



VALORACIÓN DEL INVENTARIO DE LOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE MENORCA, ISLAS BALEARES

Valuation of the inventory of the places of geological interest of Menorca, Balearic Islands

Francesc Xavier Roig-Munar¹ y Carla Garcia-Lozano²

¹ Investigador independiente, Consultor ambiental, C/ Carritxaret 18-6, es Migjorn Gran, 07749 Menorca, xiscoroig@gmail.com

² Laboratorio de análisis y gestión del Paisaje, Universitat de Girona, Plaça Ferrater Mora, 17003 Girona, carla.garcia@udg.edu

Abstract: *A proposal of 36 Places of Geological Interest (LIG) on the island of Menorca are analyzed. This is a local inventory whose main objective is the representativeness of the geology and geomorphology of the island. The selection is mainly based on the intrinsic value of the places, as well as the potential for scientific, informative and tourist use. Their vulnerability has also been evaluated, as a useful tool for land management. This work evaluates their suitability and relationship with the LIGs of national and regional rank, and the values applied in each of the groups analyzed at the local level. Based on the results, the methodology used at regional scales and the parameters established for its valuation and assessment are discussed.*

Keywords: *geodiversity, inventory, place of geological interest (LIG), Menorca.*

Resumen: *Se analizan 36 propuestas de Lugares de Interés Geológico (LIG) de la isla de Menorca. Se trata de un inventario de carácter local que tiene por objetivo principal la representatividad de la geología y la geomorfología de la isla. La selección se basa principalmente en el valor intrínseco de los lugares, así como la potencialidad de uso científico, divulgativo y turístico. También se ha evaluado su vulnerabilidad, como una herramienta útil para la gestión del territorio. El trabajo valora su idoneidad y relación con los LIG de rango nacional y regional, y los valores aplicados en cada uno de los conjuntos analizados a escala local. En base a los resultados se discute la metodología utilizada a escalas regionales y los parámetros establecidos para su valoración y evaluación.*

Palabras clave: *geodiversidad, inventario, lugar de interés geológico (LIG), Menorca.*

Roig-Munar, F.X., Garcia-Lozano, C., 2021. Valoración del inventario de los Lugares de Interés geológico de Menorca, islas Baleares. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 34 (2): 3-16.

Introducción

La geología general de Menorca se conoció a partir de los trabajos de Fallot (1923) y Bourrouilh (1983, 2016), mostrando que la isla se encuentra estructurada en un sistema de láminas cabalgantes discordantes del Mioceno superior. Tanto desde un punto de vista geológico como geomorfológico, Menorca se divide en dos partes separadas por una línea imaginaria que se extiende desde Maó hasta cala Morell (Bourrouilh, 1983; Fornós y Obrador 2003; Gelabert *et al.*, 2005), diferenciando: a) Migjorn, que abarca todo el S de Menorca, formado por materiales del Mioceno superior, que forman un anticlinal muy laxo con un eje de orientación N-S, y b) Tramuntana, que reúne todos los afloramientos de edad paleozoica, mesozoica y oligocena, con materiales fallados y plegados por la orogenia alpina, y que constituyen la mitad septentrional de la isla según la Figura 1, basada en los datos del IDE Menorca (Infraestructura de datos espaciales de Menorca).

Cada uno de estos dos sectores registra diferentes etapas de la estructuración mesozoica y cenozoica de la isla. De este modo, la estructura de Tramuntana refleja, principalmente, la etapa compresiva desarrollada durante el Oligoceno superior y el Mioceno medio, mientras que la estructura de Migjorn refleja, básicamente, una etapa extensiva del Mioceno superior, seguida de una compresión de menor escala e intensidad durante el Plio-Cuaternario (Gelabert, 1998). Las características litológicas de ambas regiones y su disposición estructural justifican que ambas zonas queden individualizadas en el paisaje, destacando la elevada geodiversidad de la isla (Duque-Macías *et al.*, 2017), siendo probablemente esta geodiversidad, entendida como la variedad de elementos geológicos y la rela-

ción entre ellos, el aspecto más destacado de la geología de Menorca.

Según Gelabert *et al.* (2005), la estructura geológica de la zona de Tramuntana se caracteriza por la presencia de un conjunto de fallas direccionales WNW-ESE, y de un sistema de cabalgamientos y pliegues que en superficie presentan una dirección NE-SW y NW-SE. La geometría ortogonal que presenta su estructura es el resultado de la interacción entre las rampas frontales y oblicuas de los cabalgamientos y de fallas extensivas. Gelabert *et al.* (2005) consideran que su estructura geológica consiste en un sistema de fallas extensivas de edad anterior al Oligoceno superior, plegado, cortado y parcialmente invertido por un sistema de cabalgamientos vergentes durante el período comprendido entre el Oligoceno superior y el Mioceno medio.

Según Pomar *et al.* (2002, 2012) la estructura geológica de la zona del Migjorn presenta una paleotopografía asociada a la sedimentación del Mioceno superior. La zona de aguas someras se localiza a lo largo del borde meridional y occidental de Tramuntana, mientras que la zona de aguas profundas se localiza básicamente en el sector central del Migjorn. La zona de aguas profundas coincide con el área de mayor relieve y el margen oriental coincide con una falla de orientación NNE-SSW en Tramuntana, que controló la paleotopografía durante el Mioceno superior, dando lugar a un anticlinal laxo, el cual constituye la estructura general del Migjorn, y donde la cresta de este amplio anticlinal coincide con la zona de mayor relieve.

Por tanto, la estructura geológica general de la isla es el producto de cuatro etapas de deformación: una primera etapa extensiva durante el Mesozoico y Cenozoico inferior, una primera compresión durante el Oligoceno supe-

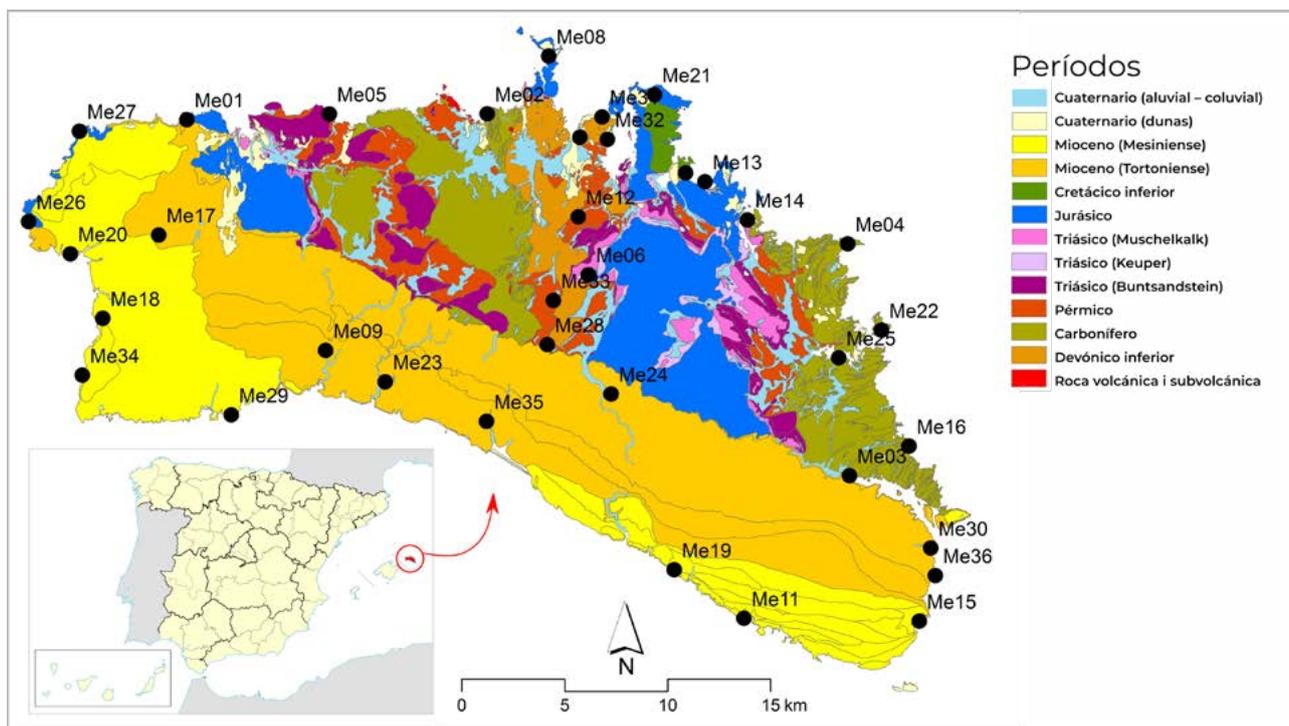


Fig. 1.- Mapa de las unidades geológicas de la isla de Menorca y ubicación de los Lugares de Interés Geológico. Fuente: Infraestructuras de Datos Espaciales de Menorca (IDE Menorca).

rior-Mioceno inferior, seguida de una etapa de extensión durante el Mioceno superior y una etapa de suave compresión final durante el Plioceno o Cuaternario. Cada una de estas cuatro etapas, en función de su duración, intensidad y edad, ha dejado una huella en la actual estructura de la isla. Simplificando la descripción de las edades de los depósitos geológicos en ambas regiones (Fig. 1), estas son:

Paleozoico

Aflora tan sólo en la zona de Tramuntana, en afloramientos relativamente extensos, fuertemente plegados y fracturados. Los materiales más antiguos corresponden al tránsito Silúrico-Devónico, siendo los depósitos del Carbonífero inferior los más representados. El Silúrico-Devónico aflora, de forma muy localizada, en la parte central de la zona de Tramuntana, y corresponde a una serie turbidítica. Los materiales del Carbonífero corresponden a sedimentos marinos profundos depositados por corrientes de turbidez (Fig. 2A), y representan la sucesión más potente de los depósitos que afloran en la isla (Fig. 2 B). La secuencia carbonífera se puede dividir, según Vannucci *et al.* (2005) y Rosell y Llompart (2002), en tres unidades

relacionadas con diferentes fases de la orogenia varisca: la inferior (pretectónica) corresponde a un sistema turbidítico formado por una alternancia de areniscas y niveles de calizas. La intermedia corresponde a depósitos olistostrómicos de frente de cabalgamiento, en series formadas por coladas lutíticas, conglomerados, calizas y rocas volcánicas. La unidad superior, es la más potente y mejor representada en los afloramientos de la zona de Tramuntana, con una monótona serie lutítica que incluye niveles de areniscas y microconglomerados.

