la excavación y las secciones, sino también un sector sin intervenciones antrópicas en el que las formaciones geológicas, y sus características geomorfológicas, afloran de manera natural.

VII. Colmenares 1

Este LIG está situado en la Sierra de Colmenares.

Los afloramientos de este LIG abarcan materiales de los sintemas MII (Messiniense) y P (Plioceno), con una excelente visibilidad de los primeros. Están representadas en este LIG, por tanto, la fase evaporítica y la fase post-evaporítica de la CSM.

El principal interés de este LIG es la fauna fósil que alberga en los materiales del sintema MII, así como el registro estratigráfico continuo de dicho sintema. En las facies de ambiente continental de la unidad *Lago Mare* aparecen fragmentos de cáscaras de huevo de tipo *Aepyornis*, estudiados por Bravo

et al. (2009). No han sido encontrados huevos completos, ni restos óseos. El nivel alberga cientos de estos fragmentos en un área de apenas 1m^2, y durante la campaña de prospección de campo no se encontró continuidad lateral en la presencia de fósiles.

También son de especial relevancia los estromatolitos de la unidad CCT, con cúpulas que pueden superar ampliamente el metro de diámetro, aflorando en superficie al sur del yacimiento de cáscaras de huevo.

El Ayuntamiento de Elche (Ajuntament d'Elx, 1997) califica parte del suelo que conforma el LIG, la mayoría de la superficie en la que aflora el sintema MII, como Suelo No Urbanizable Protegido por ser Zona rural protegida municipal (forestal, paisajística, medioambiental).

El área del perímetro abarca un ancho sector de la sierra de Colmenares, protegiendo así la posible continuidad lateral del yacimiento "Colmenares 1".

VIII. Sección Collado de Portichuelo

"Sección Collado de Portichuelo" ha sido anteriormente denominada "El Porquet" o "Sección Porquet" en distintas publicaciones, como la de Soria *et al*. (2005b), y tesis doctorales, como las de Alfaro (1995) y Corbí (2010). Es un talud de carretera orientado aproximadamente N-S

La sección principal es de alto interés estratigráfico por las unidades y discordancias que aparecen en ella. Afloran materiales pre-, sin- y post-CSM, en concreto los sintemas T-MI, incluyendo las formaciones Torremendo y La Virgen, MII y P.

El Plan General de Ordenación de Suelos del Ayuntamiento de Elche califica la totalidad del área del LIG como Suelo No Urbanizable, al ser Zona rural protegida por carreteras (Ajuntament d'Elx, 1997).

Incluidos en el área perimetrada del LIG se encuentran la sección principal, otra sección de menor tamaño, oblicua a la principal, y una extensión de terreno en la que se aprecian diferentes unidades debido a las excavaciones realizadas.

IX. Fondet dels Pinyols y Colmenar 1A

En este LIG se engloban dos localizaciones: el yacimiento de vertebrados "Colmenar 1A" y la sección "Fondet dels Pinyols".

En el corte de obra en el que se encuentra el yacimiento "Colmenar 1A" afloran materiales de dos sintemas diferentes: MII, del Messiniense terminal, y P, del Plioceno, con la discontinuidad fini-Messiniense entre ellos.

Los vertebrados de "Colmenar 1A" aparecen en lutitas negras lacustres del sintema MII. Gamonal *et al.*, (2018) identifican 10 especies que incluyen a distintos roedores (múridos, glíridos y cricétidos), erinaceidos, lagomorfos y sorícidos. Peral (2016) indica también la presencia de reptiles y anfibios en este yacimiento.

En la sección "Fondet dels Pinyols", también conocida como "Sección de Torrellano", afloran materiales de las fases pre-evaporíticas, evaporíticas y post-evaporíticas, abarcando así los episodios previos y subsecuentes a la CSM.

En el muro de la serie estratigráfica se encuentra la Fm Torremendo con abundantes restos fósiles de pectínidos, gasterópodos y equínidos (Montenat, 1973). En este sector la Fm La Virgen aparece como una caliza arrecifal con algas, briozoos y corales. La discontinuidad intra-Messiniense aparece como un contacto neto entre los materiales de la Fm La Virgen y el sintema MII. Sobre ella están las unidades *Lago Mare* y CCT y la discordancia erosiva fini-Messiniense, que marca el inicio del Plioceno. Tras la discordancia aparecen las litologías de la Fm Rojales y la Fm Arcillas Versicolores.

El Plan General de Ordenación de Suelos del Ayuntamiento de Elche califica la totalidad del área del LIG como Suelo No Urbanizable, siendo Zona rural protegida por carreteras (Ajuntament d'Elx, 1997).

El perímetro definido para este LIG abarca tanto la sección "Fondet dels Pinyols" como el yacimiento "Colmenar 1A".

X. Sección Monforte

"Sección "Monforte" es un talud de carretera orientado aproximadamente N-S. La sección principal es de alto interés estratigráfico por las unidades y discordancias que aparecen en ella. Afloran materiales pre, sin y post-evaporíticos, de los sintemas T-MI, MII, MIII y P.

El sintema T-MI aparece como Fm La Virgen, con presencia de calizas coralinas (Corbí, 2010). Sobre la formación arrecifal de la Fm La Virgen se sitúa la discordancia intra-Messiniense, que en este afloramiento se presenta como erosiva (Soria *et al.*, 2005b). El sintema MII se solapa sobre los materiales de la Fm La Virgen, y lo conforman margas con intercalaciones de arenas y calizas (Soria, 2007; Corbí, 2010; Caracuel *et al.*, 2011).

A techo del sintema MII se desarrolla la discontinuidad fini-Messiniense, que presenta un contacto erosivo planar. Sobre ésta se dispone un cuerpo de morfología acanalada compuesto de arenas y gravas de 7 m de potencia, visible únicamente en esta sección y denominado sintema MIII en base a la nomenclatura de Soria *et al.* (2005b). El único representante del sintema P es la unidad P2, conformada por calcirruditas (Caracuel *et al.*, 2011).

El Plan General de Ordenación de Suelos del Ayuntamiento de Elche (Ajuntament d'Elx, 1997) califica la totalidad del área delimitada como Suelo No Urbanizable Protegido por carreteras.

Incluidas en el área perimetrada del LIG se encuentran otra sección de menor tamaño, paralela a la sección principal, y una extensión de terreno en la que se observan las mismas unidades que en las secciones.

XI. Barranco Santa María

El LIG se emplaza en el barranco de Santa María. Afloran materiales pertenecientes a las formaciones Torremendo, La Virgen, CCT y Rojales. Representan desde la fase previa a la CSM (pre-CSM) hasta la fase post-CSM.

