



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Evaluación de la acción del viento en la cuenca del
arroyo Lopín: consecuencias e implicaciones
ambientales y geomorfológicas

Assessment of wind action in the Lopín creek
catchment: environmental and geomorphological
consequences and implications

Autora

Andrea Edo Tizón

Directora

Gloria Desir Valén

Departamento de Ciencias de la Tierra

Facultad de Ciencias

2021

Índice

| | |
|--|----|
| Resumen | 2 |
| Abstract | 2 |
| 1.- Introducción | 3 |
| 2.- Situación geográfica..... | 4 |
| 3.-Contexto geológico | 5 |
| 4.-Objetivos..... | 6 |
| 5.-Metodología | 6 |
| 6.-Análisis geomorfológico y valoración ambiental | 7 |
| 6.1.-Análisis Geomorfológico | 7 |
| 6.2.-Análisis Ambiental..... | 9 |
| 6.3.-Discusión | 12 |
| 7.- Acción del viento | 12 |
| 7.1.-Descripción de las formas asociadas al viento | 12 |
| 7.2.-Propuesta LIG | 16 |
| 7.2.1.-Bases para la justificación de la propuesta..... | 16 |
| 7.2.2.-Fundamentos teóricos para la propuesta del LIG en Yardangs..... | 16 |
| 7.2.3.-Simulación LIG modelado eólico | 19 |
| 8.-Conclusions..... | 23 |
| 9.-Bibliografía | 23 |
| 10.-Anexos | 26 |

Resumen

El sector central de la Depresión del Ebro se caracteriza por ser una zona semiárida con un marcado déficit hídrico y donde dominan los procesos de erosión. El proceso dominante es la erosión hídrica pero también hay claras muestras de la acción del viento. El viento dominante es el Cierzo, que presenta una dirección ONO-ESE, con una velocidad media sostenida de 7 km/h y rachas superiores a los 100 km/h, indican que es un claro agente modelador del paisaje en las zonas donde bien la topografía, bien la litología, o ambas favorecen la abrasión y la deflación. En la zona de estudio se dan ambas circunstancias, un contraste marcado en la topografía y la presencia de unas litologías yesíferas muy poco potentes y muy degradadas que son fácilmente denudadas. Los efectos de aceleración debidos a cambios abruptos en la topografía se deben al efecto de la propia pendiente y al aumento de la turbulencia del propio viento. Es por ello, que en la zona de estudio los modelados eólicos adquieren especial importancia y un desarrollo tan amplio. Se puede diferenciar dos tipos de modelados eólicos; uno labradas en la zona de derrame donde las litologías yesíferas tienen una potencia muy pequeña y están muy meteorizadas y, otra, en las zonas de las divisorias de la red de drenaje. En ambos casos, además de la dirección dominante del viento se observa un control estructural muy claro sobre el modelado que está controlado por la dirección principal del diaclasado N140-150E. La singularidad y fragilidad del medio, tanto a nivel físico como faunístico, se pone de manifiesto con la presencia de varias figuras y áreas de protección como la ZEPA “Estepas de Belchite – El Planerón – La Lomaza”, el LIC “El Planerón” o el humedal de la “Balsa del Planerón”. Estas figuras y la amplia cobertura de espacios protegidos, ha llevado a plantear la creación de un Punto de Interés Geológico relacionado con el modelado eólico, en concreto con los yardangs.

Palabras clave: Lopín, yardangs, geomorfología, modelado, viento.

Abstract

The central sector of the Ebro Depression is characterized by being a semi-arid zone with a marked water deficit and a domination of erosion processes. The dominant process is water erosion but there are also clear signs of wind action. The dominant wind is Cierzo, which presents a WNW-ESE direction, with an average sustained speed of 7 km/h and gusts of wind over 100 km/h, indicating that it is a clear landscape modelling agent in areas where the topography, either lithology, or both, favour abrasion and deflation. Both circumstances occur in the study area, a marked contrast in topography and the presence of very weak and highly degraded gypsum lithologies that are easily denuded. Acceleration effects due to abrupt changes in topography are because of the slope itself and the increased turbulence of the wind itself. It is for this reason that in the study area wind modelling acquires special importance and such a wide development. Two types of wind modelling can be distinguished; one carved in the spill area where the gypsum lithologies have a very low power and are heavily weathered, and another, in the areas of the drainage network dividers. In both cases, in addition to the dominant wind direction, a very clear structural control over the modelling is observed, which is controlled by the main direction of the N140-150E joint. The uniqueness and fragility of the environment, both physically and faunistically, is evidenced by the presence of various figures and protected areas such as the “Estepas de Belchite - El Planerón - La Lomaza” SPAB, the “El Planerón” CIA or the wetland of the "Balsa del Planerón". These figures and the wide coverage of protected space have been led to propose the creation of a Point of Geological Interest related to wind modelling, specifically with yardangs.

Key words: Lopín, yardangs, geomorphology, modelling, wind.

1.- Introducción

En la Depresión del Ebro, a pesar de presentar mucha aridez y vientos intensos, la evidencia de la existencia de morfologías asociadas al viento son escasas en comparación con otras zonas de España, como por ejemplo, en la Cuenca del Duero y del Tajo o las zonas de litoral con el desarrollo de dunas costeras (*Sanjaume y García, 2011*). La acción modeladora del viento en la Depresión del Ebro, tanto como agente erosivo como proceso sedimentario, ha sido citado y estudiado desde hace mucho tiempo. Trabajos como los de Llamas (1962), Torras y Riba (1968), Torras (1974), Van Zauidam (1976) o Quirantes (1978) describen la existencia de depósitos de grano fino, arena fina y limos asociados a las zonas donde afloran las formaciones yesíferas terciarias, con unas características geotectónicas particulares que se asocian a depósitos de tipo loess, y por lo tanto se encuentran ligados con la acción directa del viento. Posteriormente, y debido a la particularidad de estos depósitos, Iriondo y Kröhling, 2004 y 2007, proponen su clasificación como pseudoloess diferenciándolos de los sedimentos eólicos de origen glaciar. Además de estas formas acumulativas, otros estudios en la década de los años 70 del siglo pasado describen la presencia de formas asociadas a la capacidad abrasiva del viento en los materiales que componen los depósitos de algunos niveles de terraza y glacis en el valle del Huerva, del Gállego y del Ebro (*Riba et al., 1971; Mensúa e Ibañez, 1977, 1975; Longares, 2004*). En general, se trata de micromodelados de carácter secundario, generalmente cantos afectados, desarrollados sobre las formaciones superficiales cuaternarias que no llegan a superar la escala decimétrica. En un término intermedio entre las formas acumulativas y erosivas, se han descrito por Mensúa e Ibañez en 1975, atribuyendo a la acción del viento la disimetría existente en las morfologías y el relleno de algunos valles de fondo plano con una orientación transversal a la dirección principal del viento en el sector central del valle del Ebro.

A pesar de que la acción erosiva del viento está implícita en los procesos de formación de las zonas endorreicas de la plataforma de Bujaraloz (*Sánchez et al., 1998*), no es, hasta la primera década del siglo actual, cuando se describen por primera vez la existencia de formas mayores, a escala decimétrica, resultantes de la abrasión (*Gutiérrez et al., 2002, 2005; Desir et al., 2011*). Estos autores señalan la existencia en el área de Bujaraloz de diferentes formaciones eólicas que se restringen a los márgenes de las playas y ponen por primera vez de manifiesto la existencia de macroformas debidas a la acción erosiva del viento, los yardangs, en el sector central de la Depresión del Ebro.

En el libro de Sanjaume y Garcia (2011) titulado “Las dunas en España” se describen los modelados asociados a la acción que se han reconocido en España. Destaca el hecho que a escala nacional se describen mayoritariamente depósitos de tipo acumulativo tipo duna o loess, y solo aparecen descritas formas erosivas de escala métrica en la Depresión del Ebro. Estas formas son los yardangs, y su formación está limitada por una serie de factores tanto de carácter intrínseco (litología y estructura) como extrínseco (vientos unidireccionales, sistemas de flujos que rodean los yardangs y la abrasión del viento) (*Greeley e Iversen, 1985*). Así pues, los yardangs descritos en Bujaraloz se desarrollan en los márgenes de sotavento de las plataformas estructurales y en las orillas de sotavento de las principales playas o lagunas (*Gutiérrez et al., 2002*). Se trata de yardangs de tipo rocoso labrados sobre materiales yesíferos y carbonatados que forman un sistema evolutivo único playa-yardangs (*Gutiérrez et al., 2002*). Son formas abruptas, la de barlovento, y una más tendida que corresponde a la de sotavento. Pueden presentar morfologías muy variadas, desde formas abarquilladas o en quilla, típica de las formas aisladas labradas sobre sedimentos poco consolidados, a las formas tabuladas, cuando el tronco estructural es muy marcado (*Livingstone y Warren, 1996; Goudie, 2007*)

Sin embargo, fuera de esa área de Depresión, no habían sido descritos yardangs en ninguna otra situación. En este trabajo se va a realizar el análisis y la descripción de las formas asociadas a la acción del viento, y en especial de los yardangs, que aparecen en la mitad norte de la cuenca del arroyo Lopín. Estas formas ya habían sido descritas y estudiadas con anterioridad (Artieda, 2004) pero se le atribuyó un origen ligado al drenaje superficial describiéndolas como secuencias val-loma. Sin embargo, estas formas o agrupaciones de formas difieren mucho del patrón del drenaje superficial en esas áreas y del sistema de valles de fondo plano que en ella se desarrolla. Cuando la evolución de los barrancos está ligada a la erosión eólica, dando lugar a valles de fondo plano o corredores que separan los yardangs (Laity, 1994; Breed et al., 1997) o a un drenaje difuso debido a la compartimentación de los yardangs en segmentos de menor dimensión (Ward y Greeley, 1984; Halimov y Fezer, 1989).

2.- Situación geográfica

La zona de estudio se encuentra localizada en el valle del arroyo Lopín, en la parte central de la Cuenca del Ebro del sector aragonés, que limita al norte con el valle del río Ginel y al este con la llanura de inundación del río Ebro (Figura 1). La zona de estudio corresponde con la mitad norte de la cuenca hidrográfica del arroyo Lopín. Topográficamente, se trata de una zona llana con una altura media de 260 msnm sobre la que destacan relieves tabulares más altos como el de la Lomaza o la Pedriza, 400 msnm. La zona engloba la Reserva del Planerón (Lugar de Interés Comunitario LIC “El Planerón” y Zona de Especial Protección para las Aves ZEPA “Estepa de Belchite, El Planerón y la Lomaza” e incluida en la Red Natura 2000).

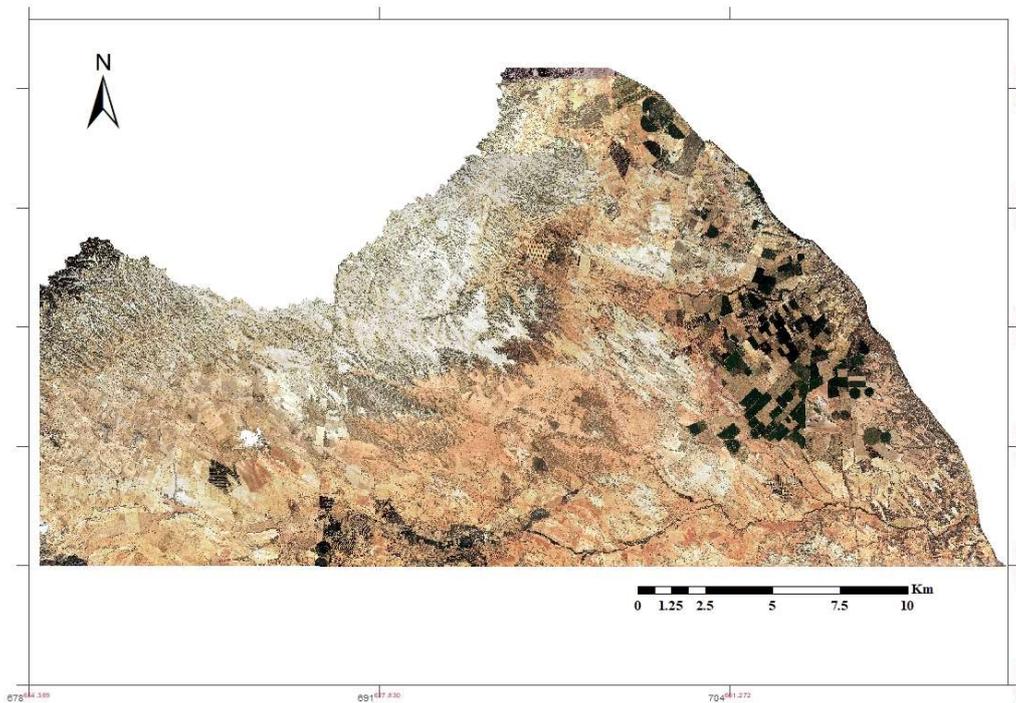


Fig. 1.-Ortofoto delimitada de la zona de estudio. Realizada mediante ArcGIS.

El clima es de tipo mediterráneo continental con tendencia semiárida, cuyas precipitaciones son de carácter estacional, siendo las más abundantes en otoño y primavera y las menos abundantes en invierno y verano. La precipitación media anual es de 300 mm distribuida en dos máximos pluviométricos. Eso, unido a una temperatura media anual de 15°C y una evapotranspiración potencial superior a los 800 mm hacen que se trate de una zona seca con déficit muy marcado en el balance hídrico.

El viento a su vez presenta dos direcciones dominantes, una de ONO, denominado Cierzo y otro de componente ESE Bochorno (Figura 2). Ambos son vientos secos, fríos el Cierzo y cálido el Bochorno, que ayudan a enfatizar el déficit hídrico. El Cierzo, además, tiene una gran capacidad como agente modelador debido a sus características. Fuertes rachas sostenidas de más de 70 km/h y una velocidad media de unos 20 km/h.

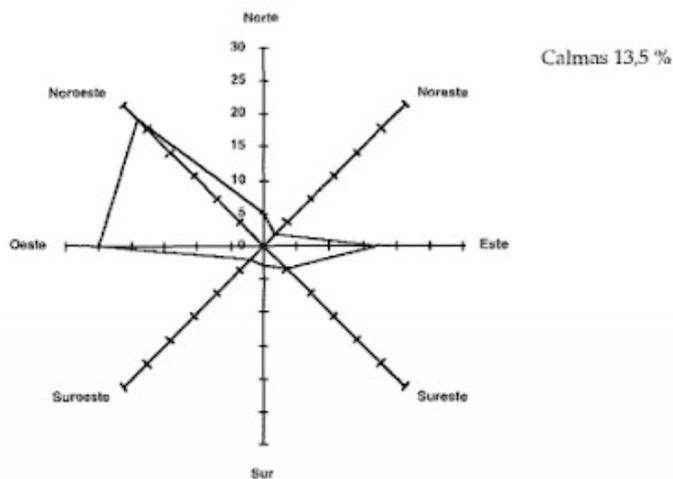


Fig. 2.- Rosa de frecuencia de los vientos dominantes en la zona de estudio registrados en la estación del aeropuerto de Zaragoza. Tomada de Longares (2004).

3.-Contexto geológico

La zona de estudio se encuentra en el sector central de la Cuenca del Ebro. Está compuesta mayoritariamente por materiales terciarios (Mioceno) que rellenan la cuenca con algunos pequeños paleorreliieves en los que afloran los materiales carbonatados del Jurásico Superior (Kimmeridgiense) en el sector SO de la hoja 412 de Pina de Ebro. Se trata de un paquete de calizas y margocalizas de la Formación Ritmita calcárea de Loriguilla y Calizas de Oncolitos de Higuera (Colomer, et al., 2006). Estas formaciones se encuentran formando pequeñas estructuras con una orientación E-O y N-S.

Sobre estos se encuentran de forma discordante los sedimentos pertenecientes desde el Oligoceno Superior hasta el Mioceno Superior (Vallesiense). Los materiales correspondientes a estas edades están constituidos por sedimentos de origen continental, fluvio-aluviales, procedentes del desmantelamiento de la Cordillera Ibérica, situados al sur y oeste de la zona estudiada. Los materiales detríticos se encuentran predominando en el sector O y se encuentran constituidos por conglomerados, areniscas y lutitas que evolucionan, hacia el noreste y hacia techo de la serie estratigráfica, intercalando depósitos carbonatados, margas y calizas de origen lacustre-palustre, y evaporítico, yesos y margas yesíferas, dominando los depósitos evaporíticos (Colomer, et al., 2006).

Con respecto a los sedimentos de edad cuaternaria, estos consisten principalmente en los niveles de terrazas, correspondientes al arroyo del Lopín, depósitos aluviales que recubren los fondos de los vales abarcando la mayoría del territorio en zonas de derrame, y también glaciares de tipo acumulativo localizados en la zona oeste.

En cuanto a la actividad tectónica, esta ha afectado a los materiales terciarios tanto de manera sinsedimentaria marcadas por discordancias entre los distintos episodios sedimentarios comprendidos entre el Oligoceno y el Mioceno, como postsedimentarias, y que se manifiestan

como la reactivación de fracturas más antiguas. Es destacable el control de la tectónica en la evolución y el trazado del arroyo Lopín. Esto es debido a la presencia de dos familias de estructuras tectónicas, una con dirección NE-SO y otra con dirección NO-SE (*Arlegui y Simón, 2000*).

El conjunto de estos factores litológicos y estructurales da lugar a un modelado con un marcado control estructural, con desarrollo de extensas superficies soportadas por los niveles calizos. El área septentrional, con mayor dominio de materiales yesíferos, se encuentra formado por relieves alomados disectados por las vales o valles de fondo plano.

4.-Objetivos

La finalidad de este trabajo es el estudio e identificación de las morfologías asociadas a la acción del viento, así como su caracterización y su interpretación en el sector central de la Depresión del Ebro. También se han puesto en valor estas formas eólicas mediante la posible propuesta de inclusión en el listado de Lugar de Interés Geológico (LIG) y/o otros de los espacios o figuras de protección presentes en el área de estudio. Se trata de realizar un análisis ambiental del área de estudio y de las zonas de especial conservación y protección que pueden dar lugar a la realización de un trabajo legislativo para llevar a cabo un Lugar de Interés Geológico (LIG).

5.-Metodología

La elaboración de este trabajo comenzó con una búsqueda proactiva sobre datos e información de una base bibliográfica en relación con la zona de estudio para realizar un análisis posterior.

Tras buscar información sobre la zona, se realizaron dos salidas de campo al área de estudio: (I) para el reconocimiento de las morfologías y las estructuras que se pueden encontrar, y (II) para visitar zonas con un mayor interés geológico y geomorfológico, y reconocer las zonas de yardangs, los blowouts, la presencia de morfologías antrópicas como canteras, o el humedal de la “Balsa del Planerón”.

Tras el reconocimiento en campo se ha pasado a la realización de diversos mapas mediante el programa ArcGIS. Entre estos mapas se encuentran: (I) Mapa Geomorfológico, en el que se han delimitado las geomorfologías de la zona de estudio. (II) Mapa de Yardangs, donde ese encuentra la disposición de estos y diferenciados en dos tipos. (III) Mapa de Unidades Homogéneas, donde se han agrupado las geomorfologías según sus características naturales y ambientales. (IV) Mapa de Zonas Protegidas, donde se ve reflejado las figuras y áreas de protección y conservación presentes en la zona de estudio. (V) Mapa de Procesos Activos, en el cual se han representado los riesgos por Colapsos, Viento y Erosión. (VI) Mapa de Susceptibilidad, en el que se han tenido en cuenta los Proceso Activos. (VII) Mapa de Vulnerabilidad, en el que se refleja la posibilidad de que se produzca algún evento causado por procesos hidro-geológicos. (VIII) Mapa de Conservación, donde se agrupan las zonas de protección, la vegetación y la protección de acuíferos. (IX) Mapa de Acogida, que es la capacidad del uso del suelo teniendo en cuenta la susceptibilidad, vulnerabilidad y conservación. Tras obtener todos estos mapas se ha realizado una discusión de los resultados.