Mesozoico

Corresponde a depósitos continentales detríticos del Permotrias (Buntsandstein), fundamentalmente una alternancia de areniscas con limos y arcillas fluviales con estructuras sedimentarias de tipo tractivo (Fig. 3A y B). En el techo son claramente dominantes los niveles arcillosos con paleosuelos y diques de rocas volcánicas. El Triásico medio (Muschelkalk) corresponde a una transgresión marina que deja una sedimentación carbonatada, con tres unidades diferenciadas: a) la inferior formada por calizas dolomíticas con laminaciones estromatolíticas, b) la intermedia



Fig. 2.- A) Pliegues de gresos del Macar gran, cala Tirant. B) Conglomerado de materiales de corrientes de turbidez, en cala es Murta.



Fig. 3.- A) Playa de cantos rodados asociados a desprendimientos de los acantilados del Triásico, cala'n Carbó. B) Estratos aflorantes del acantilado del Triásico, pla de Mar.

bien estratificada, con alternancia de calizas y margas, y c) la superior formada por calizas y dolomías rosadas con estratificación masiva y lenticular fuertemente karstificadas. El Triásico acaba con la facies Keuper formada por margas con intercalaciones de yesos y dolomías (Bercovici *et al.*, 2009).

Jurásico y Cretácico

Los materiales Jurásicos y Cretácicos afloran en la zona de Tramuntana y localmente bajo la cobertera miocena. El Jurásico, según Fornós y Obrador (2003), está ampliamente representado y corresponde a materiales carbonatados con predominio de dolomías (Fig. 4A). El Cretácico aflora, local y parcialmente, sobre una superficie de erosión muy karstificada, formado por calizas y margas (Fig. 4B). El Cretácico inferior presenta abundantes interrupciones sedimentarias marcadas por superficies erosivas internas.

Después de este registro, la secuencia estratigráfica de la isla sufre una interrupción importante hasta el Mioceno medio. Esta estructuración se corresponde con la orogenia alpina que se inicia en las islas Baleares a finales del Cretácico, y tiene

su máximo culminante en el Mioceno medio. La compresión alpina fractura el zócalo, ya deformado en la orogenia varisca, plegando la cobertera formada por los materiales comprendidos entre el Permotriás y el Cretácico inferior (Gelabert *et al.*, 2005). La estructuración alpina compresiva se complementa, durante el Neógeno, con una fase distensiva extensional que cuarteó la isla con una disposición aproximadamente perpendicular a la compresión alpina.

Mioceno

Los depósitos post-orogénicos del Mioceno medio y superior afloran a lo largo de toda el área de Migjorn y corresponden a materiales carbonatados (Fig. 5A y B). Presentan uniformidad litológica aunque sus variaciones texturales permitan diferenciar diversas unidades que evidencian su evolución sedimentaria. Siguiendo la línea argumental de Rossell y Llompart (2002), los depósitos miocenos se pueden dividir estratigráficamente, de base a techo, en: a) unidad basal conglomerática, aflora sobre el basamento en las proximidades del contacto entre las zonas del Tramuntana y Migjorn; b) unidad inferior de barras, se dispone de for-



Fig. 4.- A) Acantilados de 35 m sobre el nivel del mar del Jurásico, Punta Nati. B) Materiales jurásicos sobre los que se ha creado un arco marino favorecido por diaclasas y fracturas, pont d'en Gil.



Fig. 5.- A) Costa rocosa del Sur de Menorca del Mioceno, Macarella. B) Canteras de extracción de materiales del Mioceno, canteras de Santa Ponça.

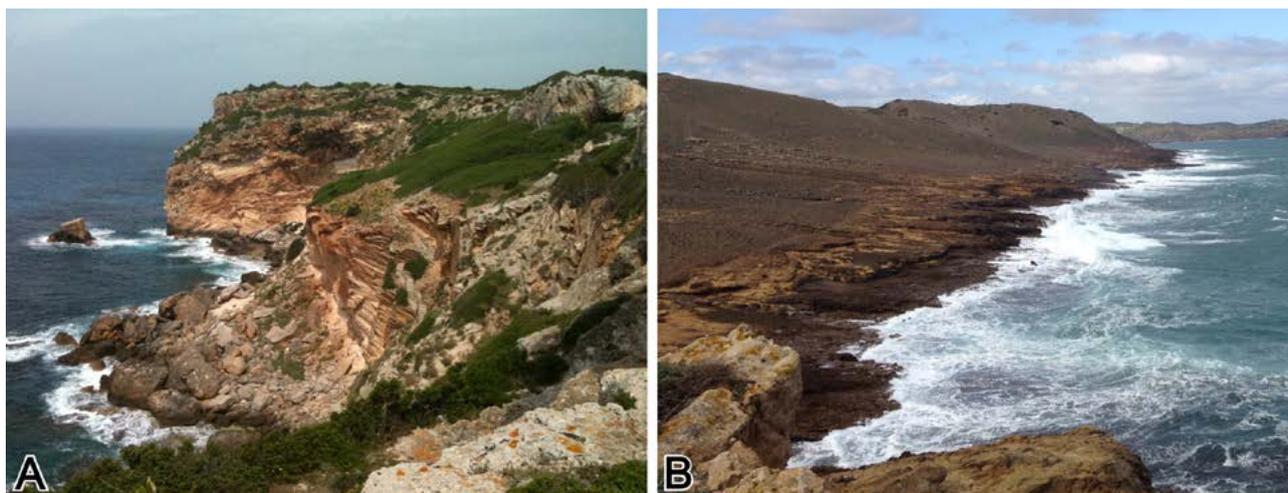


Fig. 6.- A) Morfología de dunas fósiles remontantes asociadas a un acantilado Mioceno, racó de s'Enderossall. B) Depósitos de dunas fósiles y depósitos coluviales en el tramo entre Fornells y playas de Fornells.

ma erosiva y discordante sobre la anterior o directamente sobre el basamento premiocénico; y c) unidad arrecifal, se dispone sobre la anterior mediante un nivel de disolución y corresponde a una plataforma arrecifal progradante.

Los materiales más recientes son los del Pleistoceno y Holoceno (periodo Cuaternario), que tienen poca importancia en Menorca desde un punto de vista volumétrico y en extensión. Según Fornós y Obrador (2003) su presencia se puede considerar testimonial. Afloran en la zona costera y corresponden a depósitos dunares, coluviales y litorales asociados (Pomar *et al.*, 2012), fuertemente erosionados (Fig. 6A y B). Su distribución y disposición se relaciona con el dinamismo glacioeustático del Cuaternario. Los materiales holocenos, depositados con posterioridad al último período glacial, y que corresponden básicamente a sistemas de playa-duna y zonas de albufera, rellenan las zonas más deprimidas, configurando las calas (Fornós, 1999). La litología carbonatada permite que los procesos kársticos hayan actuado de forma continuada dando rellenos que, junto con el modelado torrencial, caracterizan la mayor parte del paisaje (Rosselló *et al.*, 2002).

Patrimonio geológico

En los últimos años ha ido ganando protagonismo el término patrimonio geológico (Carcavilla, 2014). La geoconservación es el conjunto de acciones, técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación, la rehabilitación y el monitoreo, basada en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y el riesgo de degradación (Carcavilla *et al.*, 2012). La Ley de Patrimonio Natural y Biodiversidad (Ley 42/2007 de 13 de diciembre) señala a las administraciones públicas como responsables del conocimiento y su protección, implicando la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) (García-Cortés *et al.*, 2014), donde se incluyen las formaciones geológicas, yacimientos paleontológicos de especial interés, de notoria singularidad y/o de importancia científica, y su declaración y protección corresponde a las comunidades autónomas.

El inventario de Lugares de Interés Geológico (LIGs) se concibe como base para la elaboración de la estrategia de conservación de la geodiversidad. En la realización de LIG se recomienda que sean abiertos y sujetos a cambios futuros que permitan la incorporación de nuevos LIG e incluso la eliminación de algunos de ellos, debido a su destrucción o por la pérdida irremediable de su valor geológico (Carcavilla *et al.*, 2007). La relación de LIGs constituye un inventario de carácter general y tiene por objeto garantizar la representatividad de la geología de la zona. En las Islas Baleares hay actualmente 109 LIG, según los datos del IELIG. Según el Inventario de Patrimonio Geológico de las Islas Baleares del Gobierno de las islas Baleares, hay 98 LIG sin aprobar, de los que 23 corresponden a Menorca. Los principales aspectos considerados para definir los LIG son: 1) representatividad y/o singularidad del registro geológico; 2) formas del relieve notables; 3) contenido paleontológico; 4) presencia de elementos tectónicos singulares; 5) singularidad mineralógica, petrológica o sedimentaria; y/o 6) evolución geológica regional. La representatividad, como capacidad intrínseca para ilustrar adecuadamente características y procesos geológicos, junto a la capacidad didáctica, constituyen dos de los parámetros de mayor peso en la valoración de un LIG (García-Cortés *et al.*, 2014). Uno de los objetivos finales es la geoconservación y la preservación de sus valores culturales, estéticos y paisajísticos, entre otros, además de sus aplicaciones turísticas, recreativas y económicas (Carcavilla, 2014).