La Fm Torremendo aparece con materiales margosos, con intercalaciones arenosas cada vez más frecuentes hasta que da paso a la Fm La Virgen. La Fm La Virgen está conformada por areniscas y un potente paquete de calizas arrecifales. Sobre ésta se encuentra el CCT, con facies margosas y carbonatadas rojizas y blanquecinas. A techo de la serie estratigráfica, y tras una discordancia angular erosiva, comienza la Fm Rojales del sintema P, compuesta por areniscas de grano grueso y conglomerados, presentando una abundante fauna de invertebrados marinos.

En el LIG, estos materiales están diseccionados por las aguas de escorrentía periódica de la zona. El barranco de Santa María discurre primeramente por las margas de la Fm Torremendo, con dirección sur, para posteriormente quebrar hacia el sureste al entrar en contacto con los materiales más competentes de la Fm La Virgen. La rambla finalmente atraviesa la Fm La Virgen para continuar hacia el este por las margas del sintema MII. La Fm Rojales aparece en el margen sur de la rambla, en un escarpe sobre el que se emplazan viviendas de la urbanización Bonavista.

El Plan General de Ordenación de Suelos del Ayuntamiento de Elche (Ajuntament d'Elx, 1997) califica la mayor parte del área delimitada como Suelo No Urbanizable Protegido por carreteras y Suelo No Urbanizable Protegido por cauces, mientras que sectores de menor tamaño reciben la calificación de Suelo No Urbanizable Común forestal.

El perímetro de "Barranco Santa María" engloba el recorrido de la rambla hacia el sureste. A pesar de que los materiales aflorantes en el LIG se extienden este-oeste, al estar afectados y tapados por construcciones circundantes no se han incluido en la delimitación.

XII. Pantano 2

El LIG "Pantano 2" está ubicado al norte del núcleo urbano de Elche. En esta localización los materiales miocenos aflorantes pertenecen en su mayoría a las formaciones Torremendo y La Virgen. Representan, por tanto, el episodio pre-evaporítico previo a la CSM. De una forma más residual, en el extremo sur del LIG, se encuentran algunos afloramientos atribuibles al sintema MII y, probablemente, algunos depósitos colgados del Plioceno en algunos de los crestones del paisaje.

La Formación Torremendo ocupa la franja norte del LIG con materiales margosos y limosos de color amarillento que, conforme se sube en la serie, presentan niveles de areniscas con bioturbación y abundantes fósiles de bivalvos. Sobre la Fm Torremendo aparece la Formación La Virgen, creando un resalte en el terreno por la mayor competencia de las calizas arrecifales. Dentro de la bioconstrucción se aprecian distintas morfologías: columnas verticales decimétricas, con formas de bastón en colonias de tamaño métrico y en posición de vida, observadas durante el trabajo de campo para este estudio, así como platos y láminas estromatolíticas (Montenat, 1973). Con 15 m de espesor en el escarpe de monte, pierde potencia hacia el sur, este y oeste.

Dentro de la unidad arrecifal de la Fm La Virgen en "Pantano 2" destaca el farallón situado en la cresta de la sierra. Este paquete calizo responde al desarrollo de facies de colonias masivas de *Porites*. Aunque presenta un espesor considerable y una gran extensión, que abarca gran parte del LIG, desaparece lateralmente.

Por encima se encuentran margas y arenas blancas en afloramientos reducidos, y han sido atribuidos al sintema MII. Aparecen asimismo retazos de conglomerados y arenas del Plioceno, discordantemente dispuestos sobre cualquiera de los materiales previos, pero muy difícil de verificar debido a la calidad de los afloramientos.

El Plan General de Ordenación de Suelos del Ayuntamiento de Elche califica la zona como Zona rural protegida municipal (montes y áreas forestales) y Zona rural protegida por yacimientos arqueológicos (Ajuntament d'Elx, 1997). El área delimitada incluye el paquete arrecifal de la Fm La Virgen.

XIII. Merendero del Pantano

El LIG “Merendero del Pantano” se encuentra al norte de la ciudad de Elche. En sus afloramientos se encuentran expuestos fundamentalmente los materiales de las formaciones Torremendo y La Virgen. De esta manera, “Merendero del Pantano” representa excepcionalmente la fase pre-evaporítica de la CSM. En menor medida, también se reconocen diversas facies de los sintemas MII y P.

La Fm Torremendo se encuentra representada por una alternancia cíclica de margas y arenas con una elevada bioturbación. La Fm La Virgen se desarrolla por encima de la Fm Torremendo, dando lugar a una gran pared vertical de calizas arrecifales magnificadas por efecto de la erosión fluvial, que ha generado un pronunciado escarpe. La interrupción de la salida fluvial del Vinalopó hacia el S por estas calizas favoreció la curvatura que describe el cause hacia el E y la disección de esta unidad geológica por el Clot del Diable.

Sobre los arrecifes y arenas de la Fm La Virgen se observan margas y areniscas blancas del sintema MII. Sobre esta unidad, escasamente representada en la zona, en contacto discordante erosivo, se disponen conglomerados y depósitos detríticos groseros del Plioceno y Cuaternario, dando fin a la serie representada en el LIG.

El principal valor de estas unidades en el LIG es el paleontológico. Las margas y arenas de la Fm Torremendo han proporcionado abundantes restos fósiles de peces, especialmente tiburones, estudiados por Marín Ferrer (1992). Respecto a la Fm La Virgen el afloramiento permite visualizar la evolución vertical y lateral de un sistema arrecifal con facies muy variadas de gran interés paleontológico.

La facilidad de acceso al lugar hace que sea un punto de especial interés didáctico y divulgativo. Sin embargo, esta buena accesibilidad, combinada con la cercanía al núcleo de población (ciudad de Elche), también ha favorecido la proliferación de escombreras y vertidos ilegales en las inmediaciones del LIG.

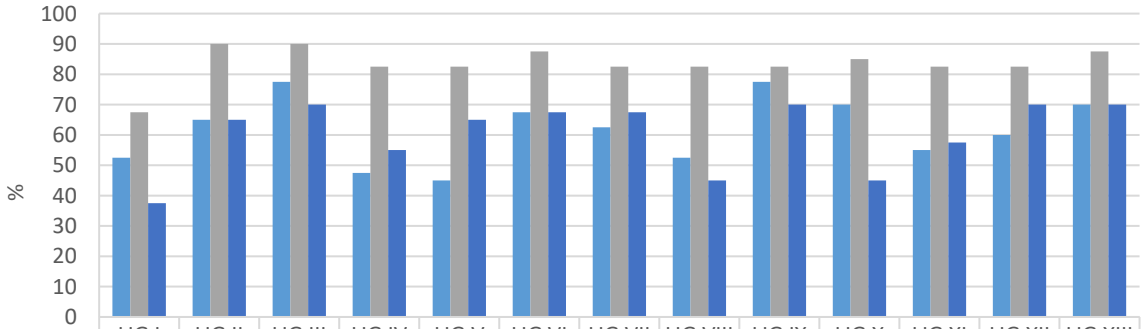
El suelo está clasificado como Zona rural protegida municipal (forestal, paisajística, medioambiental) y como Zona rural protegida por cauces (dominio público) (Ajuntament d’Elx, 1997).