Parte de la información que se ha obtenido para la realización de la cartografía y los diferentes mapas de protección se ha adquirido de los datos descargados de IDE Aragón, CNIG, CHEbro, y del IGME.

Para finalizar, se ha propuesto un Lugar de Interés Geológico (LIG) de la zona de los yardangs debido a su importancia, reflejada en los mapas. Para ello se han rellenado las diferentes tablas y se han realizado los cálculos que se encuentran en el apartado 7.2.3 mediante una hoja de cálculo.

6.-Análisis geomorfológico y valoración ambiental

6.1.-Análisis Geomorfológico

6.1.1.-Marco Geomorfológico

Geomorfológicamente, la zona de estudio se puede dividir en tres unidades o sectores que son coincidentes con la topografía y el desarrollo de la red de drenaje. Por un lado, y coincidiendo con las zonas más elevadas (400 msnm) se encuentran los relieves estructurales de plataformas y mesas. En general, son de carácter tabular, pero en las zonas donde aflora el basamento jurásico conforman pequeños relieves residuales superficiales de erosión. En la zona intermedia, donde afloran mayoritariamente los materiales arcillosos, se encuentra la zona de transición hacia niveles de base, que constituye una amplia zona de derrame que enlaza hacia el oeste con la terraza (T6) del Ebro (200 msnm) y al sur con el arroyo Lopín (145 msnm). En ella se reconocen formas ligadas al drenaje, valles de fondo plano, y a la acción del viento, blowouts, nebkhas y yardangs. Los campos de yardangs que se labran sobre materiales yesíferos presentan una dirección dominante N130-150E. En el este de la zona, el modelado está controlado por una amplia red de drenaje de patrón detritico que a su vez se ve afectado por las lineaciones debidas al diaclasado de dirección N20-30E y N140-150E. Estas vales disectan y compartimentan los glaciares que se han desarrollado en el sector noroccidental partiendo de los relieves tabulares de La Pedriza hacia el norte y de El Sillero al NO. El principal drenaje de la zona de estudio es el arroyo Lopín situado al sur de la zona y que marca el límite meridional de la misma.

Todas estas formas están representadas en el Mapa Geomorfológico que se encuentra en la Figura 3 y en un formato mayor en el Anexo 1.

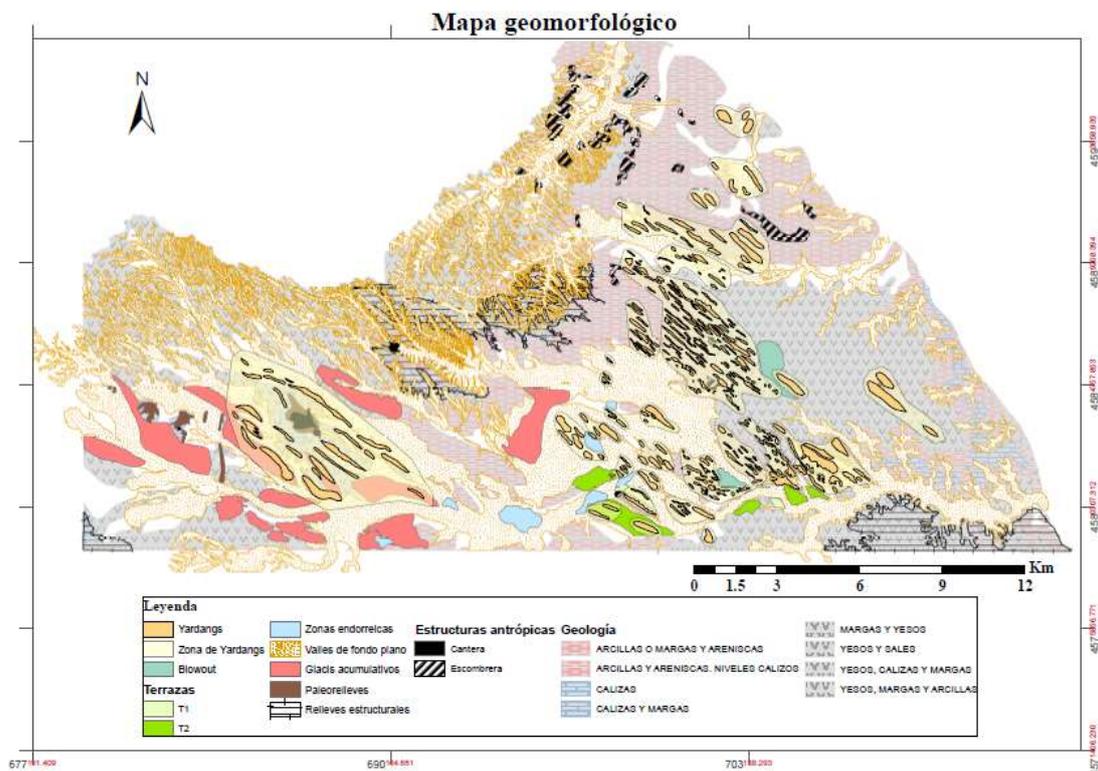


Fig. 3.- Mapa Geomorfológico de la cuenca del arroyo Lopín. Realizado mediante ArcGIS.

6.1.2.- Análisis Geomorfológico

Modelado estructural

Como ya se ha señalado en el marco geomorfológico, los relieves estructurales de las calizas y yesos terciarios se encuentran en el margen norte. Se trata de relieves de graderío que destacan sobre la zona intermedia y que dan lugar a mesas y plataformas de escasa extensión y bastante compartimentados por la red de drenaje.

Situados al oeste de la zona se encuentran varios paleorrelieves que corresponden a pequeños afloramientos de las unidades jurásicas del Kimmeridgiense. Se puede observar que algunas de estas morfologías han sido o están siendo afectadas por canteras donde se están explotando las calizas de la Fm. Calizas con oncolitos de Higuieruelas.

Finalmente, en el sector sur también aparecen unos relieves estructurales formados sobre las litologías yesíferas y arcillosas, de menor relieve que los citados anteriormente y que están ligados a la evolución, encajamiento y migración hacia el sur del arroyo Lopín.

Modelado fluvial

Como ya se ha señalado, el área de estudio está drenada por dos cauces principales. Si bien por un lado el Ebro, el principal y más importantes, solo aparece representado en el extremo este por un único nivel de terraza (T6), la cual se ha tomado como límite de la zona, por el otro lado se tienen las formas fluviales asociadas al arroyo Lopín. Se han diferenciado dos niveles de terrazas, aunque hay autores que reconocen hasta 6 niveles (*Artieda, 2004*). En la mayoría de los casos se trata de afloramientos de escasa continuidad, lo que dificulta en muchos casos la identificación de los niveles.

Como ya se ha señalado, la red de drenaje conforma el modelado de mayor extensión. Se encuentra formada por una serie de valles de fondo plano o vales, los cuales cubren todo el área aunque se encuentran especialmente localizados en el sector N-NO. Estos están constituidos por sedimentos limo-arcillosos, aunque también presentan aportaciones eólicas en el relleno limoso (*Colomer, et al., 2006*). La dirección de las vales presenta un predominio direccional lineal que a su vez se ve influenciada por la dirección del viento N130-90E. Esta dirección lineal es debido a la tectónica de la zona que viene dominada por diaclasas que presentan una dirección N140-150E.

En esta zona del Barranco del Lopín también se encuentran algunas zonas endorreicas ligadas al fondo de las vales y que presentan depósitos con cierto contenido en sales, como así lo indican la presencia de vegetación con carácter halófilo que se encuentra en la superficie. Este tipo de zonas están ligadas a encharcamientos estacionales en época de fuertes precipitaciones, lo que les da un funcionamiento estacional. El humedal de la “Balsa del Planerón” también corresponde a una zona endorreica que destaca por su singularidad al ser un punto de interés ornitológico y que constituye una gran reserva de aves de tipo estepario como las avutardas (*Colomer, et al., 2006*).

Modelo Poligénico

En el sector oeste se puede observar la presencia de glaciares acumulativos que se encuentran disectados y compartimentados por los valles de fondo plano. Estos se relacionan con procesos de arroyada difusa y en manto, los cuales arrastran los materiales de las laderas derramándolos por el piedemonte (*Pellicer y Echevarría, 1989*).

Modelado eólico

El modelado eólico viene marcado por las formas de mayor escala como son los yardangs y los blowouts presentes. Los primeros se agrupan en dos tipos, los yardangs localizados al N-E, cuyas formas y dimensiones están controlados por el diaclasado y el viento, y los localizados al S-O que vienen controlados por la red de drenaje. Lo mismo ocurre con los blowout o cubeta de deflación, siendo los de mayor tamaño los que se encuentran al pie de los relieves tabulares de La Pedriza. Algunos de ellos se encuentran en la actualidad encharcados cuando intersectan el nivel freático local, y otros han sido capturados por la red de drenaje actual siendo más difícilmente reconocibles. En general, aparecen en el extremo de sotavento de los yardangs y pueden tener asociadas nebkhas que pueden alcanzar escalas métricas. La descripción más detallada y su interpretación puede encontrarse en el apartado 7.1.

Modelado antrópico

También se pueden observar algunos modelados antrópicos relacionados con canteras y escombreras debido a la extracción principalmente de yesos y calizas en la zona, lo que modifica en algunos sectores el modelado principal de las formas geomorfológicas, afectando principalmente a las vales y a los yardangs.

6.2.-Análisis Ambiental

La zona de estudio es un entorno de marcada singularidad desde el punto de vista medioambiental, y en él destacan zonas de gran valor e interés tanto por su grado de conservación como de protección.

Consta de varias figuras y zonas de protección tales como la ZEPA de “Estepas de Belchite – El Planerón – La Lomaza”, el LIC de “El Planerón” o ámbitos de protección tanto avifaunísticos como de flora. También se encuentra el humedal de la “Balsa del Planerón”, que como se ha mencionado antes constituye un lugar singular desde el punto de vista ornitológico.

Su distribución y el tipo de figura se puede ver en detalle en el Mapa de Zonas Protegidas elaborado para este estudio que se encuentra en el Anexo 2.

Para poder elaborar una ordenación del territorio más precisa se ha realizado un Mapa de Unidades Homogéneas (Anexo 3) mediante las características naturales y ambientales de las morfologías que conforman la zona de estudio. Dentro de las unidades homogéneas se han diferenciado los valles de fondo plano, los glacis acumulativos, los paleorreliques, los relieves estructurales, las terrazas, las zonas endorreicas, el modelado eólico y el modelado antrópico.

La susceptibilidad y vulnerabilidad de la zona de estudio se ha analizado partiendo en primer lugar del Mapa de Procesos Activos (Figura 4 y Anexo 4), donde se ha tenido en cuenta los principales riesgos de la zona que corresponden a colapsos, vientos y erosión.

Los riesgos por colapso más altos vienen relacionados con los relieves estructurales situados al norte donde el relieve presenta mayor graderío, así como el riesgo intermedio que se encuentra también asociado a esta zona. En cambio, en la zona más intermedia se puede observar que el riesgo no es tan importante, presentando una tendencia baja.

Con respecto al viento, este presenta un riesgo alto-moderado en toda la zona, siendo especialmente importante en relieves altos como El Planerón. Esto evidencia que la acción de este agente modelador es importante en este sector, y que es un factor que hay que tener en cuenta a la hora de estudiar el modelado.

En el caso de la erosión, su riesgo es moderado en la mayor parte del sector, siendo baja en las zonas correspondientes a las vales y alta en algunos focos situados en los relieves altos hacia el O, y sobre todo hacia el SE, coincidiendo con las zonas de derrame hacia la Depresión del Ebro y hacia el Barranco del Lopín.

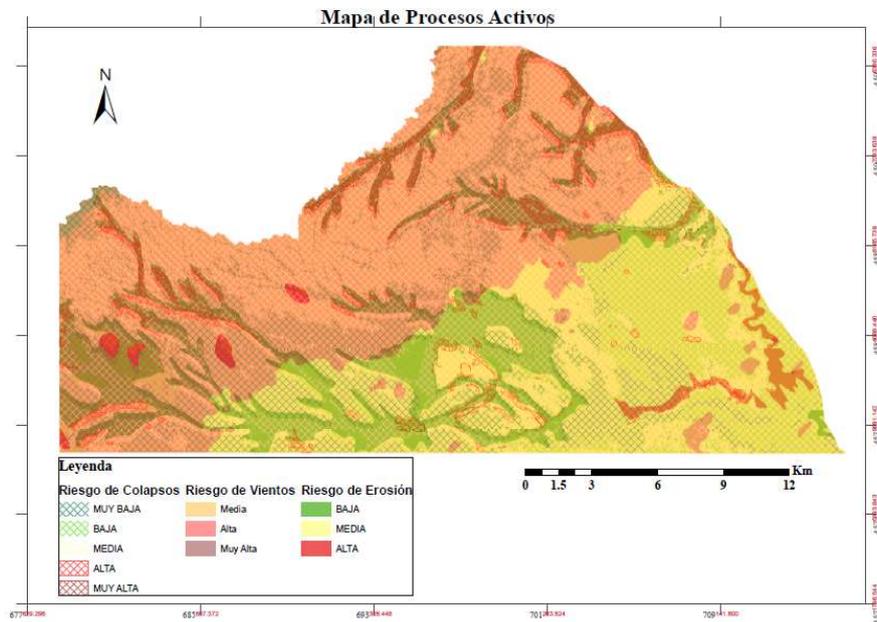


Fig. 4.- Mapa de Procesos Activos de la zona de estudio. Realizado mediante ArcGIS. Para su elaboración se ha tenido en cuenta el Mapa de Riesgo por Colapsos, el Mapa de Riesgo por Vientos y el Mapa de Riesgo por Erosión.

En el Mapa de Susceptibilidad (Figura 5 y Anexo 5) se observa como la susceptibilidad es alta en los relieves tabulares altos que se encuentran diseccionados por las vales, y en las zonas de derrame intermedias, que se localizan a lo largo de todo el sector de estudio, como a las asociadas a la Depresión del Ebro y el Barranco del Lopín. También estas zonas de derrames suele presentar una susceptibilidad intermedia así como parte del Barranco del Lopín. La susceptibilidad baja en cambio se encuentra asociada al fondo de las vales.

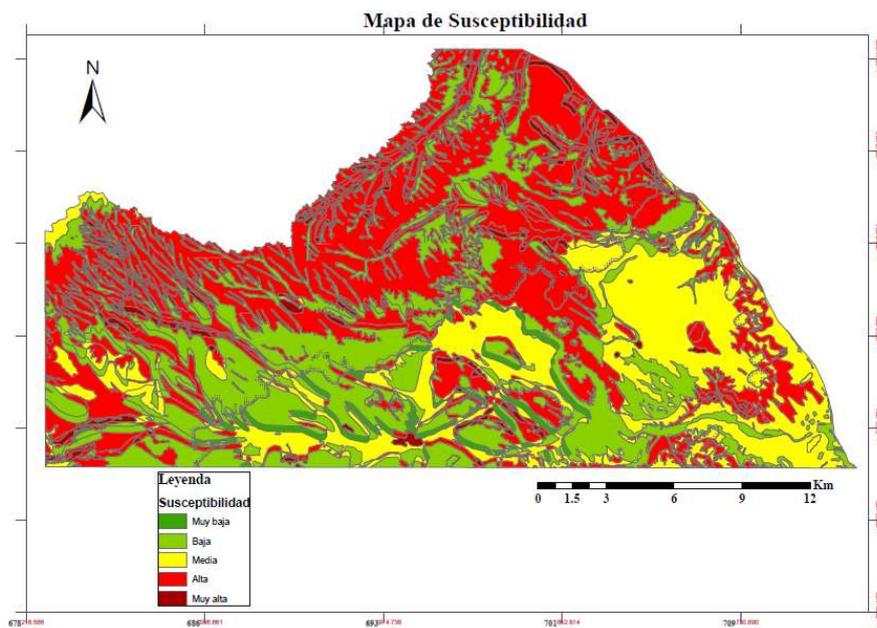


Fig. 5.- Mapa de Susceptibilidad de la zona de estudio. Realizado mediante ArcGIS. Para la elaboración de este mapa se ha tenido en cuenta el Mapa de Procesos Activos.

Para valorar la fragilidad de esta zona, se ha planteado la realización de una cartografía que refleje las zonas con una menor necesidad de actuación y con un mayor valor medioambiental. El resultado se plasmó en el Mapa de Conservación (Figura 6 y Anexo 6). De este modo, las zonas de conservación muy altas y altas son aquellas donde convergen varias zonas de protección ya existentes, mientras que las zonas de conservación bajas o muy bajas son debido a la escasa protección en esas áreas.

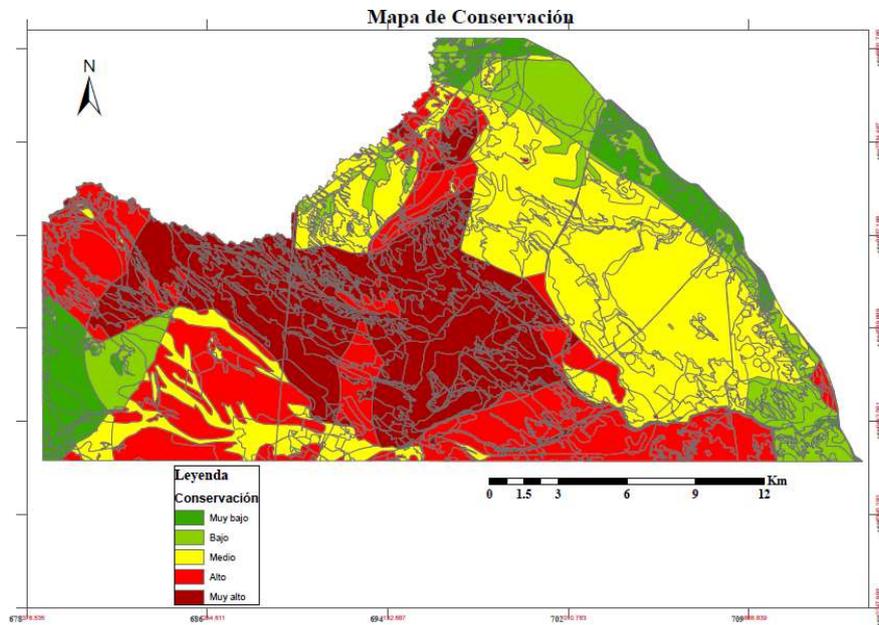


Fig. 6.- Mapa de Conservación de la zona de estudio. Realizado mediante ArcGIS. Para elaborarlo se ha tenido en cuenta el Mapa de Zonas Protegidas, la vegetación de la zona y la protección de acuíferos.

Con respecto a la vulnerabilidad, se puede observar mediante el Mapa de Vulnerabilidad (Figura 7 y Anexo 7) que esta es muy alta en los fondos de las vales, así como en las zonas de derrame, y alta en los focos asociados a riesgo por erosión en los relieves altos y en la zona de derrame del Barranco del Lopín. Por otro lado, las zonas intermedias presentan una vulnerabilidad intermedia, y los relieves tabulares presentan una vulnerabilidad baja.

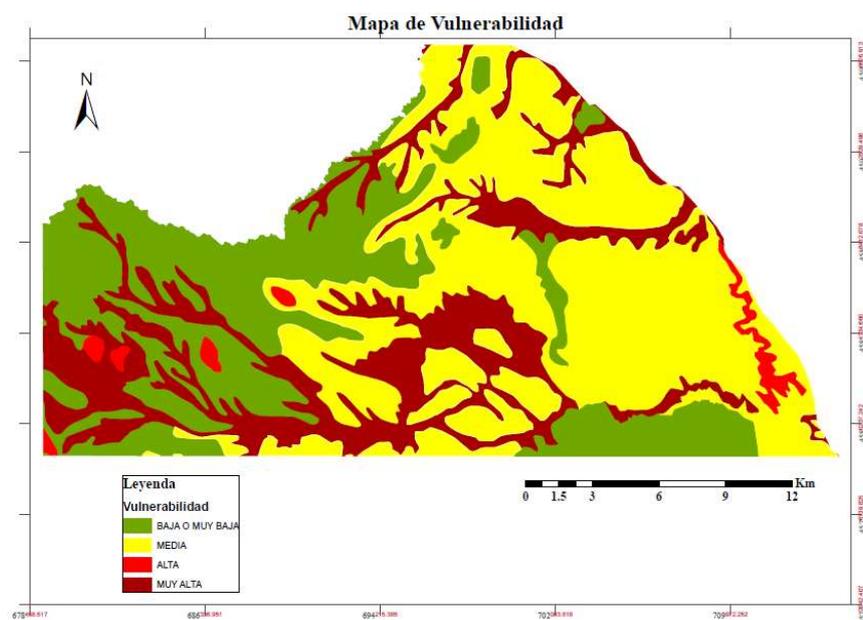


Fig. 7.- Mapa de Vulnerabilidad de la zona de estudio. Realizado mediante ArcGIS.