La geología y geomorfología en Menorca como patrimonio

Los antecedentes en la divulgación de la geología y la geomorfología de Menorca, tanto en formato guías como en aspectos patrimoniales, se inician en 1983 con una guía de itinerarios geológicos dentro del contexto del X Congreso Nacional de Sedimentología (Pomar *et al.*, 1983). Posteriormente se publicaron varias guías enfocadas a la geología y la geomorfología, todas ellas con un importante componente divulgativo (Rosell y Llompart, 2002; Rosse-

lló *et al.*, 2003; Fornós *et al.*, 2004; Roig-Munar y Mata, 2014; Gómez-Pujol y Pons, 2017; Rodríguez *et al.*, 2018; Tessensohn y Huch, 2019). Asimismo, Obrador (2013, 2016) realizó un extenso análisis de la cuestión sobre el patrimonio geológico de la isla, incidiendo en la necesidad de propuestas de actuación y gestión. Poch *et al.* (2013) propusieron un modelo de gestión del patrimonio geológico. Rodríguez *et al.* (2015) propusieron su revalorización, basándose en un listado de posibles LIGs, que posteriormente Rodríguez (2019) trató como retos y perspectivas. Rodríguez y de Pablo (2018, 2019) describían la gestión de la geodiversidad mediante su integración con el patrimonio natural y cultural. Roig-Munar (2020) describe las rutas geológicas y geomorfológicas virtuales de Menorca como producto turístico. Por lo que respecta al patrimonio geológico y las propuestas de LIG, Geoservei (2016) realizó el inventario de 35 Lugares de Interés Geológico, y Pons *et al.* (2017) realizan una aproximación de 38 yacimientos litorales del cuaternario que podrían ser declarados LIG. Adicionalmente, Roig-Munar *et al.* (2017) proponen 2 LIG asociados a bloques de tsunamis en la costa rocosa. De estos trabajos tan solo Geoservei (2016) y Roig-Munar *et al.* (2017) han seguido una metodología objetiva-científica de identificación y/o valoración basada en criterios cuantitativos (García-Cortés *et al.*, 2014).

Objetivos y metodología

El objetivo del trabajo es la valoración de los LIG propuestos por Geoservei (2016) y por Roig-Munar *et al.* (2017). Ambos trabajos se basan en la aplicación de la metodología IELIG (García-Cortés *et al.*, 2014) y trabajan sobre propuestas de lugares para conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución geológica de Menorca en un contexto territorial insular (Figs. 1 y 7). En el caso de Roig-Munar *et al.* (2017) se considera las dos propuestas como una sola, al tratarse de un proceso similar y ubicado a escasos kilómetros (2,7 Km). Por lo que respecta a los 38 yacimientos paleontológicos propuestos por Pons *et al.* (2017) no se realiza su valoración debido a que no aplicaron una metodología objetiva comparable con el resto de propuestas LIG.

La metodología utilizada para ambos estudios siguió el método propuesto por García-Cortés *et al.* (2014) para determinar sus valores como LIG, hecho que permite su valoración conjunta, y que consistió en:

1.- Determinación del tipo de interés de cada LIG con el objetivo de valorar su interés científico, didáctico y turístico-recreativo. Tanto en el caso del uso didáctico como en el caso del uso turístico, hay que tener en cuenta no sólo las potencialidades de uso, sino también su grado de intensidad. Cada lugar seleccionado (Figs. 1 y 7) es puntuada de acuerdo con los parámetros de la Tabla 4.5.1 que se indican en el Apéndice III de la metodología LIG (García-Cortés *et al.*, 2014), y que otorga diferentes pesos ponderados, de acuerdo con la Tabla 4.8.1, para calcular su valor en cada uno de tres usos posibles: científico, didáctico y turístico-recreativo. Su valor es puntuable de 0 a 4, y el valor total es el resultado de cada puntuación otorgada a los

parámetros utilizados, su ponderación y la división de su sumatorio por 40 (Tabla 1). Se realiza una valoración conjunta de su interés general, y por intereses de uso, donde son considerados LIG de muy alto valor aquéllos que superen los 6,65 puntos, de valor alto aquéllos cuyas puntuaciones estén comprendidas entre 3,33 y 6,65 y, finalmente, se considerarán de valor medio los LIG con puntuaciones inferiores a 3,33 puntos.

Parámetro	Científico Peso	Didáctico Peso	Turístico Peso
Representatividad (R)	30	5	0
Carácter localidad tipo (T)	10	5	0
Grado conocimiento científico del lugar (K)	15	0	0
Estado de conservación (C)	10	5	0
Condiciones de observación (O)	10	5	5
Rareza (A)	15	5	0
Diversidad geológica (D)	10	10	0
Contenido/uso didáctico (Cdd)	0	20	0
Infraestructura logística (Il)	0	15	5
Densidad de población (Dp)	0	5	5
Accesibilidad (Ac)	0	10	10
Tamaño del LIG (capacidad de carga) (E.)	0	5	15
Asociación con elementos eco-culturales (NH)	0	5	5
Espectacularidad o belleza (B)	0	5	20
Contenido divulgativo/uso divulgativo (Cdv)	0	0	15
Potencialidad para realizar actividades (Ptr)	0	0	5
Cercanía zonas recreativas (Zr)	0	0	5
Entorno socioeconómico (Es)	0	0	10
	100	100	100

Tabla 1.- Coeficientes de ponderación utilizados por cada parámetro en función del tipo de interés (científico, didáctico y turístico-recreativo) de acuerdo con García-Cortés *et al.* (2014).

2.- Determinación de la susceptibilidad de degradación y prioridad de protección de los LIG, mediante la valoración y el análisis de priorización de su protección. Se aplican parámetros de valoración enfocados a establecer su susceptibilidad de degradación (SD), atribuyendo una puntuación objetiva según el Apéndice IV de la metodología LIG (García-Cortés *et al.*, 2014), con valores puntuables de 0 a 4 a cada uno (Tabla 2). El cálculo de la vulnerabilidad es entendida como la combinación de su fragilidad intrínseca (F) y de las amenazas externas (An) a las que está sometido (Tabla 2). La vulnerabilidad por causas naturales dependerá de la intensidad de los procesos geológicos y geomorfológicos activos que pueden actuar sobre el LIG y de los procesos biológicos que pueden alterarlo. Las consecuencias de estos procesos geodinámicos y/o biológicos en el deterioro serán tanto más intensos cuanto más frágil sea éste. De acuerdo con esto, la vulnerabilidad natural (Vn) puede expresarse como:

$$V_n = F * A_n$$

donde F es la fragilidad, que será mayor cuanto más alterables sean las litologías del LIG, y An las amenazas naturales a las que puede estar sometido. La susceptibilidad de degradación (SD) de una localidad viene determinada en función de su fragilidad (F) y de su vulnerabilidad por las amenazas a las que está sometido (A), y viene dada por:

$$SD = (F \times A) \times 1/400$$

Es importante desglosar la susceptibilidad de degradación en dos componentes, F y A, ya que, mientras que la fragilidad y las amenazas naturales escapan en gran medida a

posibles actuaciones de mitigación, la identificación de las amenazas antrópicas y su cuantificación pueden orientar la adopción de medidas adecuadas de planificación, gestión y protección. El tamaño del LIG influye en sentido contrario, a menor tamaño menos potencialidad de uso recreativo o turístico pero puede presentar más fragilidad, y por tanto, más prioridad de protección. Esta distinción permite separar LIGs muy frágiles, independientemente de que estén o no amenazados por la actividad humana y viceversa.

3.- La prioridad de protección (PP) se obtiene mediante la suma del interés del LIG y su susceptibilidad de degradación SD. Para establecer las prioridades de protección para uso científico, didáctico y turístico, se obtendrán mediante las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} PP_c &= I_c + V \\ PP_d &= I_d + V \\ PP_t &= I_t + V \\ PPG &= [(I_c + I_d + I_t)/3] + V \end{aligned}$$

De acuerdo con esto, una valoración PP inferior a 327 se considerará baja y superior a 473 se considerará alta, recomendándose la adopción, a corto plazo, de medidas de protección y gestión del lugar.

Resultados y discusión

En este trabajo se han valorado 36 LIG, todos ellos de carácter local insular y no regional ni nacional, y que suponen 13 LIG adicionales a los propuestos a nivel regional,

ocupando 49,91 km². Estos LIGs presentan una extensión media de 0,28 km². Las extensiones presentan valores mínimos de 0,0005 Km², correspondientes a una cantera del Mioceno (Fig. 5B), hasta 11,21 km² de la Mola de Fornells (Tabla 3).

A los 36 LIG propuestos se les ha asignado un tipo de interés principal (Tabla 3), siendo 13 de interés principal estratigráfico (ES), 14 geomorfológico (GE), 5 destacan por su interés paleontológico (PA), 2 por sedimentológico (SE), 1 por interés mineralógico-cristalográfico (MC), y 1 por tectónico (TE). Otros intereses como el petrológico y geoquímico, geotécnico o minero no han sido considerados como de interés principal en ninguna localidad analizada, aunque hay presencia de importantes minas abandonadas de cobre y canteras en algunos de los LIG propuestos. Cabe destacar la

Fragilidad (F)		Peso
Tamaño del LIG (Ef)		40
Fragilidad (F)		30
Amenazas naturales (An)		30
Vulnerabilidad (A)		100
Interés para la explotación minero y/o hídrica (Vum)		25
Vulnerabilidad de explosión (Vuex)		25
Proximidad de actividades e infraestructuras (Vui)		15
Accesibilidad (Ac)		10
Régimen de protección del lugar (P)		5
Protección física o indirecta (Pf)		5
Titularidad del suelo y régimen de acceso (Ts)		5
Densidad de población (P)		5
Proximidad zonas recreativas (Zr)		5

Tabla 2.- Parámetros de valoración de fragilidad y vulnerabilidad por amenazas antrópicas de los LIG y coeficientes de ponderación de cada uno (García-Cortés *et al.*, 2014).