El perímetro se acopla a la morfología del cauce del río Vinalopó, evitando áreas antropizadas.

5.2. Valoración patrimonial

Haciendo uso del método FOPALI se han elaborado valoraciones patrimoniales, evaluando el valor científico, el valor de potencialidad de uso y el valor de los riesgos, de cada uno de los LIG de la zona de estudio (Tabla 5). Las valoraciones para el BIC El Porquet, al no poseer autorización para analizarlo en campo, se han obtenido y modificado acordemente del trabajo de Sánchez Ferris & Fierro Bandera

(2009), el cual se usó para elaborar el catálogo municipal de patrimonio geológico y paleontológico del municipio de Alicante. De esta manera, basándose en información recopilada a partir de bibliografía y de las prospecciones en campo, se plasma una visión integral del estado y la relevancia de cada localización, y para así poder identificar posteriormente sus principales características y prioridades de gestión.



	LIG I	LIG II	LIG III	LIG IV	LIG V	LIG VI	LIG VII	LIG VIII	LIG IX	LIG X	LIG XI	LIG XII	LIG XIII
VC	52,5	65	77,5	47,5	45	67,5	62,5	52,5	77,5	70	55	60	70
VPU	67,5	90	90	82,5	82,5	87,5	82,5	82,5	82,5	85	82,5	82,5	87,5
VR	37,5	65	70	55	65	67,5	67,5	45	70	45	57,5	70	70

Tabla 5. Puntuaciones resultantes de la baremación según el método FOPALI.

6. Discusión

6.1. Análisis de datos

Para presentar los datos de manera óptima se ha elaborado la Figura 6, en la cual aparecen representados puntos según el valor científico y la potencialidad de uso. El riesgo de deterioro, por otra parte, se considera riesgo bajo si está por debajo del 33%, riesgo moderado si es un valor intermedio entre 33% y 66%, y riesgo alto si supera 66%. En clave a estos baremos, se disponen los puntos según el código de colores indicado en la leyenda.

Entre los resultados mostrados en la Tabla 5 y en la Figura 6 destaca el alto valor científico de los LIG III y IX (77,5 %), ya que en ellos aparecen restos fósiles y rasgos estratigráficos de interés. En el caso del LIG III el perímetro delimitado abarca el yacimiento fini-Messiniense "Colmenares 2", con icnitas de aves y posiblemente de mamíferos, así como afloramientos de cúpulas estromatolíticas de tamaño métrico. Estas características, sumadas a las particularidades estratigráficas que se pueden observar en "Sección IBIS" y "Sección Agua Amarga", hacen que se considere un LIG único a nivel nacional.

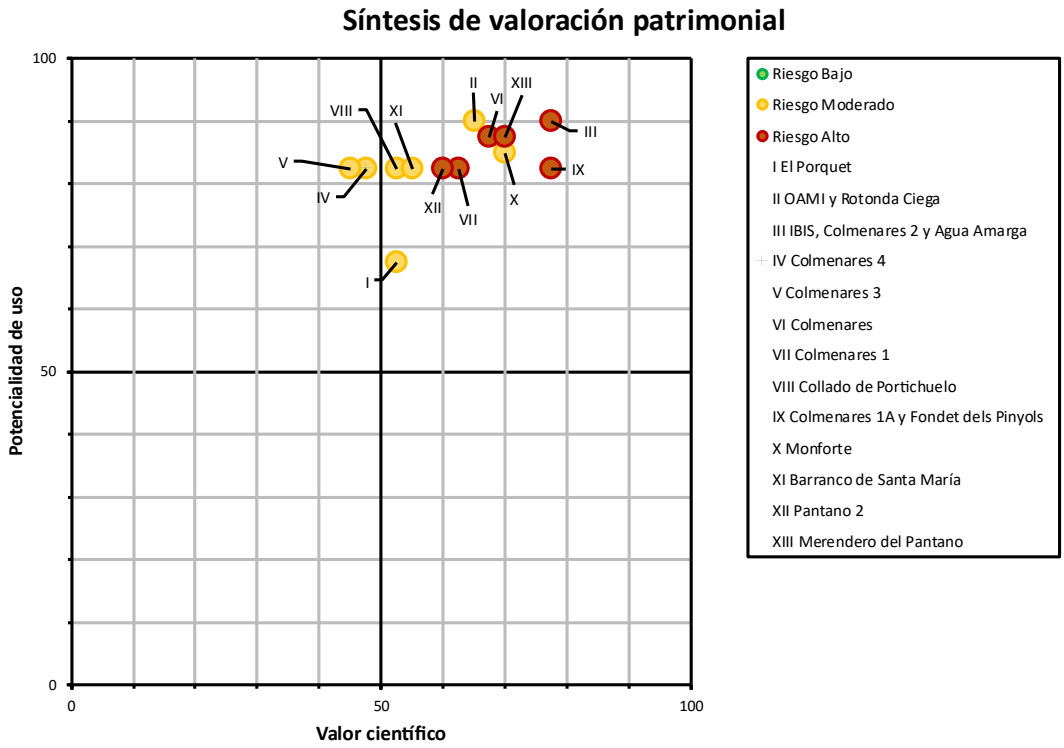


Figura 6. Comparación entre VC, VP y VR de los LIG analizados.

El LIG IX, por otra parte, engloba la sección "Fondet dels Pinyols" y el yacimiento de microvertebrados "Colmenar 1A", emplazado en materiales fini-messinienses. El registro fósil contenido en las unidades geológicas presentes en este LIG permite distinguir e identificar las distintas formaciones litológicas, lo que le confiere un alto valor bioestratigráfico. De especial importancia son las construcciones coralinas de la Fm La Virgen y los estromatolitos de la unidad CCT, pero el principal interés bioestratigráfico procede de los micromamíferos de "Colmenar 1A", dado que las especies de múridos halladas permiten asociar con precisión los estratos a rangos cronológicos concretos. Debido a la evolución de fauna fósil marina a continental plasmada en los materiales aflorantes, junto con la amplia representación de paleoambientes y facies del Mio-Plioceno y su estrecha relación con la CSM, se estima que no hay afloramientos similares en, al menos, la Comunidad Autónoma.