Finalmente, y de cara a establecer un uso racional del territorio y limitar el desarrollo de determinado tipo de actividades en las zonas especialmente vulnerables y/o en las zonas especialmente protegidas, se ha llevado a cabo un mapa de Capacidad de Acogida del territorio (Figura 8 y Anexo 8).

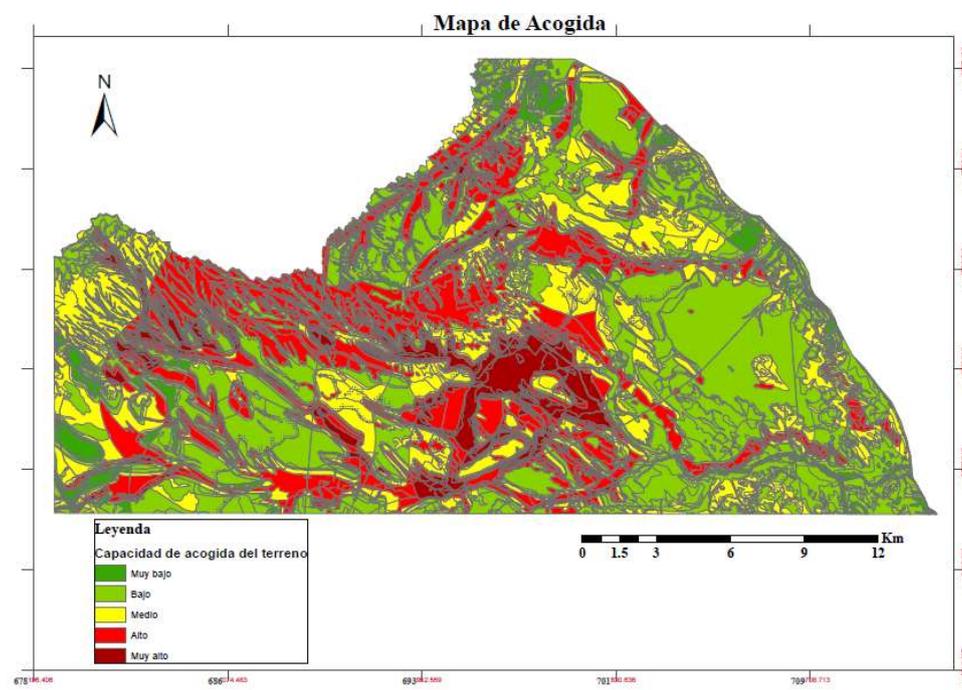


Fig. 8.- Mapa de Capacidad de Acogida de la zona de estudio. Realizado mediante ArcGIS. Para elaborarlo se ha tenido en cuenta el Mapa de Susceptibilidad, Vulnerabilidad y Conservación.

6.3.-Discusión

Las zonas de protección presentan en algunas áreas una alta vulnerabilidad debido a la presencia de canteras y escombreras, a parte de la degradación del terreno por las zonas de cultivo al haber más demanda y ampliación de zonas de regadío. Esto ha generado una fuerte antropización del terreno, y como consecuencia su degradación y pérdida del suelo y de la biodiversidad. No solo hay escombreras puntuales que han sido señaladas debidamente en el Mapa Geomorfológico (Anexo 1), como modelados antrópicos, sino que se ha observado que a lo largo de todo el sector se encuentran pequeños focos donde se han depositado partes de escombros, la mayoría asociados a nódulos de yeso, algo que afecta al paisaje de la zona. Esto sumado a los agentes naturales como la red fluvial o la acción del viento genera que no se pueda establecer una conservación y protección adecuada, como así establecen las figuras de protección.

Por ello se ha realizado una propuesta LIG para la protección y conservación de los modelados asociados a la acción del viento, no solo como una suma para apoyar y amparar a las zonas de protección sino por su carácter e importancia científica a nivel geológico y geomorfológico, como así se describen en el apartado que viene a continuación, 7.1.

7.- Acción del viento

7.1.-Descripción de las formas asociadas al viento

A partir del análisis geomorfológico, se han diferenciado 3 tipos de formas asociadas a la acción viento: yardangs, nebkhas y blowouts.

Yardangs

Son relieves alargados formados por la meteorización de las capas de arcillas impermeables que deterioran los niveles de yesos, de forma que solo se observan los niveles de arcilla con yesos en la parte superior (Figura 9 y Anexo 1). El yeso está formado por microagregados debido a la microporosidad que presenta este, lo que hace que sea muy meteorizable. Corresponden a meso-mega yardangs presentando una altura media entre 2 a 4 metros, con una longitud y anchura muy variable. En el caso de su longitud podemos encontrar yardangs de dimensiones kilométricas, de hasta 3 km, a métricas, de 50 m, teniendo una longitud media en torno a 1 km. Con respecto a su anchura pueden presentar unas dimensiones de 50 m e incluso hasta los 500 m, estando la media en los 150 m. Las morfologías que presentan son de tipo crestas alargadas, lomos de ballena (whalebacks), mesas y conos (*Halimov y Fezer, 1989*).

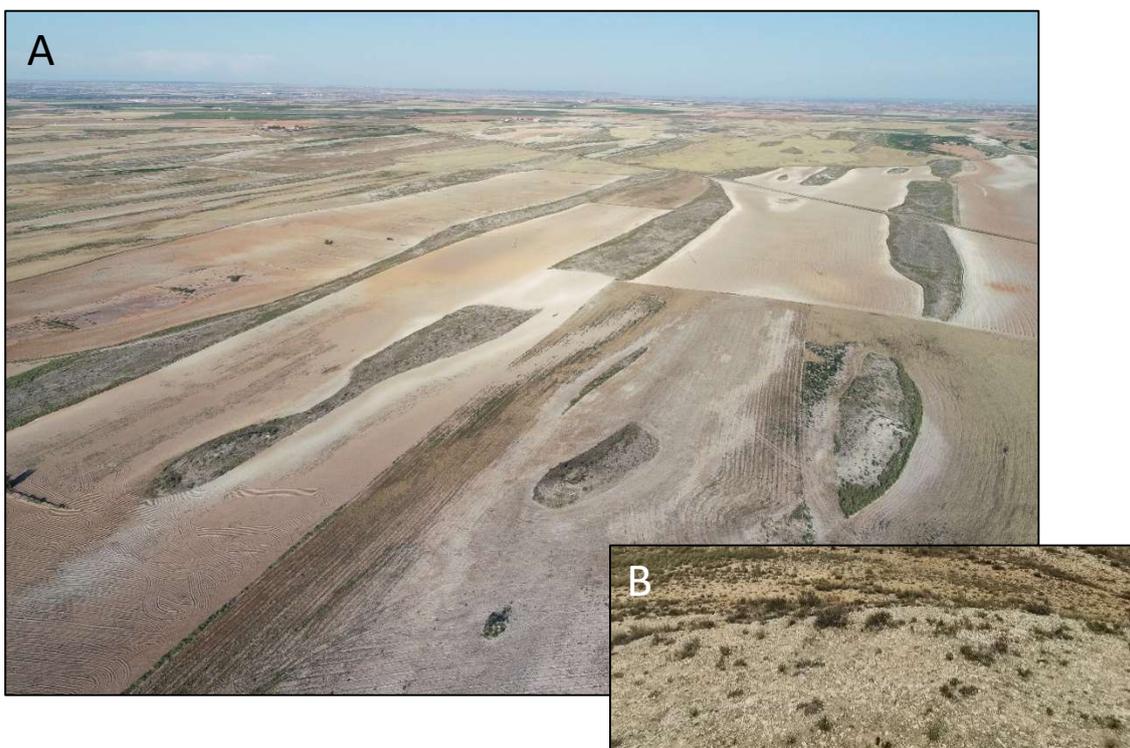


Fig. 9.- A. Fotografía aérea de los Yardangs. Realizada mediante dron.
B. Fotografía en detalle de los yesos que lo forman.

Dentro de los yardangs se han diferenciados dos tipos (Figura 10 y Anexo 9):

- **Yardangs sobre yesos:** este tipo de morfologías rocosas se caracterizan por haberse labrado sobre yesos y presentar un relieve muy alargado y estrecho, dando lugar a formas tabuladas donde el tronco estructural se encuentra muy marcado. También se destaca su tendencia a presentar una distribución más agrupada. Afloran en el sector este de la zona de estudio, y son formas muy regulares con una clara distribución espacial más coincidente con la dirección del viento que con la dirección principal de los lineamientos de la zona.
- **Yardangs sobre arcillas:** este tipo de morfologías están formadas por yesos de escasa potencia que destacan sobre la base de las litologías arcillosas. Presenta un relieve más acortado y ancho, dando lugar a formas abarquilladas. Este tipo de forma se produce sobre los afloramientos aislados y discontinuos de los yesos, que se encuentran dispersos sobre las facies arcillosas en las zonas de cambio lateral entre ambas facies.

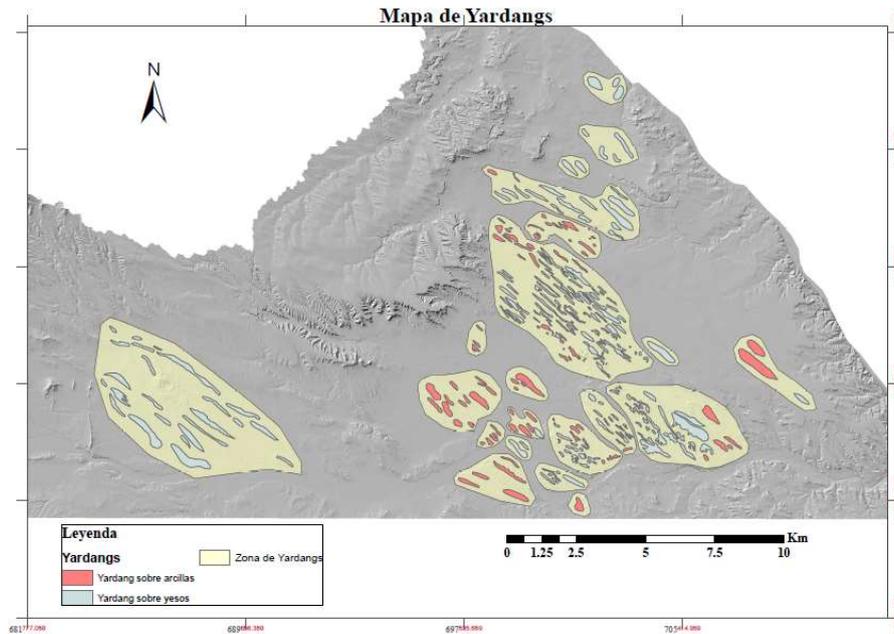


Fig. 10.- Mapa de Yardangs localizados en la zona de estudio donde se diferencian los dos tipos de yardangs: Yardangs sobre yesos (Gris) y Yardangs sobre arcilla (Rojo). Realizado mediante ArcGIS.

La disposición de los yardangs a lo largo de la zona de estudio también presenta características diferenciales. Los yardangs localizados al NE se encuentran constituidos por crestas y correderos que han sido generados por la erosión del viento. A su vez presentan una orientación que coincide con el rumbo del diaclasado N140-150E (Figura 11), siendo esta la dirección predominante en este lugar. Más al sur y al oeste, la disposición de los yardangs está influenciada por la red de drenaje presentando una orientación N130-140E. En esta zona el viento se encuentra influenciado por los corredores ya preexistentes formados por la red de drenaje. Este se encaja y fluye entre ellos modelando también a su paso los yardangs de este sector.

Otro factor implícito en la zona es el efecto de aceleración del viento que se produce como consecuencia del cambio abrupto en la topológica debido al relieve estructural correspondiente a “El Planerón”. Esto es debido al efecto de la propia pendiente que genera un aumento de las turbulencias del viento, dando lugar al llamado efecto relieve.

Nebkhas

Son relieves alomados de dimensiones métricas a decimétricas que se encuentran situados dentro del Blowout al este (Figura 13). Se han originado por la presencia de sal que ha producido haloclastismo en las arcillas generando un abombamiento por crecimiento de los cristales de sal en los poros y produciendo la formación de las nebkhas mediante la acción del viento.

La presencia de estas estructuras es un indicativo de la dominancia de la acción del viento en esta zona. Este tipo de morfologías siempre suele estar asociada a la vegetación, como se puede observar en la Figura 12. A su vez, su desarrollo ha sido asociado a la protección de oasis y campos de cultivo (Zou et al., 2016), al aumento de la aridez (Melton, 1940), con la desertificación

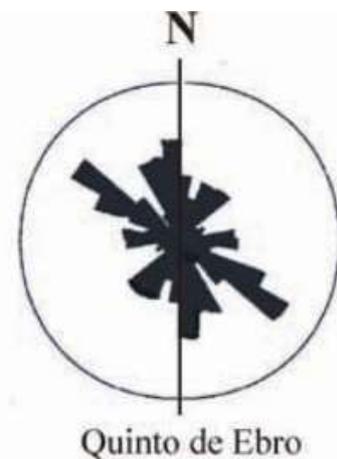


Fig. 11.- Rosas de diaclasas del área de Quinto de Ebro, Depresión del Ebro (Marín et al., 2011).

(Nickling y Wolfe, 1994; Wang et al., 2006) y a cambios producidos por el humano en pastizales (Rango et al., 2000).



Fig. 12.- Fotografía en detalle de las Nebkhas.

Blowouts

Es una depresión de deflación producida por la acción del viento que suele generarse en zonas áridas o semiáridas (Figura 13). Se encuentran dos blowout, uno al este determinado por la acción del viento y otro al sur que se encuentra capturado por la red de drenaje debido a un rebajamiento por escorrentía. Este tipo de estructuras es otro indicador de la presencia de la acción del viento, pues estas estructuras son consecuencia de la erosión y deflactación generadas por el viento.



Fig. 13.- Fotografía aérea de la zona de estudio donde se encuentra delimitada en rojo aproximadamente el contorno del Blowout en la cual se localizan las Nebkhas. Realizado mediante ArcGIS.

7.2.-Propuesta LIG

7.2.1.-Bases para la justificación de la propuesta

Debido a la singularidad e importancia de las formas asociadas al viento en esta zona, se ha considerado hacer una propuesta de estos modelados como un punto de interés geológico, que además de fomentar su conocimiento también establezca una figura y a su vez acciones para protegerlos. Dicha afirmación viene respaldada por la diferentes figuras de protección y especial conservación, como los LICs, ZEPA o AC, que se encuentran en la zona de estudio llegando a ser coincidentes geográficamente. Por ello se ha realizado este apartado como una simulación de la posible propuesta de las áreas de los Yardangs como Lugar de Interés Geológico.

También es importante señalar que aunque la siguiente simulación está basada y sigue las recomendaciones y pautas marcadas en la guía para la elaboración de la propuesta de LIG (*García-Cortés y Carcavilla, 2013*), se trata de un trabajo académico cuya finalidad es aprender el correcto procedimiento para poder elaborar y proponer un LIG.

Los Lugares de Interés Geológico son aquellas áreas, que por su carácter único y/o representativo, sirven para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos españoles, incluyendo los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica. Estas deberán mostrar, de manera suficientemente continua y homogénea en toda su extensión, una o varias características notables y significativas del patrimonio geológico de una región natural. Así viene recogido en el marco legislativo de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

El desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad viene establecido por el Real Decreto 556/2011, en el que se regulan las bases para definir y describir cualquier entidad susceptible de ser incluida en ese Inventario. Es por ello, y tomando como base la Ley 42/2007 y el Real Decreto 556/2011, que el IGME elabora la guía/documento metodológico para la elaboración de Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). En dicha guía se recogen la metodología y los parámetros en los que se debe basar la propuesta de una entidad o zona como Lugar de Interés Geológico (de ahora en adelante LIG). Así pues, para la descripción y valoración de un LIG, atendiendo a sus valores intrínsecos y ligados a la potencialidad de su uso de acuerdo con su interés científico, didáctico y turístico-recreativo, se propone el uso de una tabla en la se exponga la clave de los valores y el parámetro del mismo junto con una pequeña descripción (Tabla 1).

7.2.2.-Fundamentos teóricos para la propuesta del LIG en Yardangs

El proceso de propuesta de un área como LIG lleva implícito una serie de fases que comienzan con la selección preliminar del lugar que se pretende incorporar al inventario. A continuación el desarrollo del proceso que se divide en diferentes etapas o fases:

- Fase Previa: formulación del problema y selección de expertos.

Esta fase consta de la elección de un panel de expertos para la elaboración de un análisis previo de los elementos del patrimonio geológico en el dominio geológico determinado. De esta forma deben tener capacidad previsoras y poseer conocimientos sobre el tema consultado.

Para poder cubrir todas los parámetros a estudiar es necesario que haya un número específico de expertos por cada especialidad. Se recomienda que para cada especialidad haya un número de expertos superior a siete, o al menos dos, sino es posible tal cantidad. Así pues el total de expertos

implicados nunca debe ser inferior a 30, con un máximo de 112 expertos y una cifra mínima de 32.

En este caso, al ser un trabajo personal, solo se ha contado con mi perspectiva y mis conocimientos adquiridos a lo largo del Grado de Geología, atendiendo a cómo sería el procedimiento correcto para poder elaborar y proponer un LIG.

Tabla 1.- Parámetros de valoración de los Lugares de Interés Geológicos y clase de valoración al que corresponden.

| CLASE DE VALOR | PARAMETRO DE VALORACIÓN | DESCRIPCIÓN |
|---------------------|--|---|
| INTRÍNSECO | Representatividad | informa sobre la cualidad del lugar para ilustrar adecuadamente las características del dominio |
| | Carácter de localidad tipo o de referencia | Informa sobre la cualidad del lugar como referencia estratigráfica, paleontológica, mineralógica, etc. |
| | Grado de conocimiento científico del lugar | Indica que la relevancia geológica e interés científico lo hacen objeto de publicaciones y estudios científicos |
| | Estado de conservación | Informa de la existencia de deterioro físico del rasgo |
| | Condiciones de observación | Indica la mayor o menor facilidad que ofrece el entorno para observar el rasgo |
| | Rareza | Informa sobre la escasez de rasgos similares al descrito |
| | Diversidad geológica | Informa de la existencia de varios tipos de interés geológico en el mismo lugar |
| | Espectacularidad o belleza | Informa de la calidad visual del rasgo |
| INTRÍNSECO Y DE USO | Contenido divulgativo / uso divulgativo | Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la divulgación o ya se utiliza para este fin |
| | Contenido didáctico / uso didáctico | Indica si el rasgo se presta con mayor o menor facilidad a la docencia o ya se utiliza para este fin. |
| | Posibles actividades a realizar | Informa sobre si el lugar cumple las condiciones para la realización de actividades de ocio o recreativas, o si ya se utiliza para este fin. Ligado también a la potencialidad de uso |
| DE USO | Infraestructura logística | Informa sobre la existencia de alojamientos y restaurantes |
| | Entorno socioeconómico | Informa sobre las condiciones socioeconómicas de la comarca, que pueden favorecer la utilización del lugar como factor de desarrollo local |
| | Asociación con otros elementos del patrimonio natural, histórico o etnológico (tradiciones). | Informa si el lugar goza además de otros elementos de interés no geológico, lo cual puede atraer un mayor número de visitantes |
| DE USO Y PROTECCIÓN | Densidad de población | Ligado al número potencial de visitas pero, por contra, a la mayor posibilidad de actos de vandalismo |
| | Accesibilidad | Como el anterior, ligado a una mayor facilidad para el acceso de visitantes pero, en contra, a una mayor facilidad para los actos de vandalismo |
| | Fragilidad | Indica la vulnerabilidad intrínseca del lugar, bien por sus dimensiones, su litología o su naturaleza (yacimientos paleontológicos o mineralógicos) |
| | Cercanía a zonas recreativas | Indica la presencia de zonas de recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado tanto al número potencial de visitas y, por contra, a una mayor posibilidad de actos de vandalismo |

- Segunda fase: lanzamiento del cuestionario (primera consulta) y tratamiento de la información.