Código	Topónimo	Extensión	Interés principal	FP	FP	Código	Topónimo	Extensión	Interés principal	FP	FP
Me01	Cala Morell	0,31	SE	LIC	ANEI	Me19	Canutells cala'n Porter	0,05	GE	LIC	ANEI
Me02	Binimel.là-Pregonda	2,79	ES	LIC	ANEI	Me20	Calan Blanes	0,03	ES		
Me03	Port de Maó-la Mola	1,74	ES	LIC	ANEI	Me21	Mola de Fornells	11,21	ES	LIC	ANEI
Me04	Favàritx	0,27	ES	PN	ANEI	Me22	Illa d'en Colom	0,59	MC	PN	ANEI
Me05	Cala Pilar-Algaires	5,4	ES	LIC	ANEI	Me23	Barrancs de Trebaluger	4,65	GE	LIC	ANEI
Me06	El Toro	1,27	ES	ANEI	ANEI	Me24	Santa Ponça	0,0005	GE	LIC	ANEI
Me07	Tirant	0,41	ES	LIC	ANEI	Me25	Es Grau	0,91	GE	PN	ANEI
Me08	Cap Cavallería	2,84	ES	LIC	ANEI	Me26	Pont d'en Gil	0,87	ES	LIC	ANEI
Me09	Barranc d'Algendar	2,87	GE	LIC	ANEI	Me27	Punta Nati	0,001	PA	LIC	ANEI
Me10	Son Parc	0,29	SE	LIC		Me28	Carretera Me-16	0,012	TE		
Me11	Binidalf	0,04	PA			Me29	Macarella-Galdana	0,45	GE	LIC	ANEI
Me12	Biniguardó	0,26	GE	LIC	ANEI	Me30	Cala Sant esteve	0,15	GE		ANEI
Me13	Arenal d'en Castell	0,05	PA	LIC		Me31	Tirant Fornells	0,25	GE	LIC	ANEI
Me14	Addaia	1,9	ES	PN	ANEI	Me32	Fornells	0,01	PA		
Me15	Alcalfars'Algar	0,04	PA			Me33	Penya del Indi	0,14	GE		
Me16	Es Murtar sa Mesquida	0,16	ES	LIC	ANEI	Me34	Cap d'Artrux	0,42	ES	LIC	
Me17	Hostals	0,05	GE			Me35	Son Boter	0,12	GE	LIC	
Me18	Coves cala Blanca	0,03	GE			Me36	Bloques de tsunami	2,33	GE	LIC	

Tabla 3.- 36 LIGs analizados, donde se indica la extensión de cada LIG (Km²), el interés principal del LIG (ES: estratigráfico, GE: geomorfológico, PA: paleontológico, SE: sedimentológico, MC: mineralógico-cristalográfico, TE: tectónico) y las figuras de protección (FP) en las que se incluyen (LIC: Lugar de Interés Comunitario, ANEI: Área Natural de Especial Interés, PN: Parque Natural).

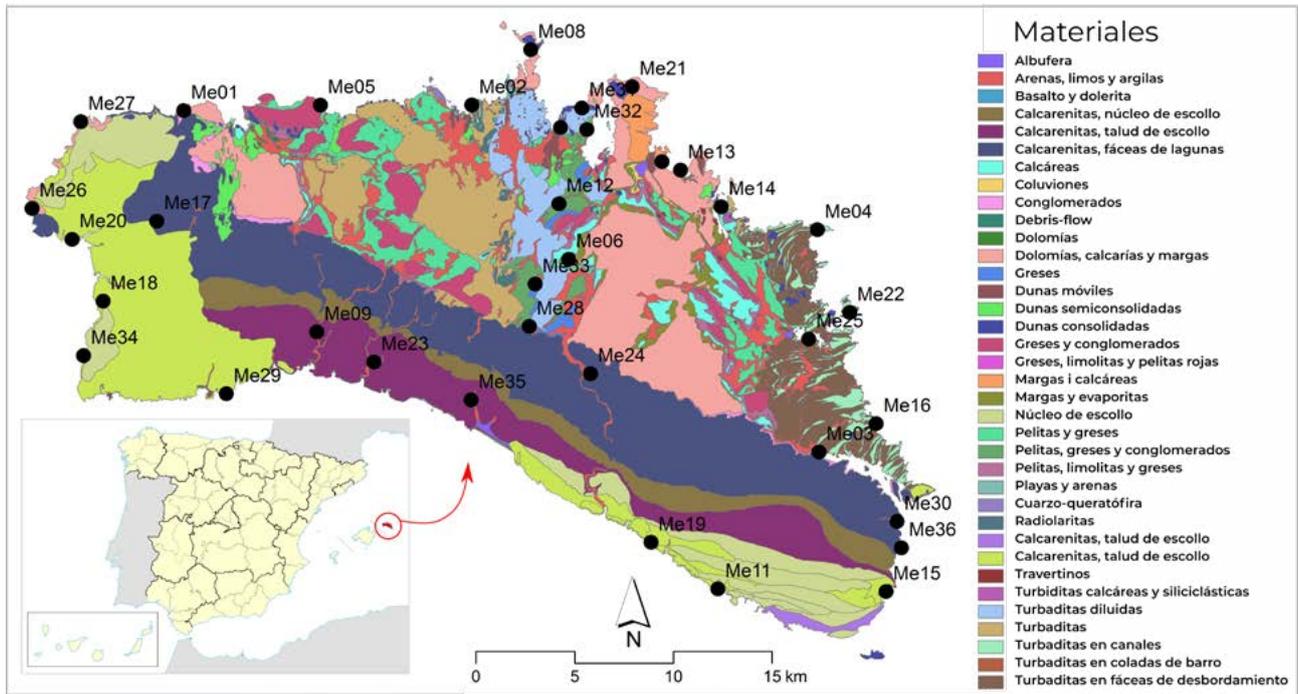


Fig. 7.- Mapa de materiales geológicos de la isla de Menorca y ubicación de los Lugares de Interés Geológico. Fuente: Infraestructuras de Dades Espacials de Menorca (IDE Menorca).

diversidad geológica de muchas localidades seleccionadas que presentan diversos tipos de intereses secundarios, entre los que destaca el estratigráfico y el geomorfológico. En algunos casos, como son las canteras del Mioceno (Fig. 5B), se prioriza su interés geomorfológico, cuando realmente su interés es estratigráfico o sedimentológico, ya que las canteras son el resultado de una extracción antrópica.

De esta propuesta y valoración de LIG, 19 de ellos se localizan en la región de Tramuntana, y 18 a la región de Migjorn (Fig. 1), contemplando de este modo la geodiversidad de la isla (Duque-Macías *et al.*, 2017), aunque las extensiones de los LIG, en muchas ocasiones, no abarcan todo el contexto geológico y geomorfológico del espacio inventariado, ofreciendo en algunos LIG cierta descontextualización. De estos 36 LIG propuestos algunos se encuentran incluidos en figuras de protección como Lugar de Interés Comunitario (LIC), Área Natural de Especial Interés (ANEI), y cinco de ellos se encuentran dentro del ámbito de Parque Natural (Tabla 3).

Los valores del cálculo del interés científico, didáctico y turístico indican cuál es el principal interés de cada LIG de cara a su uso potencial, así como para comparar LIGs entre sí y establecer prioridades para la gestión, tal y como indican García-Cortés *et al.* (2019). En este trabajo, y con el fin de contextualizar territorialmente los valores de los LIG en el ámbito insular, se utiliza el parámetro estadístico del “interés promedio” del LIG (media del interés científico, didáctico y turístico), a pesar de que este valor no puede ser utilizado dentro del marco comparativo a escala estatal.

Valoración de LIG

Una de las ventajas que presenta la metodología IELIG (García-Cortés *et al.*, 2014) es la de disponer de valores

distinguidos para sus intereses, permitiendo el aprovechamiento del inventario por parte de sus potenciales usos, y permitiendo priorizar posibles actuaciones de uso y/o de conservación. Así, la valoración de la potencialidad de uso establece tres valores distinguibles, de acuerdo con su interés científico, su interés didáctico y su interés turístico-recreativo. En la Figura 8 se representan los valores de interés de todas las localidades destacando su uso principal. El interés general del conjunto de todos los LIGs es de 5,10, destacando 7 LIG con valores superiores a 6, por tanto valores altos, siendo estos la Mola, puerto de Maó-la Mola, el Toro, Alcalar-s’Algar, Binimel·là-Pregonda, barranco de Algendar y bloques de tsunami (Tabla 3). Tan solo dos emplazamientos presentan valores altos en todos sus usos, siendo estos los bloques de tsunami y el barranco de Algendar, ambos de interés geomorfológico, pero ninguno de los dos adaptados a necesidades didácticas y turísticas, aunque con elevados valores científicos.