En cambio, hay dos LIG con un valor científico inferior al 50 %: "Colmenares 3" y "Colmenares 4". Esto se debe a que en ellos tanto la diversidad de la asociación fósil como de unidades geológicas presentes está severamente limitada, lo que causa que los baremos disminuyan considerablemente, originando esta puntuación inferior a la media.

La potencialidad de uso es marcadamente alta (82,5-90%) en todos los casos de estudio, por factores como la alta densidad de población de los términos municipales de Elche y Alicante, la cercanía de los

LIG a núcleos urbanos e infraestructuras de acceso, y por la gran variedad de patrimonio de diferente naturaleza (arqueológica, ecológica, histórica, geológica, paleontológica, etnológica, etc.) que se encuentra en su entorno. Sin embargo, los dos valores más altos en cuanto a potencialidad de uso son los presentados por los LIG II y III, en concreto por la gran cantidad de bibliografía existente sobre ellos, y por ser la primera publicación de la zona de Jiménez de Cisneros (1917), lo cual les otorga la mayor puntuación del conjunto en cuanto a valor histórico. Además, "Sección "OAMI", englobada en el LIG II, es usada como recurso educativo por la Universidad de Alicante, por lo que su interés didáctico es máximo (Corbí & Guardiola, 2014).

Cabe señalar asimismo que el valor de los riesgos de los LIG estudiados presenta grandes variaciones dentro del conjunto (37,5-70 %) debido a la diversidad de entornos en los que estos se emplazan. Los valores más bajos se dan en el LIG I (37,5 %), El Porquet, mientras que los LIG VIII y X, las secciones "Collado de Portichuelo" y "Monforte", respectivamente, presentan un valor de 45 %. La razón principal tras estos porcentajes es que ambas secciones son taludes de autovía, por lo que están completamente vallados por peligrosidad. Esto hace que los riesgos por accesibilidad y la frecuencia de expolio sean extremadamente bajos. Además, el interés principal de estas dos secciones es estratigráfico, y las unidades que afloran en ellas no son especialmente fosilíferas, lo que provoca que la vulnerabilidad y la susceptibilidad ante el expolio sean asimismo mínimas.

Los valores más altos en cuanto a riesgos se localizan en los LIG III, IX, XII y XIII (70 %). Todos ellos presentan altos riesgos por su proximidad a núcleos de población y por la alta densidad de habitantes del entorno, así como por su facilidad de acceso. No obstante, este es el caso para la gran mayoría de los LIG analizados. El LIG III alberga el yacimiento de icnitas de aves "Colmenares 2" y el LIG IX, como se ha mencionado anteriormente, engloba el afloramiento con restos de microvertebrados "Colmenar 1A", mientras que los LIG XII y XIII, "Pantano 2" y "Merendero del Pantano", respectivamente, contienen fósiles marinos de gran interés. Los criterios que marcan la diferencia son aquellos relacionados con el expolio: vulnerabilidad, susceptibilidad y frecuencia.

El caso del BIC El Porquet, que destaca en la Figura 6 por su baja puntuación en valor científico y potencialidad de uso, ha de comentarse por separado. El modelo FOPALI otorga altos baremos a aquellos LIG sobre los que hay publicaciones científicas que avancen el conocimiento sobre ellos. El estrato con icnitas de úrsidos, équidos y aves ha sido excavado, pero se desconoce la extensión real de la capa que alberga las huellas. No existen tampoco artículos científicos que traten este LIG, por lo que el valor científico es excepcionalmente bajo en comparación con otros LIG.

Sin embargo, el estado de conservación del LIG, tanto mueble como inmueble, es excelente, y sus características estratigráficas y paleontológicas conceden un potencial científico muy alto. Esto, sumado a una elevadísima vulnerabilidad al expolio, así como susceptibilidad, motivó su incoación como BIC, la mayor figura de protección designada a bienes de patrimonio cultural. Para su conservación, los estratos con icnitas fueron cubiertos con geotextil y capas de sedimento estéril de diferente granulometría. A consecuencia de esta estrategia, la potencialidad de uso derivada de la visibilidad es nula. La susceptibilidad, la vulnerabilidad y la frecuencia de expolio, así como los riesgos asociados a la visibilidad, son nulos, lo cual se manifiesta en los valores de potencialidad de uso y riesgos de deterioro anormalmente bajos que presenta El Porquet en la Figura 6.

En resumen, por tanto, el conjunto de LIG de la zona de estudio presenta unos valores científicos y de riesgos muy variables de caso a caso, mientras que la potencialidad de uso es alta en todos ellos. A partir de esta información se pueden sugerir propuestas de protección y gestión para cada uno de los LIG.

6.2. Propuestas de gestión

El BIC El Porquet, o **LIG I**, ya cuenta con protección legal, de la máxima categoría que se puede atribuir a un elemento del patrimonio cultural valenciano. Su uso ahora mismo está enfocado a la preservación de las icnitas, aunque, si en un futuro se considerase, presenta una alta potencialidad de uso. Se encuentra en la periferia de la ciudad de Alicante, y, tras una excavación sistemática, un acondicionamiento del yacimiento para visitas, con señalización y paneles, permitiría un aprovechamiento didáctico de las características únicas del LIG. Esto necesitaría, por supuesto, potentes medidas de protección y conservación, contra el expolio, el mal uso, la erosión o el crecimiento de vegetación. La imposibilidad de cumplir este requerimiento y la falta de sensibilidad política es, precisamente, la razón por la que los afloramientos se encuentran actualmente ocultos.

Dentro del perímetro del **LIG II** se localizan dos secciones de interés: la sección “Rotonda ciega” y “Sección OAMI”. Se considera que, dado el contenido fósil marino que contiene la sección “Rotonda ciega” merece la figura de protección BRL, de tipo Espacio de protección paleontológica. “Sección OAMI”, al estar incluido en el perímetro, recibirá también la misma calificación en pos de una gestión conjunta de ambas secciones.

Para poner en valor estos lugares serían necesarias en primer lugar tareas de limpieza, retirando la vegetación que dificulta su visualización, y establecer medidas que reduzcan en la medida de lo posible el riesgo por erosión. Una vez realizado esto, pueden marcarse estas dos secciones mediante

señalización, y promover su uso docente. Dado que la Universidad de Alicante cuenta con una titulación en Geología, afloramientos y secciones en entornos urbanos o semi urbanos de la propia ciudad son de gran valor para su uso docente y divulgativo.