Una vez elaborado el listado de los expertos que van a colaborar en la realización del LIG se les contacta e informa sobre el proyecto, la realización de un cuestionario y el carácter anónimo de la consulta. Este cuestionario se elabora con el objetivo de minimizar los errores propuesta de una encuesta, por eso cuenta con preguntas precisas, calificables y orientadas al objetivo general.

Este cuestionario consta de tres bloques, además de una ficha con los datos del experto en cuestión. El bloque 1 tiene como objetivo valorar la sensibilidad geocoservacionista del experto y evaluar su coherencia. El bloque 2 pretende con todos los cuestionarios que se devuelvan cumplimentados se obtenga una relación de posible LIC. Y con el bloque 3, junto con la autopuntuación del grado de conocimiento del bloque 2, se pretende suministrar una orientación sobre el grado de conocimiento personal del lugar propuesto por el experto y sobre la relevancia de estos a nivel nacional e internacional.

En este caso, y siguiendo la simulación de la propuesta, estos cuestionarios han sido realizados y cumplimentados en el Anexo 10, atendiendo al estudio realizado previamente de la zona y con criterio científico.

Este formulario, una vez finalizado, debe pasar por el coordinador del proceso, el cual recopilará y analizará las respuestas elaborando una lista de los LIGs propuestos por los expertos, el motivo por el que han sido propuestos y una descripción del lugar.

- Tercera Fase: lanzamiento de la segunda ronda y tratamiento de la información.

En esta fase se pretende hacer partícipes a los expertos que han colaborado de la información recopilada a través del primer cuestionario, así como consolidar los resultados obtenidos en esa primera ronda y obtener una lista ordenada de los lugares mejor evaluados por los expertos, pudiendo así hacer una selección de los LIGs a considerar en las fases sucesivas del proyecto.

Con todo esto se quiere conseguir procediendo de la siguiente manera mediante el envío a los expertos de un resumen elaborado con las respuestas a las preguntas no personales del primer cuestionario (listado de lugares, descripción sucinta y motivos de su selección). Tras esto se les solicita que evalúen con 20, 15, 10, 5 ó 0 puntos, todos los lugares propuestos que conozcan y que expresen con una ‘S’ su desconocimiento sobre los restantes. También pueden argumentar sus desacuerdos sobre algún lugar propuesto. Una vez realizados estos cuestionarios correspondientes a la segunda ronda, se vuelven a rehacer los listados de los lugares propuestos y se calculan los valores estadísticos de estos. Se elabora un informe final con las conclusiones obtenidas y se seleccionarán los LIG en dos agrupaciones. Un primer grupo formado aproximadamente por el tercio de lugares mejor puntuados y que pasarán a formar parte del IELIG. Un segundo grupo que será el más numeroso de LIG de interés local, del cual se descartarán aquellos que no hayan superado un mínimo nivel del consenso (puntuaciones medias inferior a 5). Finalmente, se intenta cuantificar el denominado “grado de estabilidad” alcanzado tras las dos rondas y grado de consenso, el cual se quedará recogido en el informe final.

Una vez recibida la información de la segunda ronda se pretende hacer una consulta al grupo de expertos, junto al equipo de trabajo formado por el personal del IGME y de la CCAA que voluntariamente han deseado participar. En este procedimiento se realiza una recopilación de datos y documentos para poder completar la caracterización y descripción de cada LIG de la lista preliminar junto a los datos recogidos del campo. Estos datos son recogidos en unas fichas descriptivas donde se ha tenido en cuenta el Inventario del Puntos de Interés Geológico del IGME, el Inventario de Lugares de Interés Hidrogeológico de Andalucía, los inventarios de las Comunidades Autónomas de Andalucía y Cataluña así como los de Francia, Italia, Reino Unido, Suiza y la del Proyecto Global Geosites de IUGS.

Tras rellenar las fichas descriptivas se pretende realzar una base de datos con la información recogida en ellas. Esta base de datos se podrá consultar libremente, salvo información confidencial, tanto en la página web del IGME como en el portal del Ministerio del Medio

Ambiente, Medio Rural y Marino y en el de la Infraestructura de datos espaciales de España (IDEE).

7.2.3.-Simulación LIG modelado eólico

En este caso, se ha tomado como referente los modelados generados por el viento. Estos modelados representan una gran extensión de la zona de estudio y aparecen representados por varias formas, entre las que destacan por sus dimensiones y presencialidad los yardangs. Además de estas formas erosivas mayores, aparecen asociadas otras formas erosivas como son los blowouts e incluso formas ligadas a los procesos de acumulación como son las nebkhas o dunas obstaculizadas por la vegetación. Al ser los yardangs las estructuras más importantes de la zona de estudio, las correspondientes fichas y valoración se han realizado teniendo como principal objeto los yardangs.

Los datos y resultados presentados a continuación han sido realizados de forma exclusiva para este trabajo.

Con toda la información recopilada de las fases previas, se ha procedido a valorar el LIG propuesto. Para ello se ha realizado la Tabla 2 atendiendo a una valoración de 0 a 4 para cada uno de los parámetros con respecto a su interés en los tres posibles usos (científico, didáctico y turístico-recreativo), teniendo como referente los baremos del Anexo 11. A raíz de estos valores se ha elaborado la Tabla 3 que son el resultado de una ponderación mediante el cuadro de valoración del Anexo 12 y el sumatorio de todos los valores atribuidos a cada parámetro. De este modo, respecto a su uso científico al obtener valores de más de 267 puntos este lugar será de interés muy alto, y con respecto a su uso didáctico y turístico-recreativo al presentar ambos unos valores entre 134 y 266 este será un lugar de interés alto. Con estos valores cabría esperar que se tuviera en especial consideración la propuesta de LIG para el IELIG.

Tabla 2.- Parámetros de valoración del interés del LIG. Más detalles en el Anexo 11.

| Parámetros de valoración | Puntos |
|---|---------------|
| Representatividad | 4 |
| Carácter localidad tipo | 2 |
| Grado de conocimiento científico del lugar | 4 |
| Estado de conservación | 2 |
| Condiciones de observación | 4 |
| Rareza | 1 |
| Diversidad geológica | 2 |
| Contenido didáctico/uso didáctico | 2 |
| Infraestructura logística | 2 |
| Densidad de población | 1 |
| Accesibilidad | 1 |
| Tamaño del LIG (relacionado con la no fragilidad) | 2 |
| Asociación con elementos eco-culturales | 4 |
| Espectacularidad o belleza | 2 |
| Contenido divulgativo/uso divulgativo | 2 |
| Potencialidad para realizar actividades | 2 |
| Cercanía a zonas recreativas | 1 |
| Entorno socioeconómico | 4 |

Tabla 3.- Coeficientes de ponderación utilizados para cada parámetro en función del tipo de interés a valorar (científico, didáctico y turístico-recreativo). Más detalles en el Anexo 12.

| Parámetros | Interés a valorar | Científico | Didáctico | Turístico o recreativo |
|---|-------------------|------------|------------|------------------------|
| | | Peso | Peso | Peso |
| Representatividad | | 120 | 20 | 0 |
| Carácter localidad tipo | | 20 | 10 | 0 |
| Grado de conocimiento científico del lugar | | 60 | 0 | 0 |
| Estado de conservación | | 20 | 10 | 0 |
| Condiciones de observación | | 40 | 20 | 20 |
| Rareza | | 15 | 5 | 0 |
| Diversidad geológica | | 20 | 20 | 0 |
| Contenido didáctico/uso didáctico | | 0 | 40 | 0 |
| Infraestructura logística | | 0 | 30 | 10 |
| Densidad de población | | 0 | 5 | 5 |
| Accesibilidad | | 0 | 10 | 10 |
| Tamaño del LIG (relacionado con la no fragilidad) | | 0 | 10 | 30 |
| Asociación con elementos eco-culturales | | 0 | 20 | 20 |
| Espectacularidad o belleza | | 0 | 10 | 40 |
| Contenido divulgativo/uso divulgativo | | 0 | 0 | 30 |
| Potencialidad para realizar actividades | | 0 | 0 | 10 |
| Cercanía a zonas recreativas | | 0 | 0 | 5 |
| Entorno socioeconómico | | 0 | 0 | 40 |
| Total pesos | | 295 | 210 | 220 |

Una vez calculados los valores científicos, didácticos y turístico-recreativos del LIG, se pasa a analizar hasta qué punto es prioritaria su protección. Para ello se ha aplicado unos parámetros de valoración enfocados a establecer la susceptibilidad de degradación. Esta susceptibilidad de degradación va en función, por un lado, de su fragilidad intrínseca, y por otro lado de la vulnerabilidad por las amenazas a las que está sometido.

Así mismo, al igual que en el apartado anterior, se le ha atribuido unos valores objetivos de 0 a 4 según los baremos del Anexo 11 y que se recogen en la Tabla 4, donde se representan los parámetros para la valoración de la fragilidad (F), que corresponden a:

- Tamaño del LIG: indica la fragilidad del lugar, en función de sus dimensiones.
- Vulnerabilidad al expolio: indica la fragilidad del lugar, por su naturaleza de yacimiento paleontológico o mineralógico y su valor patrimonial.
- Amenazas naturales: informa sobre la vulnerabilidad del LIG ante la existencia de amenazas naturales (procesos activos).

Tabla 4.- Parámetros de valoración en función de la fragilidad intrínseca. Más detalles en el Anexo 11.

| Fragilidad | Puntos |
|---------------------------|--------|
| Tamaño del LIG | 1 |
| Vulnerabilidad al expolio | 1 |
| Amenazas naturales | 4 |

En la Tabla 5 vienen representados los parámetros para la valoración de las amenazas antrópicas (A), los cuales corresponden a:

- Proximidad a infraestructuras: informa sobre la existencia de amenazas antrópicas.
- Interés para la explotación minera: informa acerca de la vulnerabilidad del lugar por el interés que pueden tener para la actividad minera los materiales aflorantes.
- Régimen de protección: informa de la posible protección del lugar en función de su ubicación dentro o fuera de un área protegida.
- Protección física o indirecta: informa de las dificultades físicas de acceso al lugar.
- Accesibilidad: ligado a la necesidad de protección por la mayor facilidad para los actos de vandalismo que otorga una mayor accesibilidad.
- Régimen de propiedad del suelo: informa sobre el régimen de propiedad del lugar (privado, público de acceso libre y público de acceso restringido).
- Densidad de población: ligado a la necesidad de protección por aumentar, con la densidad de población, la probabilidad de actos vandálicos.
- Cercanía a zonas recreativas: indica la presencia de zonas de recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado a la necesidad de protección (mayor posibilidad de actos de vandalismo).

Tabla 5.- Parámetros de valoración en función de la vulnerabilidad por amenazas antrópicas. Más detalles en el Anexo 11.

| Vulnerabilidad | Puntos |
|------------------------------------|---------------|
| Proximidad a infraestructuras | 2 |
| Interés para la explotación minera | 1 |
| Régimen de protección | 4 |
| Protección física o indirecta | 4 |
| Accesibilidad | 1 |
| Régimen de propiedad el suelo | 4 |
| Densidad de población | 0 |
| Cercanía a zonas recreativas | 2 |

Mediante estas tablas se han realizado las Tablas 6 y 7 donde se reflejan los pesos para cada uno de los parámetros de la fragilidad (F) y la vulnerabilidad por amenazas antrópicas (A) del LIC, junto al sumatorio de todos los valores atribuidos a cada parámetro, ponderados cada uno de ellos mediante el cuadro de valoración del Anexo 12. Se puede observar que los valores correspondientes al peso son bastante elevados pudiendo discernir así que presenta una considerable fragilidad pero sobre todo una alta vulnerabilidad por amenazas antrópicas.

Tabla 6.- Coeficiente de ponderación según la fragilidad intrínseca de cada parámetro de valoración. Más detalles en el Anexo 12.

| Parámetro de valoración | Peso |
|--------------------------------|-------------|
| Tamaño del LIG | 40 |
| Vulnerabilidad al expolio | 30 |
| Amenazas naturales | 120 |
| Total | 190 |

Tabla 7.- Coeficiente de ponderación según la vulnerabilidad por amenazas antrópicas de cada parámetro de valoración. Más detalles en el Anexo 12.

| Parámetro de valoración | Peso |
|------------------------------------|------------|
| Proximidad a infraestructuras | 40 |
| Interés para la explotación minera | 15 |
| Régimen de protección | 60 |
| Protección física o indirecta | 60 |
| Accesibilidad | 15 |
| Régimen de propiedad el suelo | 40 |
| Densidad de población | 0 |
| Cercanía a zonas recreativas | 10 |
| Total | 240 |

Tras calcular los valores de F y A, se pasa a calcular la susceptibilidad de degradación (SD) que viene dada por la fórmula:

$$SD = (F \times A) \times \frac{1}{400}$$

Dando lugar a:

$$SD = (190 \times 240) \times \frac{1}{400} = 114$$

Se divide por 400, para que los valores de SD sean siempre inferiores a 400 y así tengan la misma escala que los valores de interés científico, didáctico y turístico-recreativo. Pero, al dar el producto de FxA unos valores bastante bajos se tiene que establecer una graduación de la susceptibilidad de degradación mediante categorías atendiendo al espectro de valores resultantes. En este caso, atendiendo al resto de valores resultantes y al que se ha obtenido de SD, se da a entender que el LIG presenta una importante susceptibilidad de degradación.

A continuación, se calcula la Prioridad de Protección (PP), mediante el valor de SD obtenido, al cual se le multiplica al cuadrado los valores I según su interés y se divide por 400^2 para así poder mantener la misma escala de valores. De este modo, SD se multiplicará por el cuadrado de cada valor obtenido para cada valoración según si interés científico (Ic), didáctico (Id) y turístico-recreativo (It), obteniendo así una ordenación de los lugares en función del valor de la prioridad de su protección científica (PPc), didáctica (PPd), turística-recreativa (PPt) o global (PP). Las fórmulas para calcular cada uno de estos valores vienen dadas por:

$$PPc = (Ic^2 \times SD) \times \frac{1}{400^2}$$

$$PPd = (Id^2 \times SD) \times \frac{1}{400^2}$$

$$PPt = (It^2 \times SD) \times \frac{1}{400^2}$$

$$PP = \left[\frac{Ic + Id + It}{3} \right]^2 \times SD \times \frac{1}{400^2}$$

Dando lugar a:

$$PPc = (295^2 \times 114) \times \frac{1}{400^2} = 62$$

$$PPd = (210^2 \times 114) \times \frac{1}{400^2} = 31.42$$

$$PPt = (220^2 \times 114) \times \frac{1}{400^2} = 34.5$$

$$PP = \left[\frac{295 + 210 + 220}{3} \right]^2 \times 114 \times \frac{1}{400^2} = 41.6$$

Con los resultados obtenidos se puede concluir que la Prioridad de Protección tanto en la media (PP), como en los valores de interés (PPc, PPd, PPt) presenta un nivel alto debido a que son superiores a 26. Esta medida está estipulada según el proyecto piloto realizado para validar esta metodología en la Cordillera Ibérica. Por lo tanto, al ser un LIG con PP alto este deberá ser objeto de medidas de protección urgentes o a corto plazo. Este procedimiento sirve para facilitar la adopción de las medidas de protección, las cuales vienen dadas por las administraciones competentes.

Teniendo en cuenta estos resultados y el Mapa de Capacidad de Acogida (Anexo 8), donde se observa que aunque parte de las zonas de yardangs propuestas para el LIG están sobre una acogida alta o muy alta, la mayor parte suele estar en una capacidad de acogida intermedia o baja. Esto apoya más la propuesta de realizar una figura de protección en la zona que a su vez sería un extra para la conservación y protección de las áreas y figuras de protección previamente existentes.

8.-Conclusions

As a conclusion of this work, the importance of the action of the wind in the study area must be highlighted, as well as the scientific importance, at a geological and geomorphological level, of the modelling associated with this agent. Specifically, it is the largest grouping of yardangs described to date, greater than that described in Gutiérrez et al., 2005, where only isolated yardangs or in small groups emerge on the leeward margins of the salt flats. These do not appear out of this context, unlike in the Lopín sector where they appear grouped and on flat areas. These yardangs do not generate or only generate in minority in the leeward areas of the aeolian depressions or blowouts. It should also be noted the importance with respect to biodiversity in the study area and its important protection and conservation, as dictated by the different protection figures that are often violated by human action. In this way, it is intended to propose more restrictions so that the protection zones are affected as little as possible. As well as emphasizing the creation of a Place of Geological Interest to be able to protect and conserve both the aeolian modelling and the habitat where the protected species are located, so that it serves as support for the figures and areas of protection.

9.-Bibliografía

- Arlegui, L.E., y Simón, J.L. (2000). Fracturación y campos de esfuerzos en el cuaternario del sector central de la Cuenca del Ebro. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 14(1-2): 11-20.
- Artieda, O. (2004). *Materiales parentales y geomorfología en la génesis de Aridisoles en un sector del centro del Valle del Ebro. Vol. I*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 567 pp. (Inédita).

Boletín Oficial de Aragón (2021). Disponible en: <<https://www.aragon.es/-/boletin-oficial-de-aragon>>

- Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.
- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

Breed, C.S., Mc Cauley, J.E., Whitney, M.I., Tehakarian, V.P. y Laity, J.E. (1997). Wind erosion in drylands. En: *Arid Zone Geomorphology. Process, Form and Change in Drylands* (Thomas, D.S.G., ed.). Wiley. Chichester, 437-464.

Colomer, M.V., Navarro, J.J., Hernández, A., Ramírez, J.I., Rodríguez, R., Babino, F., Ramírez del Pozo, J., Cuenca, G., Pozo, M. y Casas, J. (2006). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n°412 (Pina de Ebro) y memoria* (A. Robador (IGME), Coord. y Dir.). IGME, Madrid.

Desir, G.; Gutiérrez, M. y Gutiérrez, F. (2011). Modelado eólico de la Depresión del Ebro. En: Sanjaume, e. y Garcia, F.J. (eds.). *Las Sunas de España*. Sociedad Española de Geomorfología. Cádiz. 563-580.

García-Cortés, A. y Carcavilla, L. (2013). *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugar de Interés Geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 28 pp.

Goudie, A. (2007). Mega-Yardangs: A global analysis. *Geography Compass*, 1(1), 65-81.

Greeley, R. e Iversen, J.D. (1985). *Wind as a Geological Process on Earth, Mars, Venus and Titan*. Cambridge University Press, Cambridge, 333 pp.

Gutiérrez, M., Desir, G. y Gutiérrez, F. (2002) Yardangs in the semiarid central sector of the Ebro Depression (NE Spain). *Geomorphology*, 44, 155-170.

Gutiérrez, M., Desir, G., Gutiérrez, F. y Marín, C. (2005a). Origen and evolution of playas and blow-outs in the semiarid zone of Tierra de Pinares (Duero Basin, Spain). *Geomorphology*, 72, 117-192.

Halimov, M. y Fezer, F. (1989). Eight yardang types in Central Asia. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 33, 205-217.

Iriondo. M. y Kröhling, D. (2004). Loess yesífero en el Cuaternario superior de la Cuenca del Ebro: características generales. En: *Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre, Vol 1: Geología y Paleocología* (Rubio, S., ed.). Zona Arqueológica, Museo Arqueológico Regional de Alcalá de Henares, 44-50.