Interés científico

El interés científico (Fig. 8) se justifica atendiendo a la representatividad del LIG a partir de los trabajos publicados y su excepcionalidad en el marco territorial analizado. Sin embargo, se tienen en cuenta otros aspectos como son el estado de conservación, las condiciones de observación, su rareza dentro del ámbito territorial a diferentes escalas, o la diversidad en los tipos de interés (Tabla 1). La media obtenida para el valor científico es de 4,38, representando un valor alto, aunque tan solo 6 LIG superan el valor de 6,10, siendo estos el puerto de Maó-la Mola, Binimel·là-Pregonda, Tirant, el barranco de Algendar, Alcalar-s’Algar y los bloques de tsunami, donde en algunos de estos emplazamientos se han desarrollado recientemente

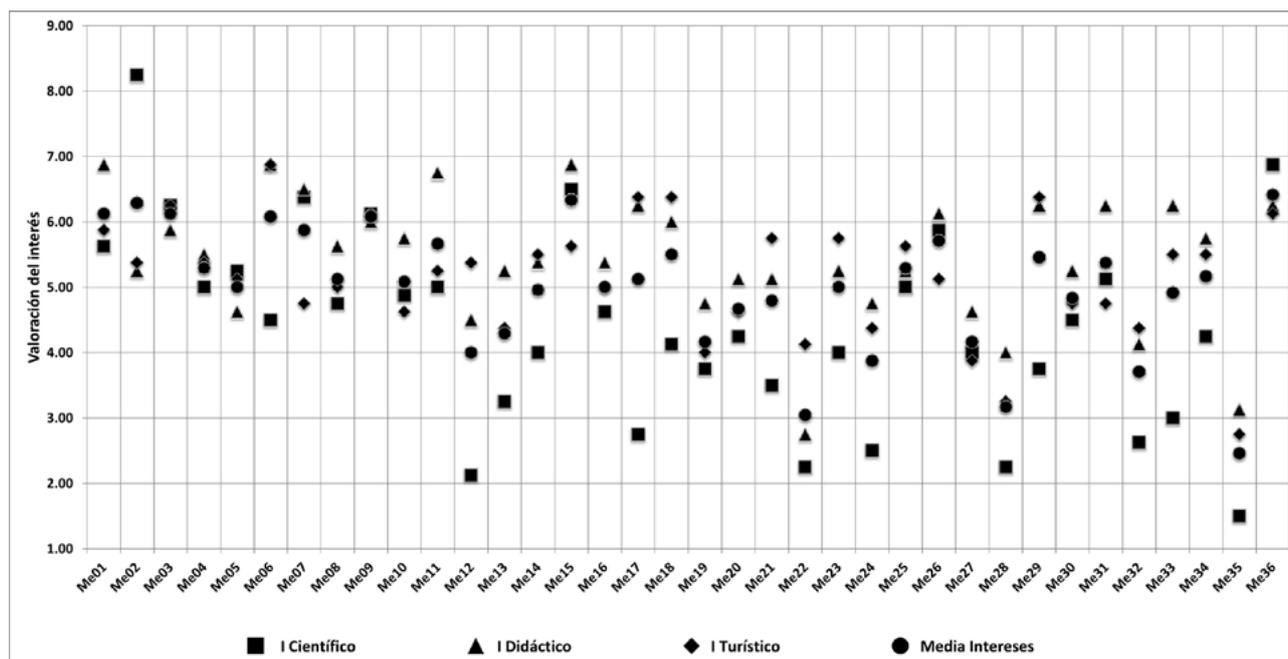


Fig. 8.- Valoración de los LIGs: potencialidad de uso de cada valor analizado en base a la Tabla 1 de interés científico, didáctico y turístico.

te tesis doctorales y artículos internacionales (Roig-Munar, 2016; Roig-Munar *et al.*, 2018). Aun así, cabe destacar que en las últimas décadas no se han realizado muchos trabajos científicos asociados al estudio de la geología en la isla, e incluso se recurre de forma sistemática a trabajos de referencia de hace décadas sin actualización, y sin abrir nuevas líneas de investigación sobre geología y geomorfología, como es el caso del Carbonífero.

Interés didáctico

El valor didáctico (Fig. 8), que se justifica por su contenido o uso didáctico con mayor peso, por su accesibilidad y por su infraestructura logística (Tabla 1), presenta un valor medio de 5,44, destacando que la mayoría de sus valores son altos. A pesar de esto, son pocas las actividades focalizadas en el conocimiento de la geología y la geomorfología de la isla, excepto algunas guías recientes, y en los últimos años las salidas de campo dentro del marco del Geolodía, iniciativa estatal de la Sociedad Geológica de España. Como lugares de elevado interés didáctico hay 13 que superan el valor 6 (Fig. 8), entre los que se incluyen espacios que disponen de alguna información en forma de carteles relacionada con la geología, como es el caso de cala Morell o las pedreres de Hostals. Destaca por otra parte el elevado valor de las cuevas de cala Blanca que actualmente son visitables, pero dotadas de escasa infraestructura logística tal como exigen los parámetros de la Tabla 1. En cambio, es Grau y Cavallería, los dos con infraestructuras de educación ambiental, no presentan valores superiores a 6.

Interés turístico y recreativo

El valor turístico y/o recreativo (Fig. 8) se relaciona esencialmente con el atractivo o la belleza de la localidad, valor

que consideramos ampliamente ambiguo y subjetivo, y muy condicionado por la percepción de cada individuo, y en un segundo término se considera su contenido o uso divulgativo, así como el tamaño del LIG (Tabla 1). El valor medio de este interés es de 5,31, destacando 7 espacios con valores superiores, y algunos puntos que presentan miradores o lugares consolidados como espacios actualmente turísticos y recreativos, como es el caso del Toro, Hostals o el puerto de Maó-la Mola. Destaca también en este uso el valor de las cuevas de cala Blanca, donde sus valores no están en consonancia con las dotaciones de un espacio visitable, ni el barranco de Algendar que no presenta contenidos divulgativos, ni miradores, ni accesibilidad en todo su recorrido torrencial. Por lo que respecta a otros LIG dentro de estos 7 emplazamientos, tampoco presentan valores que permitan su aprovechamiento de interpretación más allá de sus valores de atractivo y belleza, dejando en un segundo plano la geología y la geomorfología, según los valores estipulados en la Tabla 1.

Dentro de estos valores de interés aplicados a cada LIG (Tabla 1) no se contempla el posible valor de análisis del riesgo geológico asociado, especialmente, a los intereses didáctico y turístico-recreativo, priorizando únicamente en estos los intereses de accesibilidad e infraestructuras, belleza y contenido didáctico, y dejando a un lado las posibilidades de riesgo asociado a su puesta en valor con la visitación potencial, como son los LIG asociados a afloramientos en carreteras sin espacios de estacionamiento.

Valoración de la susceptibilidad de degradación y prioridad de protección

Calculados los valores científicos, didácticos y turísticos-recreativos (Fig. 8), se ha analizado hasta qué punto es prioritaria su protección en relación a estos parámetros. Para ello, se han aplicado los parámetros de valoración para el

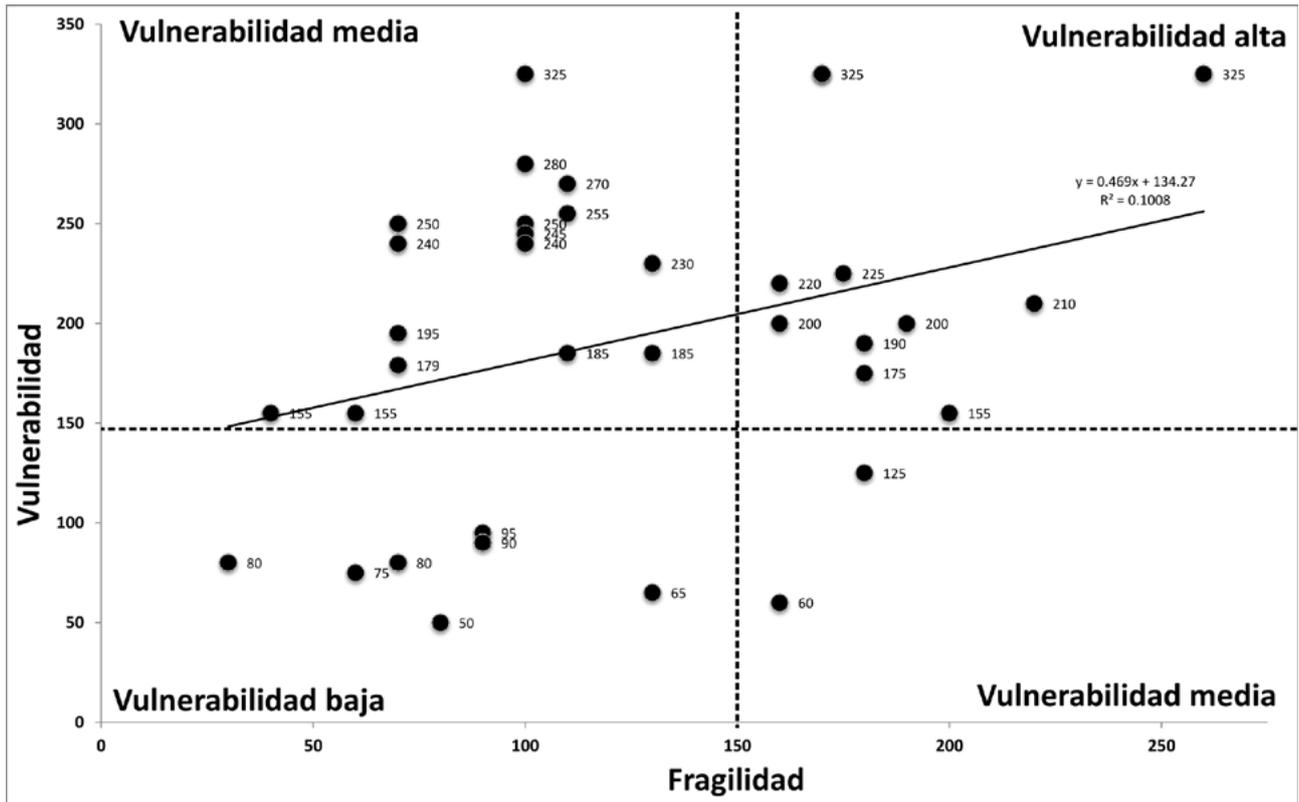


Fig. 9.- Relación entre la vulnerabilidad y la fragilidad de cada LIG, donde se representa el valor de vulnerabilidad.