En el caso del **LIG III**, éste alberga dentro de su perímetro el yacimiento "Colmenares 2", "Sección IBIS" y "Sección Agua Amarga", además de otros afloramientos de gran interés que se han podido constatar durante los trabajos de campo. Por el valor de las icnitas de "Colmenares 2" se propone declararlo BIC, con la categoría Zona Paleontológica, la máxima figura de protección. Para este caso convendría imitar el ejemplo del BIC El Porquet, promoviendo el perímetro diseñado como delimitación del área protegida. De esta manera, "Sección IBIS", "Sección Agua Amarga" y los numerosos otros puntos de interés del área quedarían asimismo protegidos legalmente.

El yacimiento "Colmenares 2" se encuentra en un terreno en desuso, afectado por vertidos. Para su correcta conservación debería llevarse a cabo una limpieza del área. Se podría poner en valor mediante su uso docente, con señalización que marque la importancia patrimonial del lugar, visitas y guías. Sería de extrema importancia, en este caso, establecer medidas de monitorización contra el expolio que podría sufrir el afloramiento. "Sección Agua Amarga", por otro lado, es un talud de obra, por lo que se propone la misma estrategia que en los casos de "Rotonda Ciega" y "Sección OAMI": limpieza, medidas contra la erosión, señalización y aprovechamiento didáctico y, como añadido, medidas de minimización de las conducciones eléctricas que se emplazan sobre la sección. "Sección IBIS", por último, es un caso complejo. Si bien representa excelentemente ciertas unidades geológicas, se trata de un talud con terraza en la linde de una carretera, y presenta un altísimo riesgo de desprendimiento y movimientos gravitacionales. Sus posibles usos, principalmente educativos, quedan, por tanto, eclipsados por la peligrosidad del terreno. En general, toda la zona englobada requiere una investigación más profunda que valore los nuevos hallazgos que se han realizado en la zona.

La sección "Colmenares 4", correspondiente al **LIG IV**, presenta características compatibles con la figura de Bien Catalogado, como Área de vigilancia paleontológica. Para su puesta en valor sería necesario eliminar la vegetación que oculta parte de los niveles aflorantes. Añadiendo señalización, además, puede ser usado como recurso didáctico y docente. Dado que desde un punto cercano parte una popular red de senderos que cruza la sierra de Colmenares, con infraestructura como cartelería y miradores, añadiendo una correcta señalización e incluyendo el LIG en la cartelería de las rutas se podría usar como elemento divulgativo y educativo.

En cuanto al **LIG V**, “Colmenares 3”, se propone como BIC de tipo Zona Paleontológica por el alto valor científico de los domos estromatolítcos métricos que afloran en él. Se emplaza en un corte de obra al aire libre que actualmente no cuenta con medidas de conservación. Deberían realizarse tareas de limpieza de residuos y de desbroce para su correcta conservación. Por su ubicacióny fácil accesibilidad, garantizando siempre que las medidas de conservación sean prioritarias, ofrece un alto potencial educativo.

El **LIG VI**, “Colmenares”, se considera adecuado para la figura de Bien Catalogado, en la categoría Área de vigilancia paleontológica, con protección parcial. Su preservación requiere protección activa del afloramiento, evitando en lo posible el avance de procesos erosivos y el expolio, y aprovechando su potencial como recurso didáctico, ya que afloran en él, en una única sección, prácticamente toda la columna estratigráfica de la sierra de Colmenares. Su emplazamiento y su estética podría permitir en un futuro su incorporación a las sendas de la sierra de Colmenares mediante la adecuación e interpretación de los frentes visibles. La prioridad es su investigación, dadoel interés científico del lugar, siendo recomendable su monitorización periódica para evitar actos de expolio, vandalismo, remociones de tierra o vertidos de escombros.

Por otra parte, el **LIG VII**, con el yacimiento de cáscaras de huevo de tipo *Aepyornis* “Colmenares 1”, cumple los requisitos para declararse BIC en la subcategoría de Zona Paleontológica, con protección integral y ambiental. Por su alta sensibilidad al expolio, debe mantenerse oculta su localización exacta y contar con una monitorización frecuente. Se considera que su uso debe centrarse en la preservación, siendo desaconsejable cualquier tipo de señalización. El yacimiento requiere una intervención paleontológica para recuperar los restos visibles y valorar los niveles de procedencia de los fósiles.

Las características del **LIG VIII**, “Sección Collado de Portichuelo”, hacen que la figura de protección adecuada sea como Bien Catalogado, como Área de vigilancia paleontológica, con protección parcial. Este LIG es un talud de autovía, y el acceso a él está cortado por cuestiones de seguridad. La estrategia idónea en este caso sería, pues, incorporar paneles interpretativos y señalización en el mirador desde el que se puede observar la sección, para fomentar su uso didáctico y docente.

Respecto al **LIG IX**, que incluye el corte de carretera “Fondet dels Pinyols” y el yacimiento de microvertebrados “Colmenar 1”, presenta características compatibles con la figura de protección BRL, dentro de la categoría Espacio de protección paleontológica, con protección integral y ambiental. En “Fondet dels Pinyols”, dado que es un corte de carretera, se recomienda la limpieza de residuos y el desbroce de parte de la vegetación que oculta el afloramiento, así como tomar medidas que alivien el

avance de los procesos erosivos. No se considera prudente instalar señalización que marque la localización de la sección por motivos de seguridad viaria, pero con cautela podría usarse como recurso educativo y docente. "Colmenar 1A", por otra parte, debería recibir monitorización por riesgo de expolio y mantenerse protegido, pudiendo aprovecharse también con fines didácticos y docentes bajo la adecuada supervisión.

La "Sección Monforte", perteneciente al **LIG X**, comparte la misma naturaleza que "Sección Collado de Portichuelo", ya que es también un talud de autovía. Se propone asimismo la figura de Bien Catalogado, con protección parcial. Su acceso está restringido por cuestiones de seguridad vial, pero es perfectamente visible desde una loma cercana, que podría acondicionarse para uso educativo con cartelería interpretativa. La sección debería mantenerse en buen estado mediante labores de desbroce de forma periódica.

Para el **LIG XI**, "Barranco de Santa María", se considera adecuada la categoría de Bien Catalogado, con protección integral o ambiental. Sería conveniente realizar labores de limpieza y retirada de residuos, para mantener parte de los tramos desbrozados, e instalar señalización. El barranco es un punto frecuentado por senderistas y habitantes de la zona como espacio recreativo, lo que facilitaría su difusión como elemento de valor educativo y patrimonial.