Iriondo. M. y Kröhling, D. (2007). Non-classical types of loess. *Sedimentary Geology*, 202, 352-368.

Laity, J.E. (1994). Landforms of aeolian erosion. En: *Geomorphology of Desert Environments* (Abrahams, A.D. & Parsons, A.J., eds.). Chapman and Hall, London, 506-537.

Livingstone, I. y Warren, A. (1996). *Aeolian Geomorphology: An Introduction*. Longman, Harlow, Essex, 211 pp.

Longares, L.A. (2004). Planas y estepas del sector meridional del valle del Ebro. En: *Geografía Física de Aragón, Aspectos Generales y Temáticos* (Peña, J.L.; Longares, L.A. & Sánchez, M., eds.). Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico. Zaragoza, 275-287.

Llamas Madurga (1962). *Estudio geológico-técnico de los terrenos yesíferos de la cuenca del Ebro y de los problemas que plantean en los canales*. Servicio Geológico de Obras Públicas, 12, Madrid. 192 pp.

- Marín, C., Gutiérrez, M., Desir, G. y Lucha, P. (2011). Contribución al conocimiento de la acción eólica en la región central de la Depresión del Ebro. *Revista Cuaternario y Geomorfología*, 25 (1-2), 45-55.
- Melton, F.A. (1940). A tentative classification of sand dunes: its application to dune history in the Southern High Plains. *J. Geology* 48, 113-174.
- Mensua, S. e Ibáñez, M.J. (1975). Alveolos en la Depresión del Ebro. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 2, 3-14
- Mensua, S. e Ibáñez, M.J. (1977). Sector central de la Depresión del Ebro. Mapa de terrazas fluviales y glaciares de la Depresión del Ebro. *3ª Reunión Nacional del Grupo de Trabajo del Cuaternario*. Zaragoza. 18 pp.
- Nickling, W. G. y Wolfe, S. A. (1994). The morphology and origin of nabkhas, Region of Mopti, Mali, West Africa. *J. Arid Environments* 28, 13–30.
- Pellicer, F. y Echevarría, M. T. (1989). *Formas de Relieve del centro de la depresión del Ebro*. Inst. Fernando el Católico, 216 p, Zaragoza.
- Quirantes, J. (1978). *Estudio Sedimentológico del Terciario Continental de los Monegros*. Instituto Fernando el Católico, Zaragoza. 200 pp.
- Rango, A., Chopping, M., Ritchie, J., Havstad, K., Kustas, W. y Schmugge, T. (2000). Morphological characteristics of shrub coppice dunes in desert grasslands of southern New Mexico derived from scanning LIDAR. *Remote Sensing of Environment* 74 (1), 26-44.
- Riba, O., Maldonado, A., Puigdefábregas, C., Quirantes, J. y Villena, J. (1971). *Mapa Geológico 1:200.000. Zaragoza*. Memoria explicativa. IGME, Madrid, 33 pp.
- Sánchez, J.A., Pérez, A., Coloma, P. y Martínez Gil, J. (1998). Combined effects of groundwater and aeolian processes in the formation of the northernmost closed saline depressions of Europe: north-east Spain. *Hydrological Processes*, 12, 813-820.
- Sanjaume, E. y Gracia, FJ. (2011). *Las dunas en España*. Sociedad Española de Geomorfología. Cádiz, 658 pp.
- Torras, A. (1974). *Sedimentología de los limos yesíferos de la Depresión Media del Ebro*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. 219 pp. Inédita.
- Torras, A. y Riba, O. (1968). Contribución al estudio de los limos yesíferos del centro de la Depresión del Ebro. *Breviaria Geológica Astúrica*, 11, 125-137.
- Wang, X., Wang, T., Dong, Z., Liu, X., Qian, G., 2006. Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China. *J. Arid Environments* 65, 129–141.
- Ward, A.W. y Greeley, R. (1984). Evolution of the yardangs at Rogers Lake, California. *Geological Society of America Bulletin*, 95, 829-837.
- Zou, X., Li, J., Liu, B., Zhang, C., Cheng, H., Wu, X., Kang, L. y Wang, R. (2016). The protective effects of nebkhas on an oasis. *Aeolian Research* 20, 71-79.
- Zuidam, R.A. Van (1976). *Geomorphological Development of the Zaragoza Region, Spain*. Tesis Doctoral. Universidad de Utrecht. ITC-Publication, 211pp.

10.-Anexos

ANEXO 1: Mapa Geomorfológico

ANEXO 2: Mapa de Zonas Protegidas, donde se encuentran:

- ES0000136 ZEPA “Estepas de Belchite – El Planerón – La Lomaza”.
- ES2430153 LIC “La Lomaza de Belchite”.
- ES2430032 LIC “EL Planerón”.
- ES2430091 LIC “Planes y Estepas de la Margen derecha del Ebro”.
- Zonas de protección para la avifauna en aplicación del Real Decreto 1432/2008.
- APFALNAU Ámbito de protección – Fauna “Falco naumanni” o Cernícalo primilla. Decreto 233/202010, de 14 de diciembre, del Gobierno de Aragón. También conforma un Área Crítica para su protección.
- APKRACER Ámbito de protección – Fauna “Hieraatus fasciatus” o Águila-azor perdicera. Decreto 233/202010, de 14 de diciembre, del Gobierno de Aragón.
- APKRACER Ámbito de protección – Flora “Krascheninnikovia ceratoides”. Decreto 93/2003, de 29 de abril, del Gobierno de Aragón.
- HM240021 Humedal “Balsa del Planerón”.

ANEXO 3: Mapa de Unidades Homogéneas

ANEXO 4: Mapa de Procesos Activos

ANEXO 5: Mapa de Susceptibilidad

ANEXO 6: Mapa de Conservación

ANEXO 7: Mapa de Vulnerabilidad

ANEXO 8: Mapa de Capacidad de Acogida

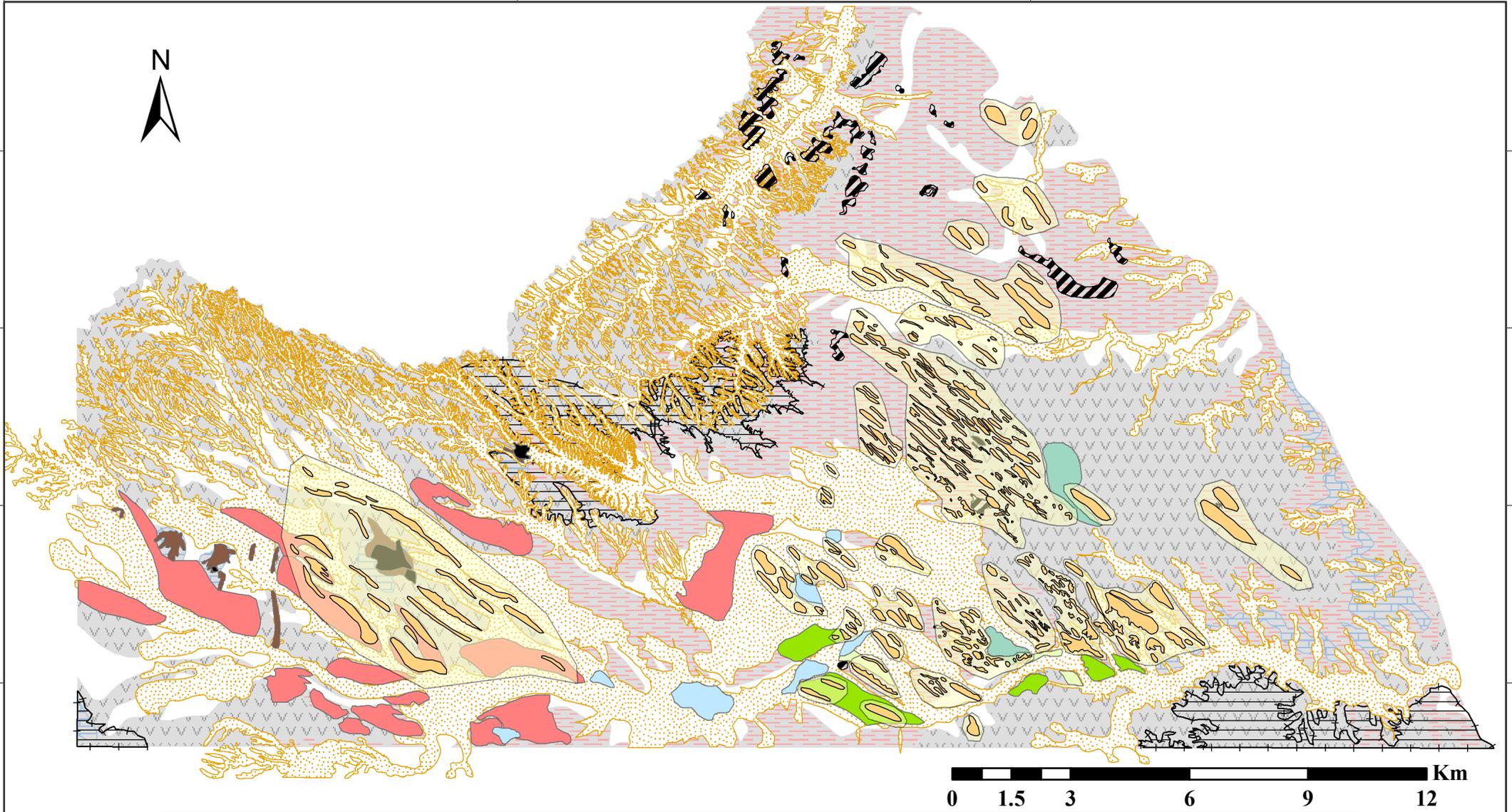
ANEXO 9: Mapa de Yardangs

ANEXO 10: Cuestionario de encuesta preliminar y cuestionario de la segunda encuesta. Sacado de García-Cortés y Carcavilla (2013).

ANEXO 11: Parámetros de valoración del interés de los LIG y parámetros de valoración de la susceptibilidad de degradación (fragilidad + vulnerabilidad por amenazas antrópicas) de los Lugares de Interés Geológico. Sacado de García-Cortés y Carcavilla (2013).

ANEXO 12: Cuadro de valoración del interés científico, didáctico y turístico o recreativo, cuadros de valoración de la fragilidad y de la vulnerabilidad por amenazas antrópicas y cuadro de valoración de la prioridad de protección. Sacado de García-Cortés y Carcavilla (2013).

Mapa geomorfológico

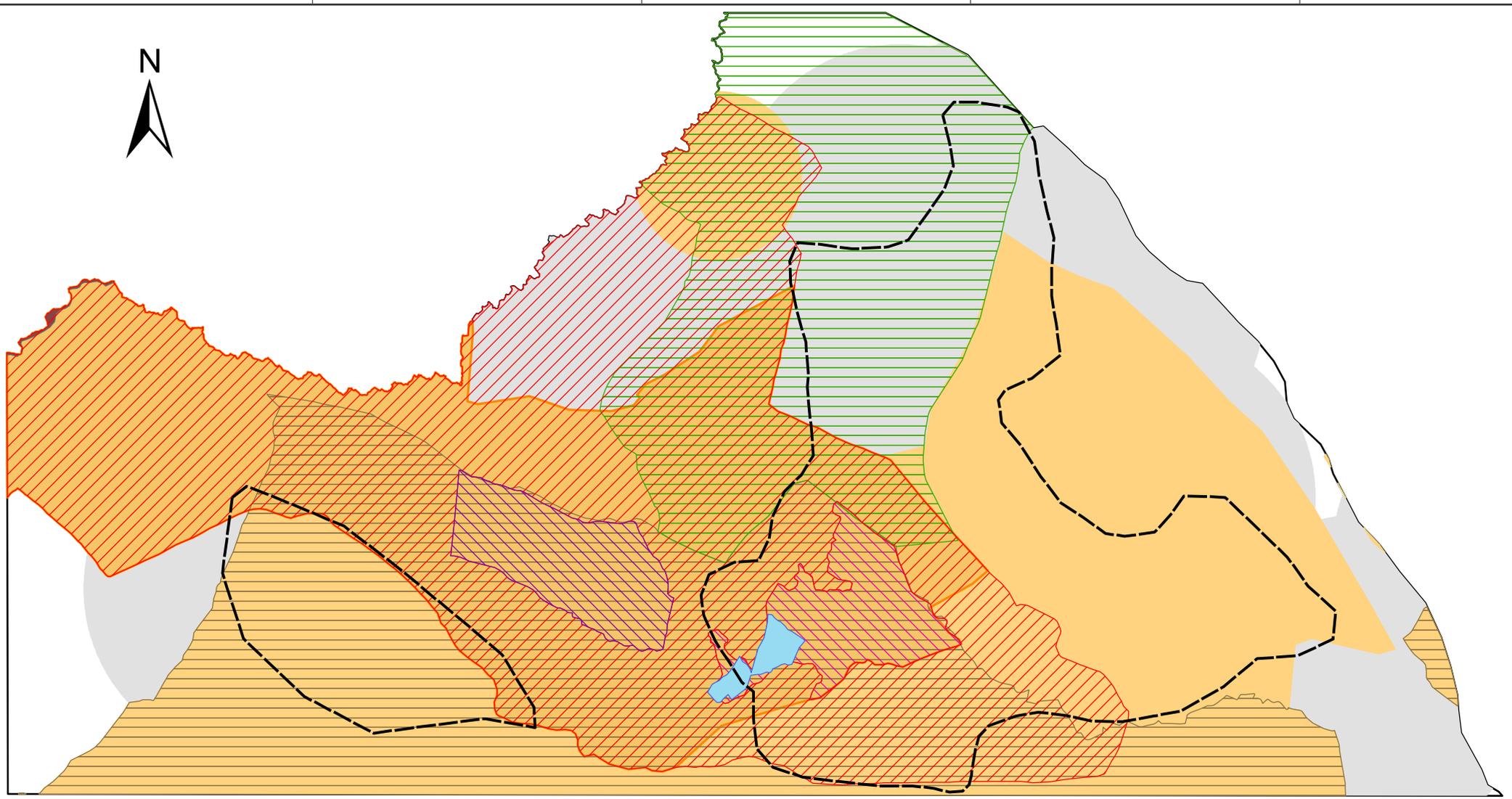


| Leyenda | | Estructuras antrópicas | | Geología | |
|------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Yardangs | Zonas endorreicas | Cantera | ARCILLAS O MARGAS Y ARENISCAS | MARGAS Y YESOS | YESOS Y SALES |
| Zona de Yardangs | Valles de fondo plano | Escombrera | ARCILLAS Y ARENISCAS. NIVELES CALIZOS | YESOS, CALIZAS Y MARGAS | YESOS, MARGAS Y ARCILLAS |
| Blowout | Glacis acumulativos | | CALIZAS | | |
| Terrazas | Paleorelieves | | CALIZAS Y MARGAS | | |
| T1 | Relieves estructurales | | | | |
| T2 | | | | | |



4593658.935
4589208.394
458757.853
4580307.312
4575856.771
4571406.230

677191.409 690164.851 703188.293



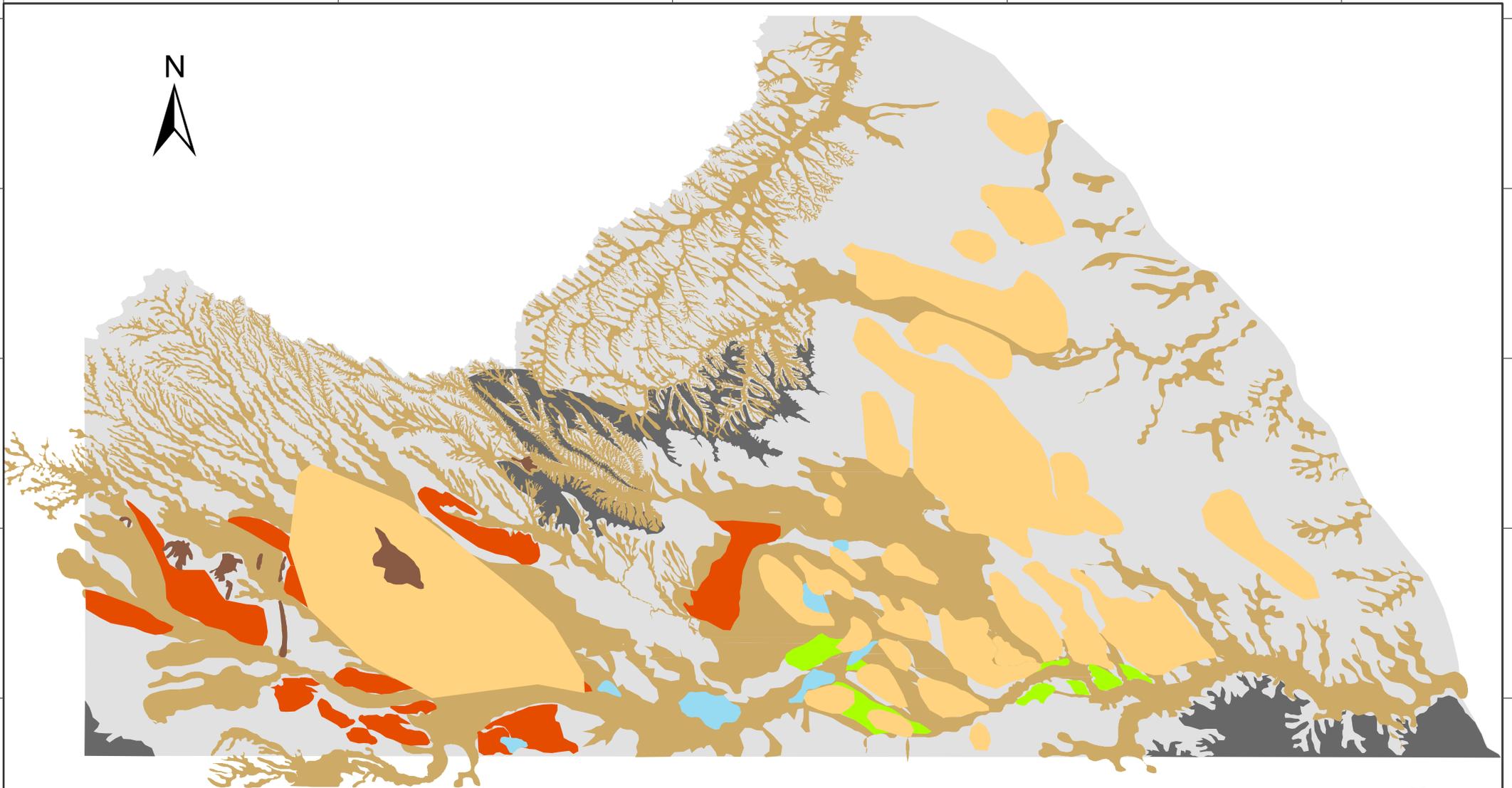
Leyenda

- Propuesta LIG
- Humedales**
 - Balsa del Planerón
- Lugares de Interés Comunitario (LIC)**
 - El Planerón
 - La Lomaza de Belchite
 - Planas y estepas de la margen derecha del Ebro
- Área Crítica**
 - AC - Cernícalo primilla
- Ámbito de protección de especies amenazadas**
 - FALCO NAUMANNI
 - HIERAAETUS FASCIATUS
 - KRASCHENNIKOVIA CERATOIDES
- Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA)**
 - Estepas de Belchite - El Planerón - La Lomaza
 - Zonas de protección para la avifauna en aplicación del Real Decreto 1432/2008