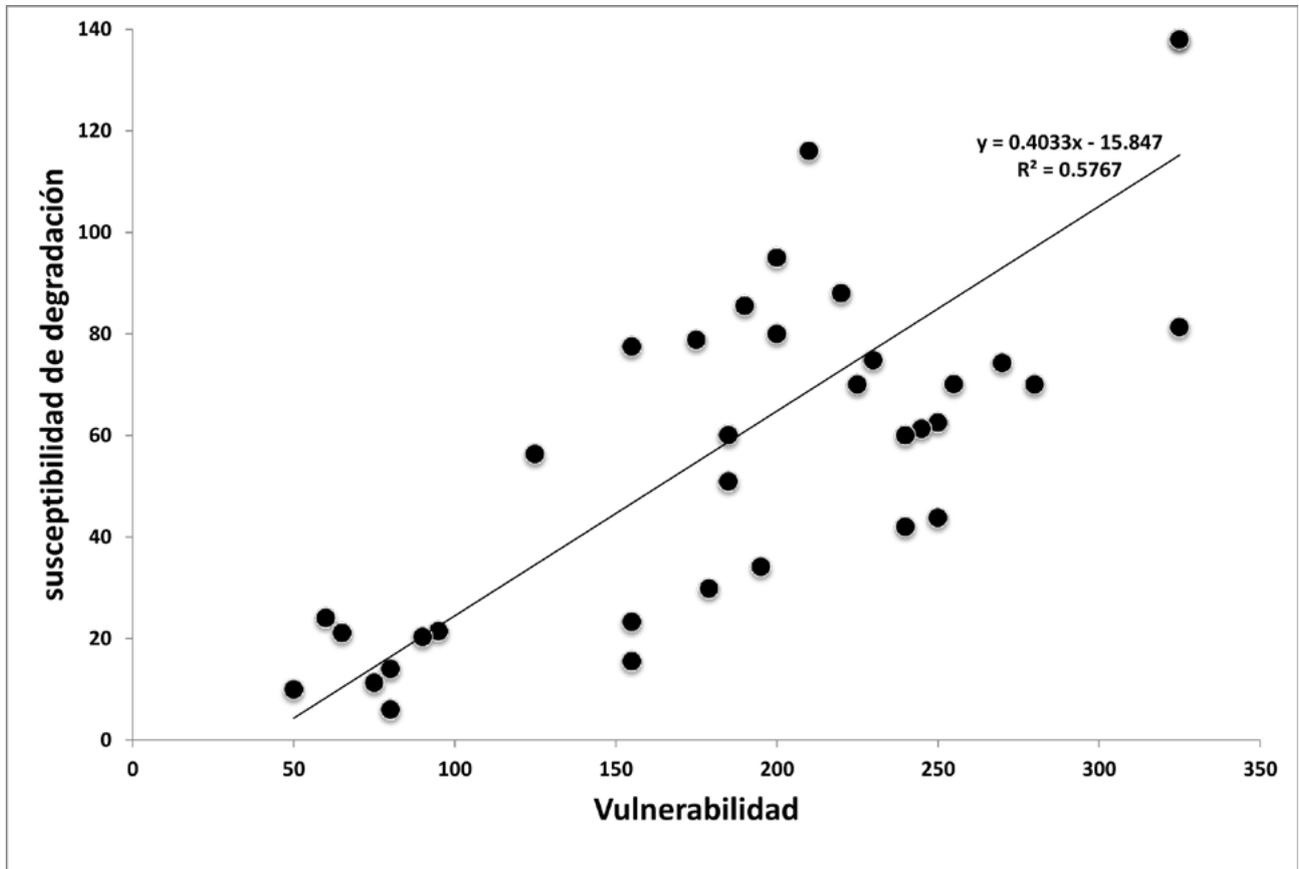


Fig. 10.- Relación de susceptibilidad de degradación y vulnerabilidad de cada LIG.

cálculo de la susceptibilidad de degradación y prioridad de protección de cada LIG (Tabla 2). Esto permite determinar su necesidad de protección en base a su fragilidad y su vulnerabilidad intrínseca y/o antrópica por un lado, y al interés científico, didáctico y turístico-recreativo por el otro. Las diferencias entre la fragilidad y la vulnerabilidad, permiten desglosar la susceptibilidad de su degradación en estos dos componentes, ya que mientras la fragilidad (las amenazas naturales) escapan en gran medida a posibles actuaciones de prevención, la identificación de las amenazas antrópicas (vulnerabilidad) y su cuantificación, pueden orientar la adopción de medidas de protección adecuadas. Entre los factores que determinan la fragilidad se incluyen: el tamaño del LIG, las amenazas naturales y la vulnerabilidad al expolio (Tabla 2). Sin embargo, se incluye con la fragilidad o amenazas naturales el atractivo mineralógico o paleontológico, que responden a una característica intrínseca del LIG, y que al mismo tiempo dificultan la posibilidad de concretar medidas de preservación adecuadas.

Observamos en la Figura 9 la fragilidad y la vulnerabilidad de los LIG, donde destacan como valores altos de fragilidad de Binidalí, Fornells y las estructuras de Fornells, con una vulnerabilidad alta, que se encuentra determinada, según los valores de la Tabla 2, por la priorización del interés de explotación y de expolio en relación a su tamaño. La relación de las dos variables es relativamente elevada, aunque no se ajusta a la realidad regional ni a los valores de cada LIG, ya que la Tabla 2 prioriza algunos parámetros que no se encuentran presentes en todos los LIG. Así mismo esta clasificación, basada en la Tabla 2, no tiene presentes las actividades realizadas sobre cada LIG propuesto, como pueden ser los usos recreativos que generan impacto continuo sobre espacios vulnerables o su planificación territorial más allá de sus protecciones legislativas.

Basándonos en Vegas *et al.* (2012) establecemos, mediante los valores obtenidos, los ejes que determinan los diferentes grados de vulnerabilidad de cada LIG (Fig. 9). Destacan algunos LIG, con bajos valores de fragilidad y vulnerabilidad, a pesar que el expolio de fósiles del Triásico ha sido, y es, habitual. Lo mismo se detecta en algunos espacios LIG asociados al Mioceno y Cuaternario, y donde el expolio de fósiles también es habitual y actual. A nivel de usos no se tienen presentes acciones antrópicas de tipo erosivo que afectan de forma continua y regresiva a los LIG (Roig-Munar *et al.*, 2017), o procesos naturales activos que afectan a todos los LIG asociados al litoral. En base a la Tabla 2 se considera que los parámetros aplicados no se ajustan a la realidad de la isla. A título de ejemplo, los valores de fragilidad y vulnerabilidad del Pont d'en Gil (Figs. 4B y 7) no se ajustan a los valores altos de vulnerabilidad, ya que se prioriza la proximidad de un núcleo turístico cercano asociado a unas estructuras del Jurásico poco erosionables por su uso, e incluso por procesos naturales continuos. La vulnerabilidad media y alta también se encuentra fuertemente condicionada por los valores de la Tabla 2, y en algunos LIG donde el expolio de fósiles es habitual entre coleccionistas locales, este expolio está condicionado a los efectos de los temporales que descalzan y dejan aflorando fósiles.

En la Figura 10 se representa la relación entre la susceptibilidad de degradación (SD) y su vulnerabilidad, como valores útiles para establecer su necesidad de protección en base a la fragilidad y vulnerabilidad (Fig. 9), aunque como hemos indicado, ésta se encuentra muy sesgada en la Tabla 2, que tiene un carácter a nivel más estatal. La SD del LIG a perder sus características originales por causas naturales y/o por amenazas externas, como causas antrópicas, resulta

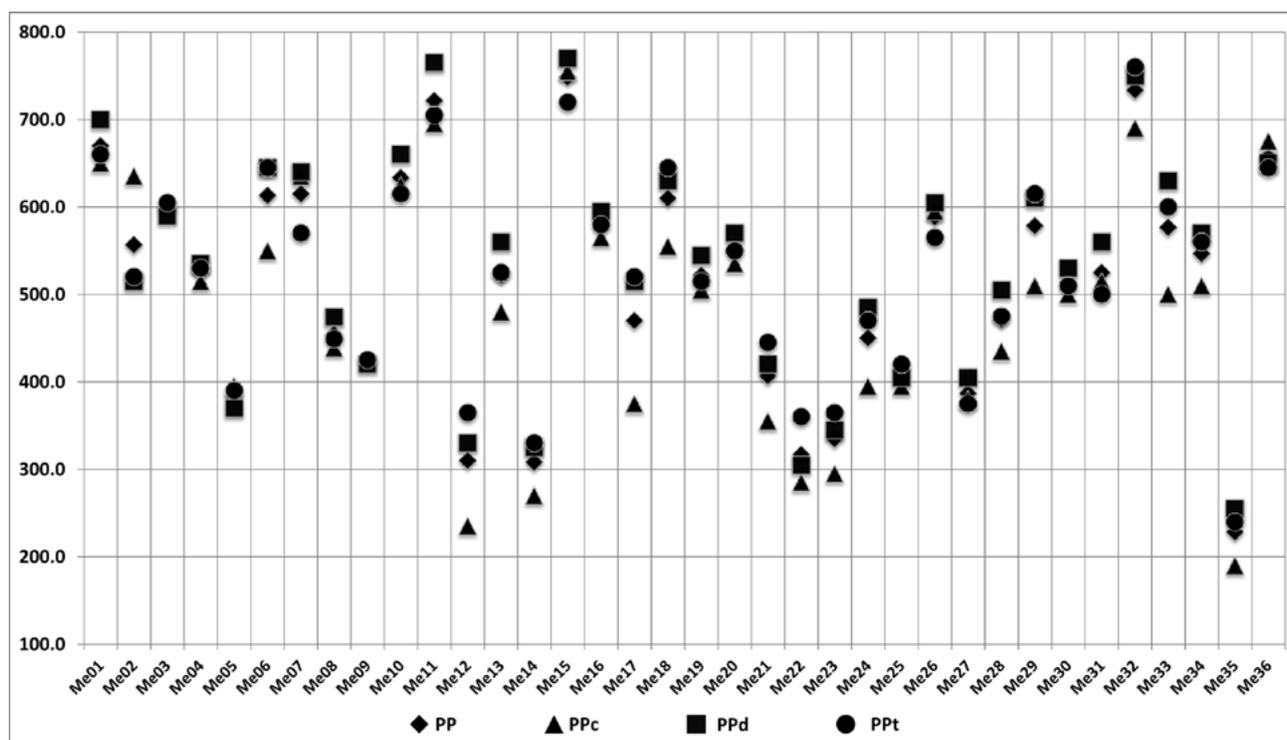


Fig. 11.- Valores de Prioridad de Protección (PP) de cada LIG según sea científica (PPc), didáctica (PPd) y turística (PPT).

un valor importante para su planificación y gestión. Esta distinción permite separar de manera más clara LIGs muy frágiles, independientemente que estén o no amenazados por la actividad humana y/o viceversa. Con este binomio se facilita la toma de decisiones para la gestión por parte de la administración, no solo a nivel geológico o geomorfológico si no a nivel de ordenación y planificación.