Por lo que respecta al **LIG XII**, "Pantano 2", éste se propone como BRL, con protección integral o ambiental. No se aconseja su señalización directa ni su inclusión en rutas y senderos para proteger los elementos paleontológicos de "Pantano 2", que ya han sufrido un continuado expolio en el pasado,. Además, la principal sección de interés estratigráfico del LIG está en el linde de una carretera, por lo que no es seguro señalizar este punto tampoco. La estrategia de gestión debe enfocarse a la conservación del LIG: monitorización y preservación del terreno, dado que proyectos de reforestación en la zona han alterado y ocultado ciertos afloramientos del LIG. Conviene valorar los efectos negativos que esta vegetación puede estar causando sobre los valores patrimoniales del LIG. El yacimiento requiere una nueva investigación y publicaciones científicas que valoren su interés y lo comparen con el cercano LIG "Merendero del Pantano".

Finalmente, el **LIG XIII**, "Merendero del Pantano", reúne las características necesarias para ser declarado BIC, con protección integral y ambiental. El entorno del Pantano de Elche es utilizado frecuente y abundantemente como área recreativa, por su ubicación y accesibilidad, por lo que tiene un gran potencial educativo y didáctico. El afloramiento forma parte de itinerarios geológicos que se encuentran

publicados, y ha sido repetidamente utilizado desde el punto de vista docente. Sería recomendable instalar señalización e incluir el valor geológico y patrimonial de "Merendero del Pantano".

Estos LIG, por tanto, conforman un conjunto patrimonial de gran valor científico y educativo, que refleja la diversidad paleontológica y geológica del territorio. Su mayor interés científico y patrimonial se vincula a su relación con uno de los Contextos geológicos de relevancia mundial recogidos en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la CSM, reflejada en un contexto costero en el que se equipara el sintema MII, con las unidades *Lago Mare* y CCT, a las evaporitas del centro de la cuenca del Bajo Segura.

La aplicación de las distintas figuras de protección permitiría adaptar las medidas de conservación de forma individualizada y enfocada a cada caso. Con una planificación coordinada que combine protección activa, mantenimiento, monitorización y un uso didáctico controlado, estos LIG podrían convertirse en un recurso clave para la divulgación del patrimonio geológico, contribuyendo al conocimiento y la puesta en valor del entorno de los municipios de Elche y Alicante.

7. Conclusiones

El presente estudio aborda la valoración patrimonial de 13 LIG, un conjunto representativo de la geodiversidad relacionada con la CSM entre Elche y Alicante. Estas localidades destacan por su relevancia paleontológica y estratigráfica, así como por su potencial educativo y didáctico gracias a su capacidad para ilustrar los procesos que han dado lugar al paisaje actual. La identificación, descripción y valoración de estos sitios permitirán establecer, *a posteriori*, criterios objetivos para su protección, gestión y puesta en valor.

Es importante mencionar que se está elaborando actualmente el Catálogo Municipal de Elche, en el que, gracias a la información recopilada, figurarán los LIG de naturaleza paleontológica analizados en el presente trabajo. Los LIG incluidos son: VI ("Colmenares"), VII ("Colmenares 1"), VIII (Sección "Collado de Portichuelo"), IX ("Fondet dels Pinyols" y "Colmenar 1A"), X (Sección "Monforte"), XI ("Barranco de Santa María), XII ("Pantano 2"), y XIII ("Merendero del Pantano"). Es decir, todos los LIG que se encuentran dentro del término municipal de Elche serán incorporados al Catálogo Municipal de Bienes y Espacios Protegidos. La unidad arrecifal al completo, asimismo, será declarada Área de Vigilancia Paleontológica, dada la alta probabilidad de nuevos hallazgos fósiles durante la ejecución de proyectos que produzcan remoción de terreno.

El catálogo municipal de Alicante se completó en 2009 (Sánchez Ferris & Fierro Bandera, 2009), pero ciertos LIG de este trabajo no figuran en él: “Colmenares 4”, “Sección Agua Amarga”, “Sección IBIS”, “Rotonda ciega” y “Sección OAMI”. Es esencial, por tanto, ampliar este catálogo ya existente para que refleje fielmente el patrimonio geológico que alberga el municipio, y así poder establecer prioridades y estrategias de protección y gestión adecuadas.

A pesar lo estipulado desde la entrada en vigor de la Ley 4/1998 del Patrimonio Cultural Valenciano, según la cual cada ayuntamiento debería poseer un catálogo actualizado con los bienes y espacios protegidos de su territorio, en la práctica esto no ha sido siempre así. Incorporar estos LIG en los catálogos municipales es un primer paso crítico que permitirá sentar las bases administrativas e institucionales para desarrollar posteriormente iniciativas y estrategias diversas.

Es necesario, asimismo, fomentar proyectos de investigación no sólo enfocados a ampliar el grado de conocimiento sobre los LIG aquí estudiados, sino también a localizar otros posibles puntos de interés. Pero, sin duda, el factor determinante es la coordinación institucional y administrativa, que ha de ser potenciada para una colaboración interesada e implicada entre administraciones locales, gobiernos regionales, museos y centros educativos, entre otros. En conjunto, estos esfuerzos contribuirán a la protección y puesta en valor del patrimonio geológico de Elche y Alicante, y ayudarán a conformar una cohesión territorial en torno a este patrimonio geológico compartido.

8. Referencias bibliográficas

Aberasturi Rodríguez, A., Fierro Bandera, I., Corbí Sevila, H., Peral Lozano, J.J., Sánchez Ferris, E.J., Pérez Tarruella, J., Navarro Gómez, I., Ronzano Velázquez, T.M., Pérez Burgos, J.M. & Soria Mingorance, J.M. (2020). Scientific value of the only palaeontological geosite declared as Site of Cultural Interest (BIC) in the province of Alicante (Spain): El Porquet. *ProGEO News* 2020-**1**: 8-9.

Ajuntament d'Elx (1997). Plan General de Ordenación del Suelo No Urbanizable.

Alfaro García, P., Bartolomé, R., Borque Arancón, M.J., Estévez, A., García Mayordomo, J., García-Tortosa, F.J., Gil, A.J., Gràcia, E., Lo Iacono, C. (2012). The Bajo Segura Fault Zone: Active blind thrusting in the Eastern Betic Cordillera (SE Spain). *Journal of Iberian Geology* **38**(1): 271-284.

Alfaro, P. (1995). *Neotectónica en la cuenca del Bajo Segura (extremo oriental de la Cordillera Bética).* Tesis doctoral, Universidad de Alicante, 320 pp.

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

Alfaro, P., Andreu, J.M., Estévez, A., Tent-Manclús, J.E. & Yébenes, A. (2004b). (Eds.) *Itinerarios geológicos por la provincia de Alicante*. Instituto de Ciencias de la Educación, Universidad de Alicante, 317 pp.

Ayuntamiento de Alicante (2002). Modificación nº1 del Plan Especial Director de Usos e Infraestructuras "Ciudad de la Luz".