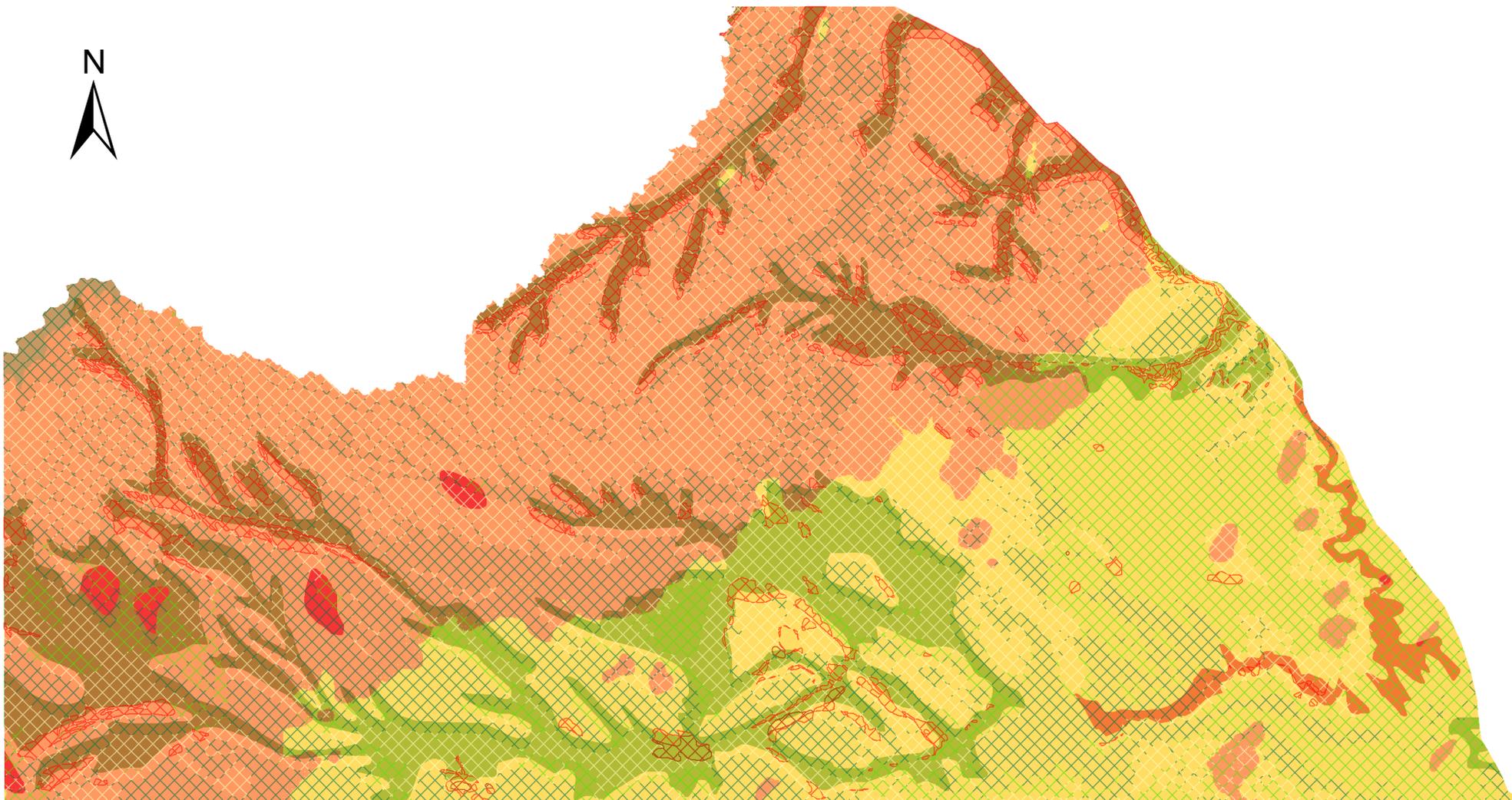
678480.721 686380.021 694289.321 702118.621 709997.921 4572165.353 4580362.553 4584451.153 458649.753 4592648.353 4596746.953

Mapa de Unidades Homogéneas



| Leyenda | | | |
|---|---------------------|---|------------------------|
|  | Modelado eólico |  | Terrazas |
|  | Glacis acumulativos |  | Relieves estructurales |
|  | Zonas endorreicas |  | Valles de fondo plano |
|  | Paleorelieves |  | Modelado antrópizado |

Mapa de Procesos Activos

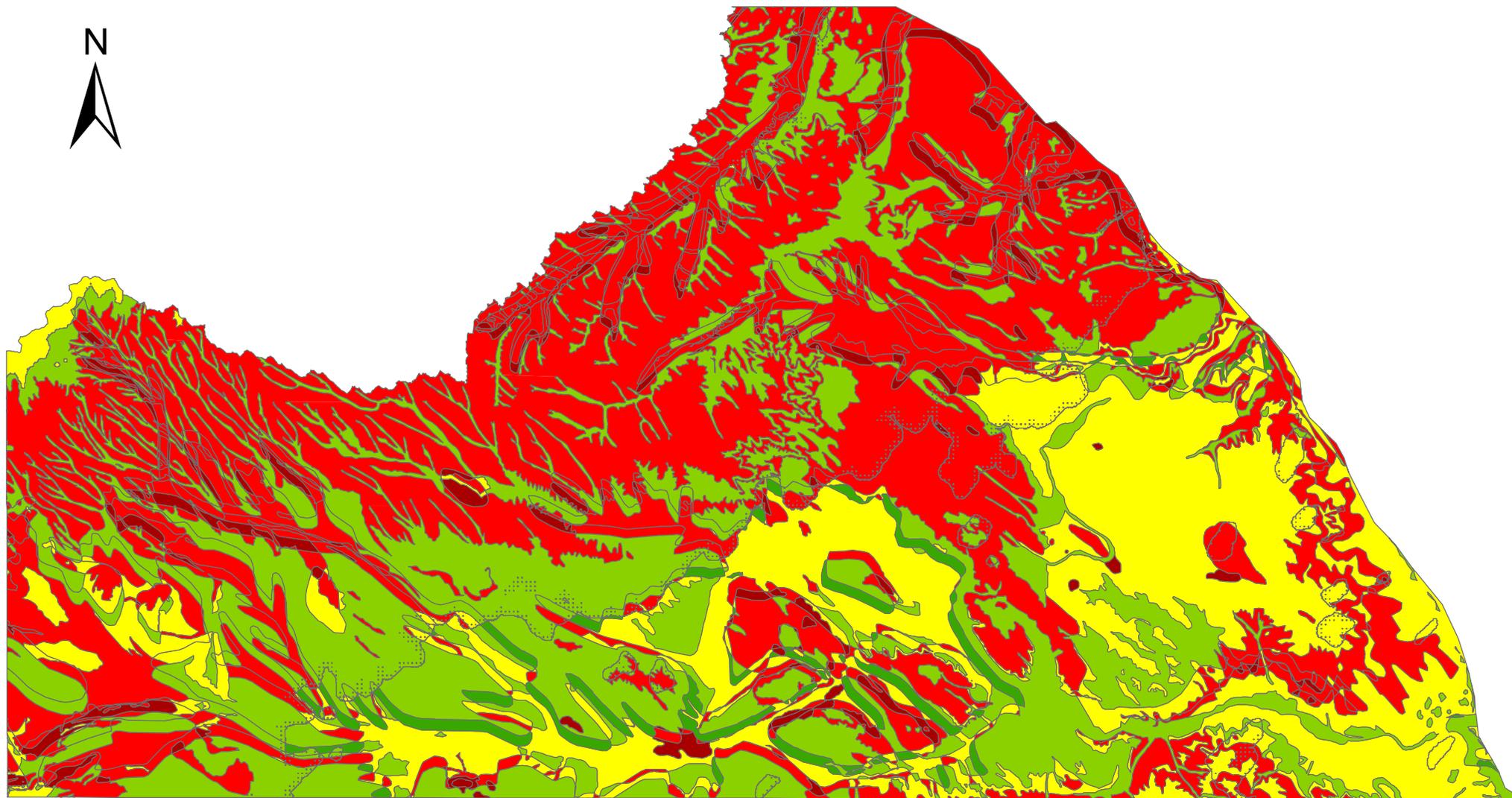


Leyenda

| Riesgo de Colapsos | Riesgo de Vientos | Riesgo de Erosión |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| MUY BAJA | Media | BAJA |
| BAJA | Alta | MEDIA |
| MEDIA | Muy Alta | ALTA |
| ALTA | | |
| MUY ALTA | | |



Mapa de Susceptibilidad



Leyenda

Susceptibilidad

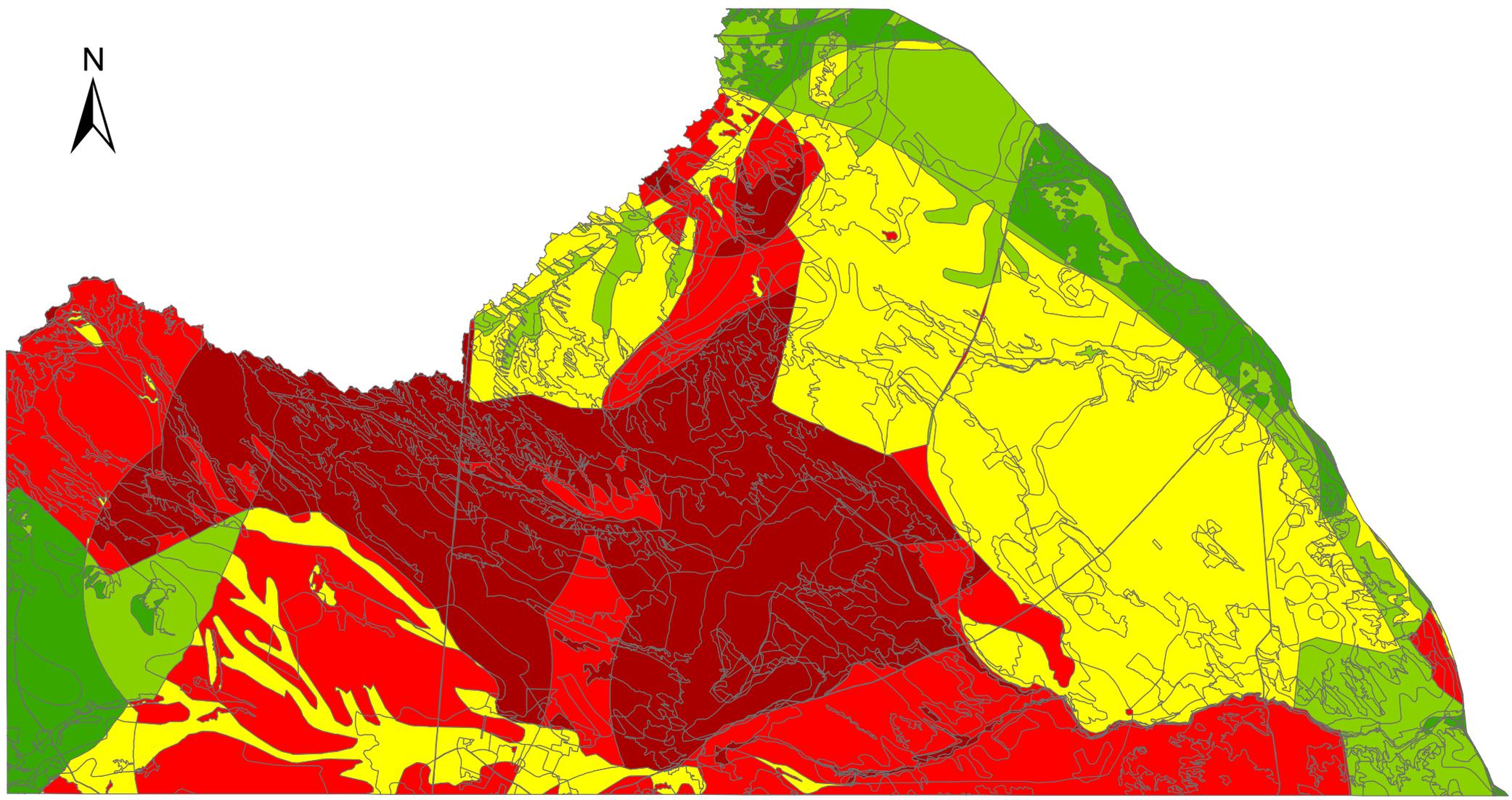
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta



4596844.899
4592747.600
4588650.301
4584553.002
4580455.704
4576368.405
4572261.106