Los dos LIG con mayor SD son localidades con un interés principal paleontológico, debido al riesgo de expolio como uno de los factores primordiales al considerar la posible degradación de un LIG, aunque según los valores obtenidos como SD, éstos no se corresponden con la realidad geoambiental de algunos LIGs que presentan dinámica activa y otros que son objeto histórico de expolio a lo largo de décadas. Muchas de las localidades con valores altos de SD se encuentran en suelo urbano y no presentan ninguna figura de protección (Tabla 3). Estos rasgos (interés fosilífero, suelo urbano y régimen de protección) son factores clave que acaban determinando la susceptibilidad de degradación de un LIG. Sin embargo, hay que tener en cuenta que se tienen en consideración otros factores como la accesibilidad, su uso, el tamaño (cuanto más pequeño más vulnerable), amenazas naturales (procesos activos) y/o su régimen de propiedad.

Prioridad de protección

El interés del LIG para determinar la prioridad de protección de un lugar con una gran susceptibilidad de degradación, en ocasiones, obtiene una prioridad de protección inferior a otros que presentan susceptibilidades considerablemente menores. Este valor afecta a varios LIG, provocando que algunos con susceptibilidades relativamente altas presenten prioridades de protección baja. Los parámetros F y A, correspondientes a la valoración de la fragilidad y las amenazas externas (Tabla 2), deben cruzarse con el parámetro de interés del LIG para obtener la Prioridad de Protección (PP) de cada uno. En los inventarios realizados a escala local, como es este caso, la estimación de categorías de PP deben ser flexibles y estar bien definidas. Una vez realizadas las valoraciones y los límites entre categorías, es necesario hacer un análisis crítico para evaluar si el ranking es real o es simplemente un valor matemático. De acuerdo con esto, una PP inferior a 327 se considerará baja, y una PP superior a 473 se considerará alta, recomendándose la adopción, a corto plazo, de medidas de protección y gestión del lugar.

Los resultados obtenidos (Fig. 11) son de una PP general media de los LIG de 525, mientras que por intereses obtenemos 507 para el interés científico, 552 para el didáctico y 522 para el turístico. A nivel global, tan solo tres LIG no superan el umbral de 325, todos ellos protegidos de forma legislativa, siendo estos Addaia, Illa d'en Colom y son Boter (Tabla 3, Fig. 7).

Conclusiones

La valoración realizada por separado del tipo de interés, amenazas externas, fragilidad y la prioridad de protección permite discriminar mejor los usos más adecuados

para los LIG, tal como muestran los resultados obtenidos en el inventario propuesto en Menorca (Fig. 1, Tabla 3). Estos valores también permiten identificar el estado de conservación inicial y sus posibles amenazas potenciales.

La aplicación de la metodología de García-Cortés *et al.* (2014) permite identificar LIGs con una alta valoración por amenazas externas, pero que, por sus características intrínsecas, tienen una baja fragilidad, resultando en una prioridad de protección de categoría intermedia. La propuesta de estos 36 LIGs resulta esencial como soporte a instrumentos de gestión territorial, ya que hasta la fecha, los aspectos geomorfológicos y geológicos no se han tenido presentes o no han adquirido su relevancia como aspectos de gestión y planificación, excepto aquellos vinculados a acuíferos. Derivado de las propuestas LIG es posible el uso didáctico y turístico sin que afecten significativamente a su conservación, ya que la valoración del inventario es una herramienta fácil y útil para la gestión y conservación del patrimonio geológico, aunque la metodología está diseñada para grandes emplazamientos dentro de un contexto geológico más amplio. A pesar de que 35 de los LIG están inventariados (Geoservei, 2016), a día de hoy no están vinculados a una protección real del territorio mediante la planificación y la gestión territorial.

Los resultados obtenidos demuestran que hay algunos LIG que no presentan continuidad geológica y/o geomorfológica, ya que se observa una descontextualización con los afloramientos próximos o asociados, aunque estos presentan cierta disposición intermitente en el territorio. Se han inventariado como LIG ámbitos de muy reducido tamaño asociados a actuaciones que podríamos denominar geopatrimonio, como son las canteras del Mioceno. Observamos también en el inventario que algunos LIG presentan una sobreestimación en sus valores, como son las cuevas visitables de Cala Blanca. Así mismo, ninguna de las propuestas LIG pone énfasis en procesos actuales de cambio climático que afectan a la configuración actual de la isla, como son procesos de sedimentación y/o erosión, y se echa de menos mayor importancia a procesos dinámicos y actuales asociados a la conjunción de la geología y la geomorfología.

La metodología utilizada en ambos trabajos (Geoservei, 2016; Roig-Munar *et al.*, 2017) basada en García-Cortés *et al.* (2014) no permite su comparación con el resto de inventarios LIG a nivel estatal, y su aplicación no contempla algunos aspectos de la gestión real del espacio, ni su uso geológico y geomorfológico como espacio receptor de usos turísticos y recreativos. Así mismo, los parámetros utilizados en las Tablas 1 y 2 son muy generalistas y no se corresponden con la realidad de gran parte del territorio analizado a escala del IELIG, ya que sus parámetros no son aplicables en espacios insulares ni en espacios interiores del estado, reducidos a valores entre 0 y 4, y dejando de este modo muchas ambigüedades e incertezas a nivel territorial.

Los parámetros de la IELIG utilizados no contemplan el valor de riesgo geológico, especialmente en aquellos que presentan elevado interés turístico y recreativo. Tampoco se da importancia a aspectos asociados a los LIG ubicados en espacios de riesgo para las personas, como son carreteras. Así mismo, la metodología contempla los valores intrínsecos de degradación del LIG como efectos naturales,

pero no les da el valor de relevancia adecuado, especialmente en aquellos asociados a interés geomorfológico.

Los 36 LIGs identificados se encuentran en un contexto de inventario insular y su situación es revisable teniendo en cuenta la nueva metodología publicada por García-Cortés *et al.* (2019), ya que este inventario refleja la situación en un momento determinado. Este inventario debe ser revisado periódicamente, tanto para aplicar los nuevos conceptos y modelos surgidos, como para considerar los nuevos afloramientos que aparecen y/o sean identificados, los que desaparecen (expolios, destrucción), y los que cambiaron de valor desde el último inventario, ya sea por cambios en el LIG o por la aplicación de la nueva metodología de valoración. Al tratarse de LIG a nivel insular y no regional ni estatal, consideramos que se tiene que actualizar su valoración siguiendo la nueva metodología establecida por García-Cortés *et al.* (2019), con un sistema de valoración cuantitativo que no pretende obtener valores exactos para cada parámetro, sino que permite disminuir la subjetividad, aumentar la repetitividad y reproducibilidad de los resultados, con el objetivo de obtener rangos de valoración que posibilitan la comparación de los LIG de todos los dominios geológicos inventariados.

Por ende, el actual inventario de 35 LIG no puede tener una vinculación legislativa hasta su nueva revisión mediante la aplicación de una metodología contrastada y robusta (García-Cortés *et al.*, 2019), y que tiene actualmente una aplicación al 58% del territorio estatal. Una vez revisado mediante la nueva metodología de 2019 será necesario realizar un seguimiento del estado de conservación de los LIG diseñando indicadores para su seguimiento, al menos para los LIG de mayor riesgo de degradación. Así mismo, se considera de interés realizar trabajos encaminados a detectar áreas amplias que sean singulares por su alta diversidad geológica y que puedan ser asimilables a la categoría de parques (Art. 30.1 de la Ley 42/2007) y/o geoparques (García-Cortés *et al.*, 2019), aunque en el caso de Menorca esta figura fue propuesta en 2013 y no tuvo éxito, debido a que la isla no contaba en aquel momento con el proyecto necesario para aspirar a ser geoparque.

Agradecimientos y financiación

Los autores quieren agradecer a los dos revisores, Dr. Luís Carcavilla Urqui y Dr. Enrique Díaz-Martínez, ambos del Instituto Geológico y Minero de España, las correcciones, reflexiones y sugerencias realizadas del manuscrito, las cuales han ayudado en gran medida a la mejora y a la comprensión del mismo, ya que estas nos ayudaran en próximos trabajos sobre LIGs. También queremos agradecer al tercer revisor anónimo sus opiniones sobre el trabajo, que ha permitido subsanar algún error de redacción, así como ampliar la bibliografía. Así mismo dar especialmente las gracias a la editora de la revista, la Dra. Nieves López-González, por su apoyo en la primera recepción de las revisiones y por sus últimas correcciones que han contribuido a la mejora del resultado final del manuscrito. La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

Contribución de autores

La contribución individual de cada autor al trabajo ha sido: elaboración del trabajo, F.X.R.M.; metodología y obtención de datos, F.X.R.M.; figuras, C.G.L.; investigación/análisis, F.X.R.M. y C.G.L.; revisión del manuscrito, coordinación y supervisión, F.X.R.M.