Ayuntamiento de Alicante (2022). Modificación nº3 del Plan Parcial "Agua Amarga".

Bravo, A.M., Yébenes, A. & Martín Abad, H. (2009). Cáscaras de huevo de tipo *Aepyornis* del Mioceno Superior de Alicante (España). Aproximación filogenética. *Revista Española de Paleontología*, **24** 47-58.

Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Godiversity Sites: a Review. *Geoheritage* **8** 119-134.

Calvet, F., Zamarreño, I. & Vallès, D. (1996). Late Miocene reefs of the Alicante-Elche basin, southeast Spain. In Franseen, E.K., Esteban, M., Ward, W.C. & Rouchy, J.M. (Eds.): *Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef complexes of Mediterranean regions*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral Concepts in Sedimentology and Paleontology Ser. Vol. 5: 177-199.

Caracuel, J.E., Corbí, H., Giannetti, A., Monaco, P., Soria, J.M., Tent-Manclús, J.E. & Yébenes, A. (2011). Paleoenvironmental changes during the late Miocene (Messinian)-Pliocene transition: sedimentological and ichnological evidence. *Palaios* **26**: 754-766.

Caracuel, J.E., Corbí, H., Soria, J.M., Usera, J. & Yébenes, A. (2005). Asociaciones de foraminíferos bentónicos y evolución paleoambiental del Plioceno inferior en el sector de Elche-Crevillente (Cuenca del Bajo Segura, Alicante): Resultados preliminares. *Geogaceta* **37**, 191-194.

Carcavilla-Urquí, L., López-Martínez, J. & Durán-Valsero,J.J. (2007). *Patrimonio Geológico y Geodiversidad: Investigación, Conservación, Gestión y Relación con los Espacios Naturales Protegidos*. Serie Cuadernos del Museo GeoMinero **7**, 1-360.

Corbí, H. & Guardiola, J.V. (2014). Innovación docente mediante recursos de investigación. GeoMar: docencia universitaria de las Geociencias Marinas). *XII Jornades de Xarxes d'Investigació en Docència Universitària 2014.* Universidad de Alicante.

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

Corbí, H. (2010). *Los foraminíferos de la cuenca neógena del Bajo Segura (sureste de España): bioestratigrafía y cambios paleoambientales en relación con la Crisis de Salinidad del Mediterráneo*. Tesis Doctoral, Universidad de Alicante, 252 pp.

Corbí, H., García-García, F., García-Ramos, D. A., Soria, J. M., Tent-Manclús, J. E., y 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.

Corbí, H., Soria, J.M., Lancis, C., Giannetti, A., Tent-Manclús, J.E. & Dinarés-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.

De La Vega De Orduña, A., Rivera, J.R., Alfaro, P. (2010). (Coord.) *Senderos geológicos: guía de lugares de interés geológico de la provincia de Alicante*. Diputación Provincial de Alicante, 218 pp.

Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á, & Carcavilla-Urquí, L. (2013). Los fósiles son elementos geológicos y el patrimonio paleontológico es un tipo de patrimonio natural. In: *Patrimonio Geológico, un Recurso para el Desarrollo* (eds. Vegas, J., Salazar, A., Díaz Martínez, E. & Marchán, C.). *Cuadernos del Museo Geominero* **15**, 583-589.

Dirección General De Ordenación Del Territorio, Urbanismo Y Paisaje (2015). *Plan de Acción Territorial sobre Prevención del Riesgo de Inundación en la Comunitat Valenciana (PATRICOVA).* Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Generalitat Valenciana.

Esteban, M., Braga, J.C., Martin, J. & De Santisteban, C. (1996). Western Mediterranean reef complexes. In Franseen, E.K., Esteban, M., Ward, W.C. & Rouchy, J.M. (Eds.): *Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef complexes of Mediterranean regions*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral Concepts in Sedimentology and Paleontology Ser. Vol. 5: 55-72.

Ferrer Hernández, M.T., Fierro Bandera, I. & Sánchez Ferris, E.J. (2007). *Actualización de la ficha de inventario del yacimiento "Merendero del Pantano"*. Proyecto FOPALI, Museo Paleontológico de Elche. Inédito, 7 pp.

Fierro Bandera, I. (2010). *Análisis y gestión del Patrimonio Geológico y Paleontológico en el entorno del Pantano de Elche*. Memoria del Máster Interuniversitario en Análisis y Gestión de Ecosistemas Mediterráneos, Especialidad de Gestión Ambiental, Universidad Miguel Hernández, Elche, 95 pp.

Fierro Bandera, I., Aberasturi Rodríguez, A., Soria Mingorance, J.M., Corbí Sevilla, H., Sánchez Ferris, E.J., Pérez Tarruella, J., Navarro Gómez, I. & Ronzano Velázquez, T.M. (2017). Cartografía Geológica y Memoria de Impacto Patrimonial del Yacimiento Paleontológico "El Porquet 1" (Alicante). Exp. 2017/1195-A.

Gamonal, A., Manisno, S., Ruiz-Sánchez, F.J., Crespo, V.D., Corbí, H. & Montoya, P. (2017). Sierra del Colmenar 1A, a new late Messinian (Late Miocene) locality in the Bajo Segura Basin (SE Spain): biostratigraphic and palaeoenvironmental implications. *Historical Biology*, Vol. 30, No. 3, 380-391.

García-Cortés, Á., Vegas, J., Carcavilla, L. & Díaz-Martínez, E. (2019): *Bases conceptuales y metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. IGME, Madrid, 106 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**: 102-113.

GeaLand Patrimonio (2013). *Yacimientos alicantinos que dejan huella: El Porquet. CAP.1.* Publicado: 1 de febrero, 2013. Enlace: https://gealandpatrimonio.blogspot.com/2013/02/yacimientos-alicantinos-que-dejan_1.html

Gil-Oncina, S., Soria Mignorance, J.M., Fierro Bandera, I. & Peral Lozano, J.J. (2017). Las costas del Messiniense al sur de la ciudad de Alicante. *Cidaris* **33**, 45-56.

Hsü, K., Montadert, L., Bernoulli, D., Bianca Cita, M., Erickson, A., Garrison, R., Kidd, R., Mèlierés, F., Müller, C. & Wright, R. (1977). History of the Mediterranean salinity crisis. *Nature* **267**, 399-403.

Instituto Nacional De Estadística (2024). *Nomenclátor. Población por unidad poblacional.* https://www.ine.es/nomen2/

Jiménez De Cisneros, D. (1917). Geología y paleontología de Alicante. *Serie Geológica*, Núm. 21, 162 pp.