678218.585 686096.661 693974.738 701852.814 709730.890

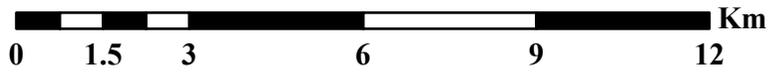
Mapa de Conservación



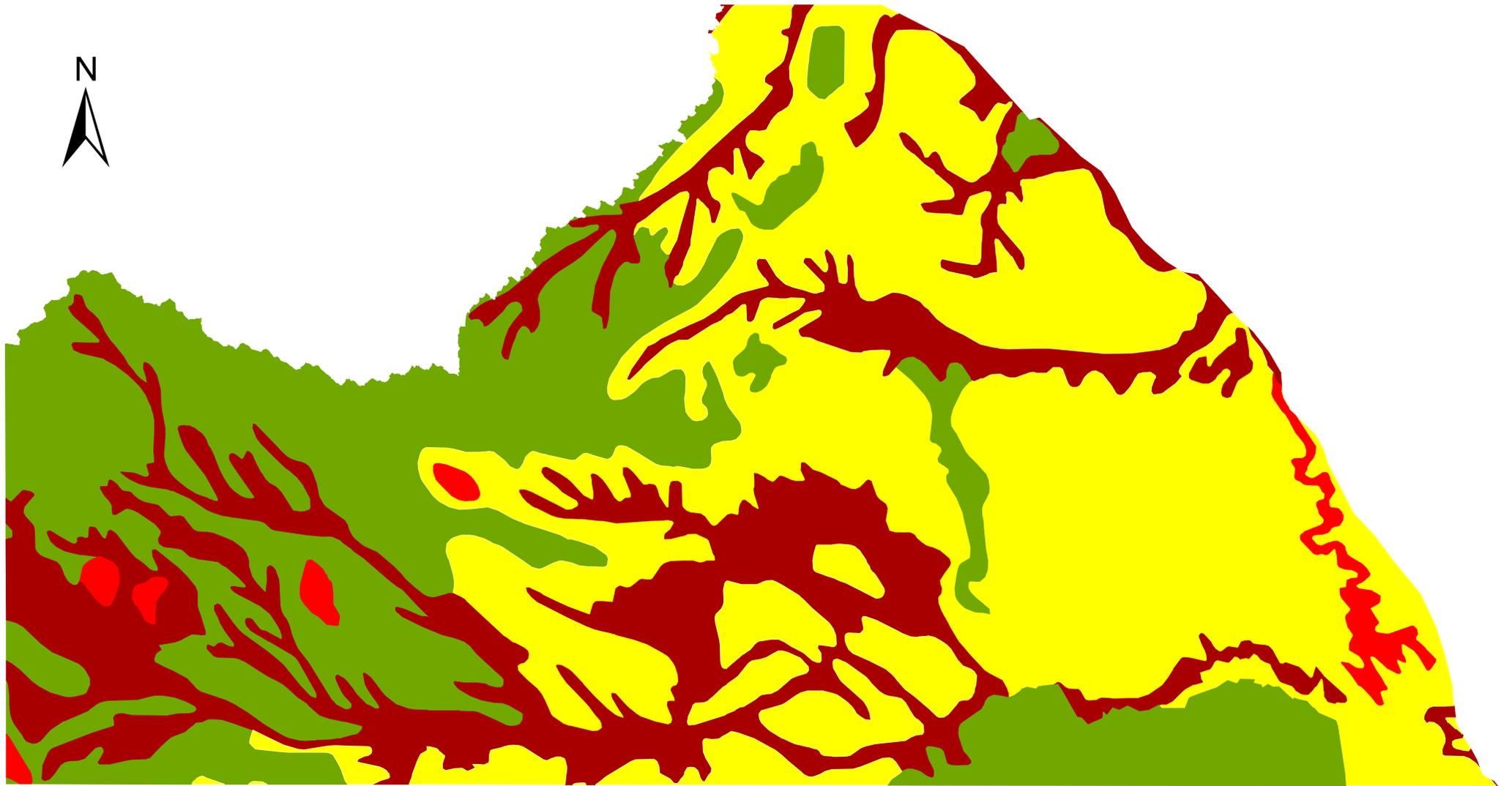
Leyenda

Conservación

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto



Mapa de Vulnerabilidad



Leyenda

Vulnerabilidad

- BAJA O MUY BAJA
- MEDIA
- ALTA
- MUY ALTA



678458.517

686336.951

694215.385

702093.819

709972.252

4572042.407

4576139.825

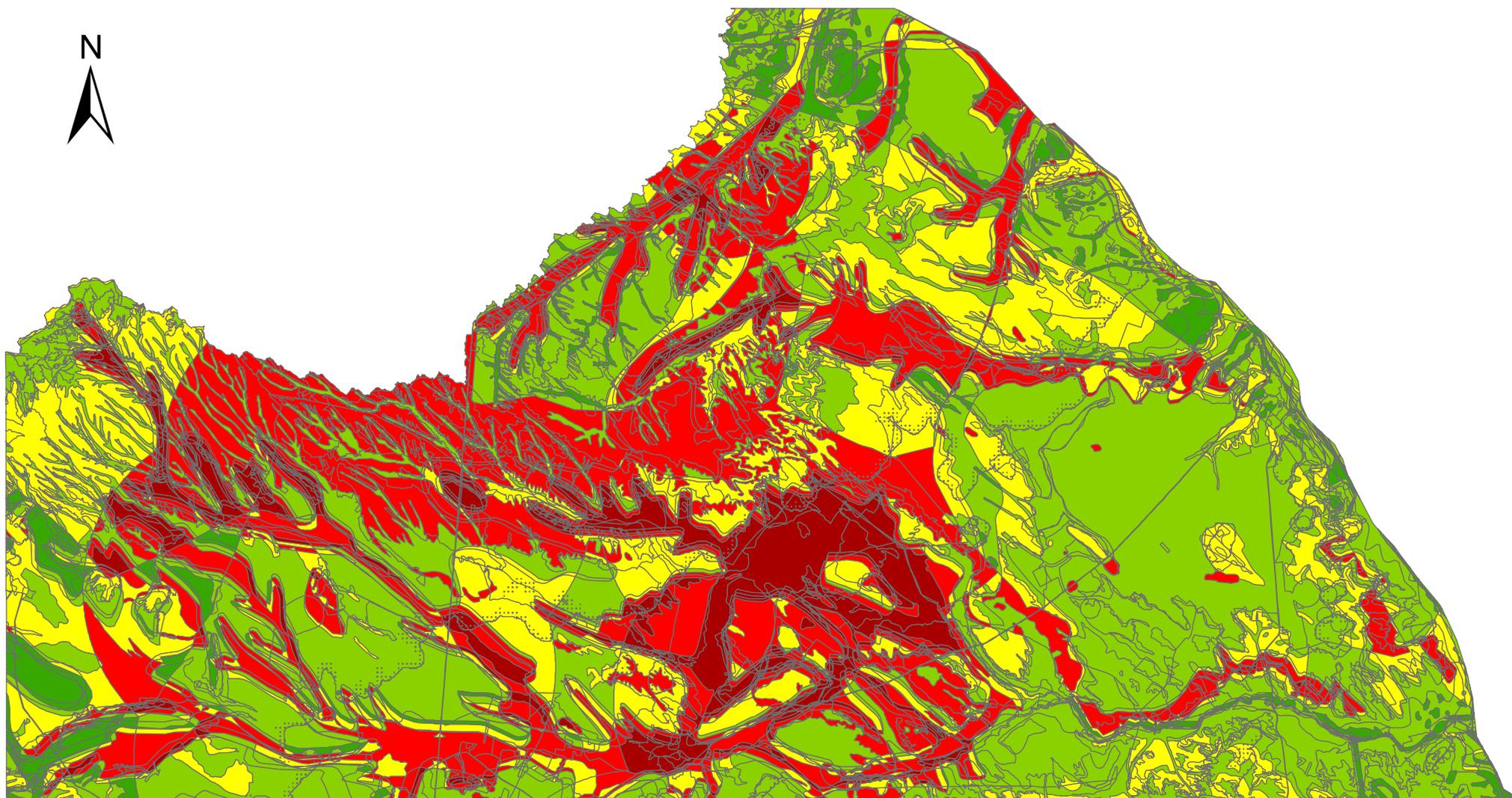
4580237.242

4584384.660

4588432.078

4592529.496

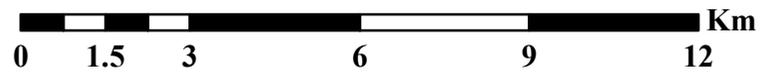
4596626.913



Leyenda

Capacidad de acogida del terreno

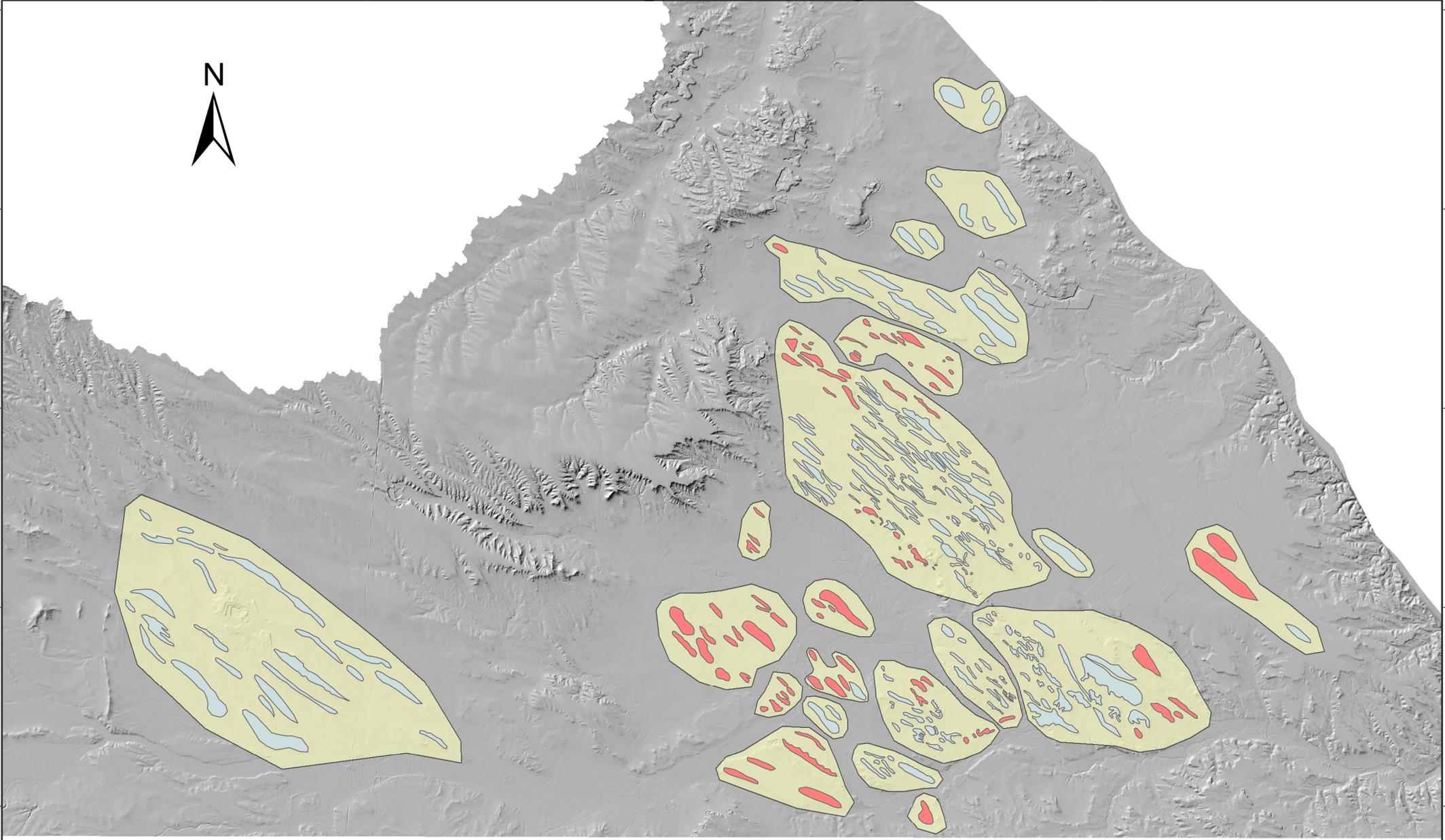
- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto



4596887.109
4592799.811
4588702.512
4584605.213
4580507.915
4576410.616
4572213.317

678196.406 686074.483 693952.559 701830.636 709708.713

Mapa de Yardangs



Leyenda

-  Zona de Yardangs
-  Yardang sobre arcillas
-  Yardang sobre yesos



ANEXO 10

CUESTIONARIO DE ENCUESTA PRELIMINAR

INFORMACIÓN ACERCA DEL INVENTARIO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL DOMINIO X PARA EL QUE SE LE SOLICITA SU COLABORACIÓN

OBJETIVOS DEL PROYECTO:

La Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad establece que el Ministerio de Medio Ambiente, en colaboración con las CCAA y las instituciones científicas, realizará el Inventario Español del Patrimonio Natural, en el que se incluye el de Lugares de Interés Geológico. Por otro lado el RD 1274/2011 por el que se aprueba el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017 encomienda al IGME el objetivo 2.8.6. "Finalizar el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico", con la colaboración de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y del Medio Natural. El Instituto Geológico y Minero de España colabora con el Ministerio de Medio Ambiente para inventariar y valorar los Lugares de Interés Geológico (LIG). Éstos se entienden como aquellas áreas que, de manera continua y homogénea en toda su extensión, muestran una o varias características notables y significativas del patrimonio geológico de una región. El patrimonio geológico se define como el conjunto de recursos naturales geológicos 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 a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida (Ley 42/2007).

La metodología elaborada por el IGME para realizar el inventario se inicia por una encuesta y se desarrolla de un modo similar al método Delphi.

METODOLOGÍA PARA LA ENCUESTA A EXPERTOS:

- + Selección del panel de expertos.
- + **El proceso aconseja un anonimato por parte de los expertos para evitar sesgos debidos a la influencia que pudieran ejercer unos sobre otros. Este anonimato deja de ser necesario tras la segunda ronda de encuestas, figurando a partir de entonces el autor de la propuesta del lugar como lugar de interés geológico.**
- + Envío a cada experto de un primer cuestionario.
- + Respuesta al cuestionario por los expertos y envío al Gestor del proyecto.
- + Estudio y tratamiento de la información.
- + Reenvío de un segundo cuestionario (simplificado) a cada experto.
- + Respuesta al cuestionario y devolución al Gestor del proyecto.
- + Tratamiento de la información y estudio estadístico.
- + Elaboración de las Conclusiones.

COORDINACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO:

La coordinación técnica del proyecto se realizará desde el Instituto Geológico y Minero de España a través del correo electrónico siguiente:

x.x@igme.es

DATOS DEL EXPERTO CONSULTADO:

APELLIDOS: Edo Tizón
NOMBRE: Andrea
TITULACION: Geología
OCUPACION PROFESIONAL: Estudiante
DIRECCION POSTAL: 50630
TELEFONO: XXXXXXXXX
CORREO ELECTRÓNICO: 719407@unizar.es

CUESTIONARIO

**ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA LA
CORRECTA CUMPLIMENTACION DEL CUESTIONARIO**

(1) Rellene el cuestionario, las tablas y las fichas adjuntas. **Le llevará entre una y cinco horas, aproximadamente, en función del número de lugares de interés geológico que proponga.** Se recomienda (no se impone) no superar los 20 lugares.

(2) Si tuviera alguna duda durante la cumplimentación del cuestionario, hágasela saber al gestor a través de la dirección de correo electrónico antes indicada:

x.x@igme.es

(3) IMPORTANTE:

Una vez termine de cumplimentar el cuestionario, **NO OLVIDE ARCHIVAR el Documento Word.** Para ello, en la opción "Guardar como" dele el siguiente nombre:

Apellidos_Especialidad_X.doc

Por ejemplo, si usted se llama José Gutiérrez, es experto en Estratigrafía de la Cordillera Ibérica, y esta es la primera ronda de este proyecto, su archivo sería:

Gutiérrez_Estratigrafía_Ibérica.doc

(4) Envíe un correo a la dirección del gestor (**x.x@igme.es**) **NO OLVIDANDO** adjuntar el archivo Word anterior.

(5) Una vez que el gestor reciba su correo, le responderá para comunicarle que ha finalizado satisfactoriamente el proceso. En caso de que haya habido alguna incidencia, se lo comunicará con la mayor rapidez posible.

MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN

BLOQUE 1**IMPORTANCIA DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO**

INFORMACION PREVIA Las preguntas de este primer bloque pretenden estimar el grado de importancia que el panel de expertos concede al patrimonio geológico.

1. Señale con una "equis" (X) el grado de importancia que usted concede al patrimonio geológico en general

| | |
|----------|---|
| Mucha | X |
| Bastante | |
| Mediana | |
| Poca | |
| Ninguna | |

2. Señale con una "equis" (X) el grado de importancia que usted concede al patrimonio geológico existente en el dominio geológico considerado.

| | |
|----------|---|
| Mucha | X |
| Bastante | |
| Mediana | |
| Poca | |
| Ninguna | |

3. Señale con una "equis" (X) si usted considera que en el dominio geológico x existen lugares de interés geológico de mayor relevancia, en términos generales, que en otros dominios geológicos de España.

| | |
|---|---|
| Claramente más relevantes que en el resto de España | |
| Más relevantes en casos concretos | X |
| Igual de relevantes | |
| Menos relevantes salvo en casos concretos | |
| Claramente menos relevantes que en el resto de España | |

4. ¿Qué importancia concede usted a la puesta en valor (*ordenación y gestión del aprovechamiento didáctico, divulgativo y/o turístico-recreativo*) del patrimonio geológico como alternativa al desarrollo económico en el dominio geológico x? Marque una opción.

| | |
|----------|---|
| Mucha | X |
| Bastante | |
| Mediana | |
| Poca | |
| Ninguna | |

5. Si se habla de patrimonio geológico español, ¿qué 10 lugares de interés destacaría, en general?

| | |
|----|--|
| 1 | |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |

BLOQUE 2 PROPUESTA DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DEL DOMINIO GEOLÓGICO X

| INFORMACIÓN PREVIA - De acuerdo con los parámetros de valoración indicados en la columna de la derecha, proponga y enumere por orden de importancia decreciente hasta un máximo de 20 lugares de interés geológico del dominio geológico X. - Asimismo, refleje en la casilla inferior derecha su grado de conocimiento sobre el tema tratado. | |
|--|---|
| LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO | PARÁMETROS DE VALORACIÓN QUE PUEDEN CONSIDERARSE |
| 1 Zona de Yardangs | <ul style="list-style-type: none"> • Representatividad • Carácter de localidad tipo o de referencia • Grado de conocimiento científico del lugar • Estado de conservación • Condiciones de observación • Rareza • Diversidad geológica • Espectacularidad o belleza • Contenido divulgativo / uso divulgativo • Contenido didáctico / uso didáctico • Posibilidad de realizar actividades recreativas o de ocio • Asociación con otros elementos naturales o culturales |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | |
| 10 | |
| 11 | |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | |
| 15 | |
| 16 | |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | |
| 20 | |
| PUNTÚE de 1 a 5 su grado de conocimiento sobre el patrimonio geológico en el dominio geológico X | 5 |

| FICHA DE PROPUESTA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO I (*) | | | |
|---|--|------------------|---------------------------|
| Denominación del lugar | Zona de Yardangs | | |
| Comentario valorativo | Área con alto valor geológico y geomorfológico debido a la presencia de modelados eólicos como los yardangs, las nebkhas y los blowouts. | | |
| Parámetros justificativos de la elección del lugar (marque con una cruz los que haya considerado) | Representatividad | X | |
| | Carácter de localidad tipo o de referencia | X | |
| | Grado de conocimiento del lugar | | |
| | Estado de conservación | X | |
| | Condiciones de observación | | |
| | Rareza | | |
| | Diversidad geológica | X | |
| | Espectacularidad o belleza | | |
| | Contenido divulgativo / uso divulgativo | X | |
| | Contenido didáctico / uso didáctico | X | |
| | Posibilidad de realizar actividades recreativas o de ocio | | |
| Asociación con otros elementos naturales o culturales | X | | |
| Localización | Provincia Zaragoza | Municipio Quinto | |
| | Paraje(s) Cuenca del arroyo Lopín | | |
| | Coordenadas (**) (UTM, ED 1950) | X: 0°35'12.74"O | Y: 41°24'19.91"N Huso: 30 |
| | En caso de que sea aconsejable mantener la confidencialidad del lugar, ocultando sus coordenadas, indíquese con una equis (x) | | |
| Descripción del itinerario de acceso | Por carretera secundaria y camino desde Quinto de Ebro | | |
| Esquema de situación con propuesta de delimitación (***) (insertar o adjunte en fichero aparte fragmento de mapa u ortofoto SIGPAC) | | | |

(*) Los datos aportados serán tratados como propuestas que podrán ser modificados en fases posteriores del inventario. (**) Del centro geométrico del lugar de interés geológico. (***) Delimitación opcional.

FICHA DE PROPUESTA DE LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO (II)

Fotografía(s) del lugar
(pueden adjuntarse en ficheros aparte)



Referencias bibliográficas

Autor de la propuesta

Andrea Edo Tizón

No dude en añadir o adjuntar cuantas informaciones y documentación adicionales se estime oportuno, para facilitar el posterior trabajo de visita y evaluación

BLOQUE 3**AUTOEVALUACIÓN DEL PANEL DE EXPERTOS****INFORMACIÓN PREVIA**

Marque con una señal (X) las "Fuentes de argumentación" que ha utilizado al responder el cuestionario, indicando, asimismo, el grado (Alto-Medio-Bajo) de cada uno de ellos.

| FUENTES DE ARGUMENTACIÓN | ALTO | MEDIO | BAJO |
|--|-------------|--------------|-------------|
| Su grado de experiencia (profesional, investigadora, etc.) en el tema. | | X | |
| Consulta de trabajos de investigadores españoles sobre el tema. | X | | |
| Consulta de trabajos de investigadores extranjeros sobre el tema. | X | | |
| Su intuición por carecer de información objetiva. | | X | |

Comentarios:

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Por favor

NO OLVIDE enviar sus respuestas
al GESTOR del proyecto: x.x@igme.es

CUESTIONARIO DE LA SEGUNDA ENCUESTA

INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (CORDILLERA IBÉRICA) SEGUNDO CUESTIONARIO

A continuación se relacionan todos los lugares de interés propuestos por los expertos en la primera ronda de consultas. En esta segunda ronda se pretende que los expertos que han respondido a la primera consulta formulen su opinión, valorando todos los lugares propuestos, de acuerdo con la siguiente escala de valoración:

- **20 puntos:** lugar excepcional para conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución geológica o paleobiológica de la Cordillera Ibérica, o los procesos que la han modelado.
- **15 puntos:** lugar muy importante para estos fines
- **10 puntos:** lugar importante para estos fines
- **5 puntos:** lugar poco importante para estos fines (tiene valor pero, al verlo con la perspectiva de toda la Cordillera Ibérica, es poco representativo o significativo, al menos en comparación con otros LIG incluidos en el listado)
- **0 puntos:** lugar irrelevante para estos fines; no debería considerarse en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico
- **S:** Sin información suficiente para proceder a su valoración

RECOMENDACIONES

Es muy importante en todo el proceso asumir que la valoración se hace atendiendo al ámbito de toda la Cordillera Ibérica. Para facilitar la revisión, recomendamos:

- Hacer una lectura pausada de los lugares y su descripción, poniendo una S en los que no se van a valorar
- Parece más fácil valorar aquellos cuya relevancia sea excepcionalmente alta. Por ello recomendamos hacer otra "pasada" asignando el valor máximo a aquellos lugares que, sin duda, son ejemplos sobresalientes dentro del ámbito de la Cordillera Ibérica e incluso a nivel español.
- A continuación, es recomendable asignar una valoración a las categorías restantes
- A continuación, asígnese un valor 0 a aquellos que se considere que no deben estar incluidos en el listado por su irrelevancia
- Por último, es recomendable ordenar los LIG por su valor de manera que se vean juntos los que tienen valoración 0, 5, 10, 15 y 20, para poder comparar entre ellos a la hora de asignar.

Toda esta labor puede suponer entre 2 y 4 horas de dedicación

Una vez completado valorados los lugares, enviar el archivo excel con el nombre **Apellidos_Especialidad_Ibérica2.xls**, al correo electrónico **x.x@igme.es**

Muchas gracias, de nuevo, por su colaboración.

| Lugares | Puntuación | Descripción |
|------------------|------------|---|
| Zona de Yardangs | 20 | Formaciones alomadas sobre yesos y arcillas |

ANEXO 11

PARÁMETROS DE VALORACION DEL INTERÉS DE LOS LIG

La selección de los lugares de interés para cada una de las categorías científica, didáctica y turística o recreativa, se realizará aplicando los parámetros señalados para cada tipo de valor y sus coeficientes de ponderación (tabla 4.8.1. del documento), **puntuando cada uno de estos parámetros conforme a las siguientes escalas de puntuación (cuando exista la posibilidad de encajar la respuesta en más de un apartado, se optará por la puntuación más alta).**

| | |
|---|---------------|
| Representatividad | Puntos |
| Poco útil como modelo para representar, aunque sea parcialmente, un rasgo o proces | 0 |
| Útil como modelo para representar parcialmente un rasgo o proceso | 1 |
| Útil como modelo para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso | 2 |
| Mejor ejemplo conocido, a nivel del dominio geológico considerado, para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso | 4 |
| Carácter de localidad tipo | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 |
| Localidad de referencia regional | 1 |
| Localidad de referencia (metalogénica, petrológica, mineralógica, tectónica, estratigráfica etc.) utilizada internacionalmente, o localidad tipo de fósiles o biozonas de amplio uso científico | 2 |
| Estratotipo aceptado por la IUGS o localidad tipo de la IMA | 4 |
| Grado de conocimiento científico del lugar | Puntos |
| No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre el lugar | 0 |
| Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre el lugar | 1 |
| Investigado por equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales | 2 |
| Investigado por equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales | 4 |
| Estado de conservación | Puntos |
| Fuertemente degradado: el lugar está prácticamente destruido | 0 |
| Degradado: el lugar presenta deterioros importantes | 0 |
| Alterado: con deterioros que impiden apreciar algunas características de interés | 1 |
| Favorable con alteraciones: algunos deterioros que no afectan de manera determinante al valor o interés del LIG | 2 |
| Favorable: el LIG en cuestión se encuentra bien conservado, prácticamente íntegro | 4 |
| Condiciones de observación | Puntos |
| Con elementos que enmascaran fuertemente las características de interés | 0 |
| Con elementos que enmascaran el LIG y que impiden apreciar algunas características de interés | 1 |
| Con algún elemento que no impide observar el LIG en su integridad, aunque sea con dificultad | 2 |
| Perfectamente observable en su integridad con facilidad | 4 |
| Rareza | Puntos |
| Existen bastantes lugares similares en la región | 0 |
| Uno de los escasos ejemplos conocidos a nivel regional | 1 |
| Único ejemplo conocido a nivel regional | 2 |
| Único ejemplo conocido a nivel nacional (o internacional) | 4 |
| Diversidad | Puntos |
| El LIG sólo presenta el tipo de interés principal | 0 |
| El LIG presenta otro tipo de interés, además del principal, no relevante | 1 |
| Presenta 2 tipos de interés, además del principal, o uno sólo pero relevante | 2 |
| Presenta 3 o más tipos de interés, además del principal, o sólo dos más pero ambos relevantes | 4 |

| | |
|--|---------------|
| Contenido didáctico / uso didáctico detectado | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 |
| Ilustra contenidos curriculares universitarios | 1 |
| Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo o está siendo utilizado en actividades didácticas universitarias. | 2 |
| Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo | 4 |
| Infraestructura logística | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 |
| Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km | 1 |
| Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km | 2 |
| Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km | 4 |
| Densidad de población (demanda potencial inmediata) | Puntos |
| Menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km | 1 |
| Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 2 |
| Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 4 |
| Accesibilidad | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas (carretera asfaltada sin posibilidad de aparcar, senda o camino, pista TT, barco, etc.) | 0 |
| Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos | 1 |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos o port tren turístico | 2 |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar | 4 |
| Tamaño del LIG | Puntos |
| Rasgos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.) | 0 |
| Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas) | 1 |
| Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas) | 2 |
| Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas) | 4 |
| Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural | Puntos |
| No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km | 0 |
| Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km | 1 |
| Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km | 2 |
| Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km | 4 |
| Espectacularidad o belleza | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 |
| 1) Amplitud de relieve alta o bien 2) cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) o bien 3) variedad cromática notable. También fósiles y/o minerales vistosos | 1 |
| Coincidencia de dos de las tres primeras características. También fósiles o minerales espectaculares | 2 |
| Coincidencia de las tres primeras características | 4 |
| Contenido divulgativo / uso divulgativo detectado | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 |
| Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural | 1 |
| Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Geología | 2 |
| Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas | 4 |
| Potencialidad para realizar actividades de turísticas y recreativas | Puntos |
| Sin posibilidades turísticas ni de realizar actividades recreativas | 0 |
| Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas | 1 |
| Posibilidades turísticas y posibilidad de realizar actividades recreativas | 2 |
| Existen actividades organizadas | 4 |

| Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata) | Puntos |
|--|--------|
| Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.) | 0 |
| Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas | 1 |
| Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa | 2 |
| Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa | 4 |
| Entorno socioeconómico | Puntos |
| Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación superiores a la media regional | 0 |
| Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional | 1 |
| Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación inferiores a la media regional | 2 |
| Lugar situado en comarca con declive socioeconómico | 4 |