Referencias

- Bercovici, A., Diez, J. B., Broutin, J., Bourquin, S., Linol, B., Villanueva-Amadoz, U., López-Gómez, J., Durand, M., 2009. A palaeoenvironmental analysis of Permian sediments in Minorca (Balearic Islands, Spain) with new palynological and megafloreal data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158: 14-28.
- Bourrouilh, R., 1983. Estratigrafía, sedimentología i tectónica de la isla de Menorca y del noreste de Mallorca. *Memorias del Instituto Geológico y Minero de España*. Madrid, 99: 1-672.
- Bourrouilh, R., 2016. The Balearic islands in the Alpine Orogeny. *Boletín Geológico y Minero*, 127 (2/3): 527-546.
- Carcavilla, L., 2014. Guía práctica para entender el patrimonio geológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*. Vol 22-1: 5-18.
- Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, A., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A., Vegas, J., 2012. *Geodiversidad y patrimonio geológico*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 21 p.
- Carcavilla, L., López-Martínez, J., Durán, J.J., 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Instituto Geológico y Minero de España. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, Madrid, 360 p.
- Duque-Macías, J., Giménez-García, J., Rodríguez, A., 2017. La "Associació de Geològs de les illes Balears" (AGEIB) y el Patrimonio geológico del archipiélago balear. En: *Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural* (L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas, A. Rodríguez, Eds). Cuadernos del Museo Geominero, 21: 239-246.
- Fallot, P., 1923. Le problema de l'île de Minorque. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 23: 3-44.
- Fornós, J.J., Obrador, A., 2003. Geología de Menorca. En: Rosselló, V.M., Fornós, J.J. y Gómez-Pujol, Ll. (eds), Introducción a la Geografía Física de Menorca. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 10: 232 p.
- Fornós, J., Obrador, A., Roselló, V., 2004. *Història Natural del Migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà*. Societat d'Història Natural de les Balears - Institut Menorquí d'Estudis - Fundació Sa Nostra, 378 p.
- Fornós, J.J., 1999. Rebliment holocènic de la vall incisa de Santa Anna, Sud de Menorca (Mediterrània occidental). *Gearqueologia i Quaternari litoral*, Memorial M.P. Fumanal, 342-355.
- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., Vegas, J., 2014. *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España, 64 p.
- García-Cortés, A., Vegas, J., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. 2019. *Bases Conceptuales Y Metodología Del Inventario Español De Lugares De Interés Geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España, 106 p.
- Gelabert, B., 1998. *La estructura geológica de la mitad occidental de la isla de Mallorca*. Colección Memorias del Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 129 p.

- Gelabert, B., Fornós, J.J., Pardo, J.E., Rosselló, V.M., Segura, F.S., 2005. Structural controlled drainage basin development in the South of Menorca island (Spain). *Geomorphology*, 65(1-2): 139-155.
- Geoservei, 2016. *Inventari de llocs d'interès geològic de la Reserva de Biosfera de Menorca*. Consell Insular de Menorca-Agència Menorca Reserva de Biosfera. Informe inèdit, 271 p.
- Gómez-Pujol, L., Pons, G.X., 2017. Geomorfología litoral de Menorca: dinámica, evolución y prácticas de gestión. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 25: 296 p.
- Obrador, A., 2013. Propostes de gestió del patrimoni geològic de Menorca. En: *Jornades sobre els 20 anys de la Reserva de biosfera de Menorca* (Canals, A., Carreras, D., Eds). Col·lecció Recerca, 22. Institut Menorquí d'Estudis: 291-303.
- Obrador, A., 2016. Propostes de gestió del patrimoni geològic de Menorca. En: *Jornades sobre els 20 anys de la Reserva de Biosfera de Menorca* (Canals, A., Carreras, D., Eds). Col·lecció Recerca. Consell Insular de Menorca - Agència Menorca Reserva de Biosfera; Institut Menorquí d'Estudis, Maó, 22: 291-303.
- Poch, J., Quintana, R., Marí, S., Juaneda, J., Orfila, J., 2013. La Reserva de la Biosfera de Menorca estrena un modelo de gestión del patrimonio geológico para entrar en la Red de Geoparques. En: *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo* (Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E., Marchán, C., Eds). Cuadernos del Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 15: 121-130.
- Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J., Rodríguez-Perea, A., 1983. El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca). Guía de las excursiones. *X Congreso Nacional de Sedimentología*. 26 al 30 de septiembre 1983. Institut d'Estudis Balearics, 255 p.
- Pomar, L., Obrador, A., Westphal, H., 2002. Sub-wavebase cross-bedded grainstone on a distally steepened carbonate ramp, Upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentology*, 49: 139-169.
- Pomar, L., Bassant, P., Brandano, M., Ruchonnet, C., Janson, X., 2012. Impact of carbonate producing biota on platform architecture: Insights from Miocene examples of the Mediterranean region. *Earth-Science Reviews*, 113: 186-211.
- Pons, G. X., Vicens, D., Mir-Gual, M., 2017. Aproximación al inventario de yacimientos del cuaternario en el litoral de Menorca (illes Balears). En: *Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural* (Carcavilla, L., Duque-Macías, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J., Rodríguez, A., Eds). Cuadernos del Museo Geominero, 21: 75-80.
- Rodríguez, A., de Pablo, F., Marí, S., Solà, J., Juaneda, J., Orfila, J.L., 2015. Valorización de la geodiversidad en el marco de la Reserva de la Biosfera de Menorca. En: *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos* (Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J., Belmonte, A., Eds). Cuadernos del Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 18: 293-298.
- Rodríguez, A. Pons, G.X., de Pablo, F., 2018. *Guía de geología de Menorca. Itinerarios naturales y culturales*. Col·lecció Menorca Reserva de Biosfera, 6. Consell Insular de Menorca - Agència Menorca Reserva de Biosfera; Institut Menorquí d'Estudis, 248 p.
- Rodríguez, A., de Pablo, F. 2018. Conservació i gestió de la geodiversitat a la Reserva de Biosfera de Menorca. (Pons, G.X., del Valle, L., Vicens, D., Pinya, S., McMin, M., Pomar, F. Eds). Llibre de ponències i resums de les VII Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) -Universitat de les Illes Balears (UIB), 510-513.
- Rodríguez, A., de Pablo, F., 2019. La gestión de la geodiversidad mediante su integración con otros elementos del patrimonio natural y cultural: aplicación a la reserva de biosfera de Menorca. En: *El Patrimonio geológico: una nueva visión de la Tierra* (Martín-González, E., Coello Bravo, J.J., Vegas J., Eds). Cuadernos del Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 129-134.
- Rodríguez, A. 2019. Reptes i perspectives de futur en la gestió i conservació del patrimoni geològic de Menorca. *Jornades sobre els 25 anys de la Reserva de Biosfera de Menorca*. Institut Menorquí d'Estudis. Consell Insular de Menorca, 235-246.
- Roig-Munar, F. X., Mata, R., 2014. *Menorca: Camins i pedres*. Maó, Menorca. 199 p.
- Roig-Munar, F.X., 2016. Blocs de tempesta i tsunami a les costes rocoses de les Illes Balears. Anàlisi geomorfològica i morfològica. Tesis doctoral, Univ. Barcelona, 410 p.
- Roig-Munar, F.X., Mata Leonard, R., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.A., Vilaplana, J.M., Gelabert Ferrer, B., 2017. Propuesta de Lugares de Interés Geológico asociados a bloques y cordones de origen tsunamítico en la costa SE de Menorca (Balears). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 30(1): 31-40.
- Roig-Munar, F.X., Vilaplana, J.M., Rodríguez-Perea, A., Martín-Prieto, J.Á., Gelabert, B., 2018. Tsunamis boulders on the rocky shores of Minorca (Balearic Islands). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18: 1985-1998.
- Roig-Munar, F. X., 2020. La creación de rutas geológicas y geomorfológicas en la isla de Menorca como producto turístico y recreativo de naturaleza. *Europarc España*, Boletín 48: 30-33.
- Rosell, J., Llompart, C., 2002. *El naixement d'una illa. Menorca. Guia de geologia pràctica*. Moncada i Reixac, 279 p.
- Rosselló, V.M., Fornós, J., Gómez-Pujol, Ll., 2003. *Introducción a la geografía física de Menorca*. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 226 p.
- Rosselló, V.M., Fornós, J.J., Gelabert, B., Giménez, J., Ginés, J., Pardo, J., Segura, F., 2002. El papel del karst en el macromodelado litoral: el ejemplo de las calas de las Islas Baleares. En: *Karst and Environment* (Carrasco, F., Durán, J.J., Andreo, B., Eds) Fundación Cueva de Nerja: 329-335.
- Tessensohn, F., Huch, M., 2019. *Menorca*. Wanderungen in die Erdgeschichte. Pfeil-Verlag. München, 232 p.
- Vannucci, G., Brandano, M., Pomar, L., Obrador, A., 2005. Rhodolith assemblages from the lower Tortonian carbonate ramp of Menorca (Spain): environmental and paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 226: 307-323.
- Vegas, J., García-Cortés, Á., Lozano, G., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., 2012. Valoración de los Lugares de Interés Geológico de Enguñanos (Cuenca) y su aplicación para la geoconservación. *Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico* (Sociedad Geológica de España), 1312-1315.

MANUSCRITO RECIBIDO EL: 30-03-2021

RECIBIDA LA REVISIÓN EL: 14-10-2021

ACEPTADO EL MANUSCRITO REVISADO EL: 05-11-2021