Lancis, C., Tent-Manclús, J.E., Flores, J.A., Soria, J.M. (2015). The Pliocene mediterranean infilling of the messinian erosional surface: new biostratigraphic data based on calcareous nannofossils (Bajo Segura basin, SE Spain). *Geol. Acta* **13** (3), 211-228.

Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español. BOE núm. 155, de 29/06/1985.

Ley 4/1998, de 11 de junio, del Patrimonio Cultural Valenciano. DOGV núm. 3267, de 18/06/1998, BOE núm. 174, de 22/07/1998.

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. BOE núm. 299, de 14/12/2007.

Marín Ferrer, J.M. (1992). Paleoictiología de algunos yacimiento neógenos de la Provincia de Alicante (II). *Cidaris*, **1**(2), 4-24.

Montenat, C. & Roman, J. (1970). Échinides néogenes d'Espagne (provinces d'Alicante et de Murcie). *Annales de Paléontologie* **56**(1): 89-138.

Montenat, C. (1973): *Les formations néogènes et quaternaires du Levant espagnol*. Thèse d'État, Université de Paris-Sud (Orsay), 1167 pp.

Montenat, C. (1977). Les bassins néogènes et quaternaires du levant d'Alicante et de Murcia (Cordillères Bétiques orientales, Espagne). Stratigraphie, paléontologie et évolution dynamique. *Docum. Lab. Géol., Univ. Lyon*, **69**, 345 pp.

Montenat, C., Ott D'estevou, P. & Coppier, G. (1990). Les bassins néogènes entre Alicante et Cartagena. En: Montenat, C. (Coord.). *Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne)*. Documents et Travaux de l´IGAL, **12-13**: 313-368.

Moutahir, H., De Luis Arrillaga, M., Serrano-Notivoli, R., Touhami, I. & Bellot, J. (2014). *Análisis de los eventos climáticos extremos en la provincia de Alicante, sureste de España*. IX Congreso de la Asociación Española de Climatología.

Peral Lozano, J.J. (2016). *La sección de Torrellano (Mioceno Superior – Plioceno, Cuenca del Bajo Segura, Cordillera Bética Oriental): estratigrafía general y bioestratigrafía mediante foraminíferos planctónicos*. Trabajo de Fin de Máster, Universidad de Alicante y Universidad de Valencia, 28 pp.

Ronzano Velázquez, T.M. & Fierro Bandera, I. (2021). Caracterización patrimonial del yacimiento "El Porquet 1" (Alicante): Geología e importancia de un espacio incoado BIC. *Cidaris* **33**, 7-19.

Ryan, W.B.F. (1973). Geodynamic implications of the Messinian crisis of salinity. In: Drooger, C.W. (Ed.), *Messinian Events in the Mediterranean*. North-Holland Publ, Co, Amsterdam, Netherlands: 26-38.

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. Medio Ambiente - Cultura Ayto. Alicante, 312 pp.

Sánchez Ferris, E.J. & Fierro Bandera, I. (2008). *Actuación FOPALI Pantano. Patrimonio Geológico y Paleontológico del entorno del Pantano de Elche. Informe Preliminar.* Memoria inédita, Fundación Cidaris, 21 pp.

Sánchez Ferris, E.J. & Montoya, P. (1995). El patrimonio paleontológico valenciano y su protección; la Carta Paleontológica de la Comunidad Valenciana. *Cidaris* **7**, 49-54.

Sánchez Ferris, E.J. (1994). *Ficha de inventario del yacimiento "Merendero del Pantano"*. Carta Paleontológica de la Comunidad Valenciana. Consellería de Cultura. Inédito.

Sánchez Ferris, E.J. (2015). *Patrimonio geológico y paleontológico del término municipal de Elche: el Clot de Galvany y el Pantano*. Tesis doctoral Universitat de València, 541 pp.

Sánchez Ferris, E.J., Fierro Bandera, I. & Díaz García, L. (2009). *FOPALI Fase I. Documentación del patrimonio geológico y paleontológico del entorno del Pantano de Elche*. Memoria inédita, Fundación Cidaris, Ayuntamiento de Elche, 83 pp.

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

Segonzac, G. (1990). Algues neogenes betiques. In: Montenat, C. (Coord.). *Les bassins néogènes du domaine bétique oriental (Espagne)*. Documents et Travaux de l'IGAL **12-13**: 35-41.

Soria, J.M., Caracuel, J.E., Corbí, H. & Yébenes, A. (2005a). Rasgos morfológicos e icnológicos de la superficie erosiva del límite Messiniense-Plioceno (Sierra del Colmenar, Alicante). Relación con la crisis de salinidad del Mediterráneo. *Geogaceta* **37**, 187-190.

Soria, J.M., Caracuel, J.E., Corbí, H. & Yébenes, A. (2007). La sedimentación de afinidad *Lago Mare* (Messiniense) y la transgresión del Plioceno en Alicante (Cuenca del Bajo Segura). *Geogaceta*, **41**, 219-222.

Soria, J.M., Caracuel, J.E., Corbí, H., Dinarés-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J.E. & Yébenes, A. (2008b). The Bajo Segura basin (SE Spain): implications for the Messinian salinity crisis in the Mediterranean margins. *Stratigraphy*, **5**: 257-263.

Soria, J.M., Caracuel, J.E., Corbí, H., Dinarès-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J.E., Viseras, C. & Yébenes, A. (2008a). The Messinian-early Pliocene stratigraphic record in the southern Bajo Segura basin (betic Cordillera, Spain). Implications for the Mediterranean salinity crisis. *Sedimentary Geology* **203**: 67-288.

Soria, J.M., Caracuel, J.E., Yébenes, A., Fernández, J., Viseras, C. (2005b). The stratigraphic record of the Messinian salinity crisis in the northern margin of the Bajo Segura Basin (SE Spain). *Sedimentary Geology* **179**, 225-247.

Soria, J.M., Giannetti, A., Monaco, P., Corbí, H., García-Ramos, D. & Viseras, C. (2014). Cyclically-arranged, storm-controlled, prograding lithosomes in Messinian terrigenous shelves (Bajo Segura Basin, western Mediterranean). *Sedimentary Geology* **310**: 1-15.

Soria, J.M., Yébenes, A. & Caracuel, J.E. (2003). Estratigrafía del Messiniense y Plioceno en el margen norte de la Cuenca del Bajo Segura (Cordillera Bética oriental). Cambios paleogeográficos asociados a la crisis de salinidad del Mediterráneo. *Geotemas* **5**, 219-223.

Villafañe, P.G., Cónsole Gonella, C., Soria, J.M. & Corbí, H. (2023). Estromatolitos gigantes al sur de la ciudad de Alicante. Descripción e interpretación ambiental. *Cidaris* **35**, 31-42.