**PARÁMETROS DE VALORACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE DEGRADACIÓN
(FRAGILIDAD + VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS) DE LOS LUGARES DE
INTERÉS GEOLÓGICO**

La valoración de la susceptibilidad de degradación de los LIG se realizará puntuando cada uno de los parámetros señalados en las tablas 4.9.1 (fragilidad) y 4.9.2 (vulnerabilidad por amenazas antrópicas), **conforme a las escalas siguientes (cuando exista la posibilidad de encajar la respuesta en más de un apartado, se optará por la puntuación más alta).**

FRAGILIDAD (F)

| Tamaño del LIG | Puntos |
|--|---------------|
| Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas) | 0 |
| Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas) | 1 |
| Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas) | 2 |
| Rasgos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.) | 4 |
| Vulnerabilidad al expolio | Puntos |
| No hay yacimiento paleontológico ni mineralógico o son de difícil expolio | 0 |
| Yacimiento paleontológico o mineralógico de escaso valor y fácil expolio | 1 |
| Yacimiento paleontológico o mineralógico de gran valor, con numerosos ejemplares y fácil expolio | 2 |
| Yacimiento paleontológico o mineralógico, con escasos ejemplares y fácil expolio | 4 |
| Amenazas naturales | Puntos |
| Lugar no vulnerable | 0 |
| Rasgo(s) con litologías vulnerable(s) a la meteorización | 1 |
| Lugar con litologías que pueden verse afectadas por la presencia de procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc) de intensidad moderada | 2 |
| Lugar con litologías que pueden verse afectadas por la presencia de intensos procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc) | 4 |

VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS (A)

| Proximidad a infraestructuras | Puntos |
|---|---------------|
| Lugar no amenazado | 0 |
| Lugar situado a menos de 100 m de una carretera principal, de 1 km de una actividad industrial, minera, a menos de 2 km de suelo urbano en ciudades de menos de 100.000 habitantes o a menos de 5 km en poblaciones mayores | 1 |
| Lugar colindante con una actividad industrial o minera, con suelo urbano no urbanizado o situado a menos de 25 m de una carretera principal. | 2 |
| Lugar situado en una explotación minera, en suelo urbano o en el borde de una carretera principal | 4 |
| Interés para la explotación minera | Puntos |
| Sustancia sin interés o de escaso interés y sin explotaciones en la zona | 0 |
| Sustancia de escaso o moderado interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona | 1 |
| Sustancia de gran interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona | 2 |
| Sustancia de gran interés y de la que no hay explotaciones alternativas en la zona | 4 |
| Régimen de protección del lugar | Puntos |
| Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería | 1 |
| Lugar con figura de protección pero no sujeta a plan de ordenación y sin guardería También bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico | 2 |
| Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística, o lugar carente de figura alguna de protección | 4 |

| | |
|---|---------------|
| Protección indirecta | Puntos |
| Lugar no fácilmente accesible | 0 |
| Lugar fácilmente accesible pero situado lejos de sendas y camuflado por la vegetación | 1 |
| Lugar fácilmente accesible, solo camuflado por la vegetación | 2 |
| Lugar carente de todo tipo de protección indirecta | 4 |
| Accesibilidad (agresión potencial) | Puntos |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas (p.e. carretera asfaltada sin posibilidad de aparcar, senda o camino, pista TT, tren turístico, barco, etc.) | 0 |
| Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos | 1 |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos | 2 |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar | 4 |
| Régimen de propiedad del lugar | Puntos |
| Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad pública | 1 |
| Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad privada | 2 |
| Lugar situado en áreas de acceso libre (propiedad pública o privada) | 4 |
| Densidad de población (agresión potencial) | Puntos |
| Menos de 100.000 habitantes en un radio de 50 km | 0 |
| Más de 100.000 pero menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km | 1 |
| Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 2 |
| Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 4 |
| Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial) | Puntos |
| Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.) | 0 |
| Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas | 1 |
| Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa | 2 |
| Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa | 4 |

ANEXO 12

CUADRO DE VALORACIÓN DEL INTERÉS CIENTÍFICO, DIDÁCTICO Y TURÍSTICO O RECREATIVO

| VALORACIÓN | | | | |
|--|---------------|-------------------------|------------------|-------------------------------|
| Representatividad | Puntos | Valor científico | didáctico | turístico o recreativo |
| Poco útil como modelo para representar, aunque sea parcialmente, un rasgo o proceso | 0 | X 30 | x 5 | x 0 |
| Útil como modelo para representar parcialmente un rasgo o proceso | 1 | X 30 | x 5 | x 0 |
| Útil como modelo para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso | 2 | x 30 | x 5 | x 0 |
| Mejor ejemplo conocido, a nivel del dominio geológico considerado, para representar, en su globalidad, un rasgo o proceso | 4 | x 30 | x 5 | x 0 |
| Carácter de localidad tipo | | | | |
| No cumple, por defecto, con estas tres siguientes premisas | 0 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Localidad de referencia regional | 1 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Localidad de referencia (metalogénica, petrológica, mineralógica, tectónica, estratigráfica etc.) utilizada internacionalmente, o localidad tipo de fósiles, o biozonas de amplio uso científico | 2 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Estratotipo aceptado por la IUGS o localidad tipo de la IMA | 4 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Grado de conocimiento científico del lugar | | | | |
| No existen trabajos publicados ni tesis doctorales sobre el lugar | 0 | x 15 | x 0 | x 0 |
| Existen trabajos publicados y/o tesis doctorales sobre el lugar | 1 | x 15 | x 0 | x 0 |
| Investigado por varios equipos científicos y objeto de tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas nacionales | 2 | x 15 | x 0 | x 0 |
| Investigado por varios equipos científicos y objeto tesis doctorales y trabajos publicados referenciados en revistas científicas internacionales | 4 | x 15 | x 0 | x 0 |
| Estado de conservación | | | | |
| Fuertemente degradado: el lugar está prácticamente destruido | 0 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Degradado: el lugar presenta deterioros importantes | 0 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Alterado: con deterioros que impiden apreciar algunas características de interés | 1 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Favorable con alteraciones: algunos deterioros que no afectan de manera determinante al valor o interés del LIG | 2 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Favorable: el LIG en cuestión se encuentra bien conservado, prácticamente íntegro | 4 | x 10 | x 5 | x 0 |
| Condiciones de observación | | | | |
| Con elementos que enmascaran fuertemente las características de interés | 0 | x 10 | x 5 | x 5 |
| Con elementos que enmascaran el LIG y que impiden apreciar algunas características de interés | 1 | x 10 | x 5 | x 5 |
| Con algún elemento que no impiden observar el LIG en su integridad. | 2 | X 10 | x 5 | x 5 |
| Perfectamente observable prácticamente en su integridad con facilidad | 4 | x 10 | x 5 | x 5 |
| Rareza | | | | |
| Existen bastantes lugares similares en la región | 0 | x 15 | x 5 | x 0 |
| Uno de los escasos ejemplos conocidos a nivel regional | 1 | x 15 | x 5 | x 0 |
| Único ejemplo conocido a nivel regional | 2 | x 15 | x 5 | x 0 |
| Único ejemplo conocido a nivel nacional (o internacional) | 4 | x 15 | x 5 | x 0 |
| Diversidad | | | | |
| El LIG sólo presenta el tipo de interés principal | 0 | x 10 | x 10 | x 0 |
| El LIG presenta otro tipo de interés, además del principal, no relevante | 1 | x 10 | x 10 | x 0 |
| El LIG presenta 2 tipos de interés, además del principal, o uno sólo pero relevante | 2 | x 10 | x 10 | x 0 |
| El LIG presenta 3 o más tipos de interés, además del principal, o sólo dos más pero ambos relevantes | 4 | x 10 | x 10 | x 0 |

| | | | | |
|--|---|-----|------|------|
| Contenido didáctico | | | | |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 | x 0 | x 20 | x 0 |
| Ilustra contenidos curriculares universitarios | 1 | x 0 | x 20 | x 0 |
| Ilustra contenidos curriculares de cualquier nivel del sistema educativo | 2 | x 0 | x 20 | x 0 |
| Está siendo utilizado habitualmente en actividades didácticas de cualquier nivel del sistema educativo | 4 | x 0 | x 20 | x 0 |
| Infraestructura logística | | | | |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 | x 0 | x 15 | x 5 |
| Alojamiento y restaurante para grupos de hasta 20 personas a menos de 25 km | 1 | x 0 | x 15 | x 5 |
| Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 25 km | 2 | x 0 | x 15 | x 5 |
| Alojamiento y restaurante para grupos de 40 personas a menos de 5 km | 4 | x 0 | x 15 | x 5 |
| Densidad de población (demanda potencial inmediata) | | | | |
| Menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km | 1 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 2 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 4 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Accesibilidad | | | | |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas (carretera asfaltada sin posibilidad de aparcar, senda o camino, pista TT, barco, etc.) | 0 | x 0 | x 10 | x 10 |
| Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos | 1 | x 0 | x 10 | x 10 |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos | 2 | x 0 | x 10 | x 10 |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar | 4 | x 0 | x 10 | x 10 |
| Tamaño del LIG | | | | |
| Rasgos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.) | 0 | x 0 | x 5 | x 15 |
| Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas) | 1 | x 0 | x 5 | x 15 |
| Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas) | 2 | x 0 | x 5 | x 15 |
| Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas) | 4 | x 0 | x 5 | x 15 |
| Asociación con otros elementos del patrimonio natural y/o cultural | | | | |
| No existen elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km | 0 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Presencia de un único elemento del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km | 1 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Presencia de varios elementos del patrimonio natural o cultural en un radio de 5 km | 2 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Presencia de varios elementos tanto del patrimonio natural como del cultural en un radio de 5 km | 4 | x 0 | x 5 | x 5 |
| Espectacularidad o belleza | | | | |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 | x 0 | x 5 | x 20 |
| 1) Amplitud de relieve alta o bien 2) cursos fluviales caudalosos/grandes láminas de agua (o hielo) o bien 3) variedad cromática notable. También fósiles y/o minerales vistosos | 1 | x 0 | x 5 | x 20 |
| Coincidencia de dos de las tres primeras características. También fósiles o minerales espectaculares | 2 | x 0 | x 5 | x 20 |
| Coincidencia de las tres primeras características | 4 | x 0 | x 5 | x 20 |
| Contenido divulgativo | | | | |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas | 0 | x 0 | x 0 | x 15 |
| Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cierto nivel cultural | 1 | x 0 | x 0 | x 15 |
| Ilustra de manera clara y expresiva a colectivos de cualquier nivel cultural sobre la importancia o utilidad de la Geología | 2 | x 0 | x 0 | x 15 |

| | | | | |
|---|---|-----------|-----------|-----------|
| Está siendo utilizado habitualmente para actividades divulgativas | 4 | x 0 | x 0 | x 15 |
| Potencialidad para realizar actividades turísticas y recreativas | | | | |
| Sin posibilidades turísticas ni de realizar actividades recreativas | 0 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Posibilidades turísticas o bien posibilidad de realizar actividades recreativas | 1 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Posibilidades turísticas y posibilidad de realizar actividades recreativas | 2 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Existen actividades organizadas | 4 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Proximidad a zonas recreativas (demanda potencial inmediata) | | | | |
| Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.) | 0 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas | 1 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa | 2 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa | 4 | x 0 | x 0 | x 5 |
| Entorno socioeconómico | | | | |
| Comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación superiores a la media regional | 0 | x 0 | x 0 | x 10 |
| Lugar situado en comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación similares a la media regional pero inferiores a la media nacional | 1 | x 0 | x 0 | x 10 |
| Lugar situado en comarca con índices de renta per capita, educación y ocupación inferiores a la media regional | 2 | x 0 | x 0 | x 10 |
| Lugar situado en comarca con declive socioeconómico | 4 | x 0 | x 0 | x 10 |
| SUMAS | | lc | ld | lt |

CUADROS DE VALORACIÓN DE LA FRAGILIDAD Y DE LA VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS

| VALORACIÓN DE LA FRAGILIDAD | | | |
|---|---------------|-------------|--------------|
| | Puntos | Peso | Valor |
| Tamaño del LIG | | | |
| Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas) | 0 | X 40 | |
| Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas) | 1 | X 40 | |
| Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas) | 2 | X 40 | |
| Rasgos métricos (vulnerables por las visitas, como espeleotemas, etc.) | 4 | X 40 | |
| Vulnerabilidad al expolio | | | |
| No hay yacimiento paleontológico ni mineralógico o son de difícil expolio | 0 | X 30 | |
| Yacimiento paleontológico o mineralógico de escaso valor y fácil expolio | 1 | X 30 | |
| Yacimiento paleontológico o mineralógico de gran valor, con numerosos ejemplares y fácil expolio | 2 | X 30 | |
| Yacimiento paleontológico o mineralógico, con escasos ejemplares y fácil expolio | 4 | X 30 | |
| Amenazas naturales | | | |
| Lugar no vulnerable | 0 | X 30 | |
| Rasgo(s) vulnerable(s) a la meteorización | 1 | X 30 | |
| Lugar afectado por procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc) de intensidad moderada | 2 | X 30 | |
| Lugar afectado por intensos procesos activos (erosión, avenidas, desprendimientos, deslizamientos, etc) | 4 | X 30 | |
| | | 100 | F |

| VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD POR AMENAZAS ANTRÓPICAS | | | |
|---|---------------|-------------|--------------|
| | Puntos | Peso | Valor |
| Proximidad a actividades antrópicas (infraestructuras) | | | |
| Lugar no amenazado | 0 | X 20 | |
| Lugar situado a menos de 100 m de una carretera principal, de 1 km de una actividad industrial, minera, a menos de 2 km de suelo urbano en ciudades de menos de 100.000 habitantes o a menos de 5 km en poblaciones mayores | 1 | X 20 | |
| Lugar colindante con una actividad industrial o minera, con suelo urbano no urbanizado o situado a menos de 25 m de una carretera principal. | 2 | X 20 | |
| Lugar situado en una explotación minera, en suelo urbano o en el borde de una carretera principal | 4 | X 20 | |
| Interés para la explotación minera | | | |
| Sustancia sin interés o de escaso interés y sin explotaciones en la zona | 0 | X 15 | |
| Sustancia de escaso o moderado interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona | 1 | X 15 | |
| Sustancia de gran interés y de la que ya hay explotaciones alternativas en la zona | 2 | X 15 | |
| Sustancia de gran interés y de la que no hay explotaciones alternativas en la zona | 4 | X 15 | |
| Régimen de protección del lugar | | | |
| Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería | 1 | X 15 | |
| Lugar con figura de protección pero no sujeta a plan de ordenación y sin guardería También bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico | 2 | X 15 | |
| Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística, o lugar carente de figura alguna de protección | 4 | X 15 | |
| Protección física o indirecta | | | |
| Lugar no fácilmente accesible | 0 | X 15 | |
| Lugar situado en zonas de acceso prohibido y protegidas con vallas difícilmente franqueables. | 1 | X 15 | |
| Lugar situado en zonas de acceso prohibido pero sin vallar o con vallas fácilmente franqueables | 2 | X 15 | |
| Lugar carente de todo tipo de protección física o indirecta | 4 | X 15 | |

| | | | |
|---|---|------------|----------|
| Accesibilidad (agresión potencial) | | | |
| No cumple, por defecto, con las tres siguientes premisas (p.e. carretera asfaltada sin posibilidad de aparcar, senda o camino, pista TT, tren turístico, barco, etc.) | 0 | X 15 | |
| Acceso directo por pista sin asfaltar pero transitable por turismos | 1 | X 15 | |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para turismos | 2 | X 15 | |
| Acceso directo por carretera asfaltada con aparcamiento para autocar | 4 | X 15 | |
| Régimen de propiedad del lugar | | | |
| Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad pública | 1 | X 10 | |
| Lugar situado en áreas de acceso restringido y propiedad privada | 2 | X 10 | |
| Lugar situado en áreas de acceso libre (propiedad pública o privada) | 4 | X 10 | |
| Densidad de población (agresión potencial) | | | |
| Menos de 100.000 habitantes en un radio de 50 km | 0 | X 5 | |
| Más de 100.000 pero menos de 200.000 habitantes en un radio de 50 km | 1 | X 5 | |
| Entre 200.000 y 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 2 | X 5 | |
| Más de 1.000.000 habitantes en un radio de 50 km | 4 | X 5 | |
| Proximidad a zonas recreativas (agresión potencial) | | | |
| Lugar situado a más de 5 km de áreas recreativas (campings, playas, etc.) | | | |
| Lugar situado a menos de 5 km y más de 2 km de áreas recreativas | 1 | X 5 | |
| Lugar situado a menos de 2 km y más de 500 m de un área recreativa | 2 | X 5 | |
| Lugar situado a menos de 500 m de un área recreativa | 4 | X 5 | |
| | | 100 | A |

CUADRO DE VALORACIÓN DE LA PRIORIDAD DE PROTECCIÓN

| INTERÉS | Símbolos | | | |
|---|----------------------|-----|-----|---|
| Interés científico del LIG | Ic | | | |
| Interés didáctico del LIG | Id | | | |
| Interés turístico-recreativo del LIG | It | | | |
| Fragilidad del LIG | F | | | |
| Vulnerabilidad por amenazas antrópicas sobre el LIG | A | | | |
| Susceptibilidad de degradación del LIG | SD = (F x A) x 1/400 | | | |
| PRIORIDAD DE PROTECCIÓN | | | | |
| PRIORIDAD DE PROTECCIÓN | Símbolos | | | Fórmula |
| Prioridad de protección por su interés científico | PPc | | | $Ic^2 \times SD \times 1/400^2$ |
| Prioridad de protección por su interés didáctico | | PPd | | $Id^2 \times SD \times 1/400^2$ |
| Prioridad de protección por su interés turístico-recreativo | | | PPt | $It^2 \times SD \times 1/400^2$ |
| Prioridad de protección global: | | | PP | $[(Ic+Id+It) / 3]^2 \times SD \times 1/400^2$ |
| FIGURA DE PROTECCIÓN ESPECIFICA | | | | |
| Innecesaria | SD baja | | | |
| Necesaria a largo plazo o innecesaria | SD media-baja | | | |
| Necesaria a medio plazo | SD media-alta | | | |
| Urgente o necesaria a corto plazo | SD alta | | | |

Para calcular los parámetros Ic, Id, It, F y A ver los anejos V y VI