

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**CAPACIDAD DE ACOGIDA
DE LAS COMARCAS DE LOS ANCARES, EL
BIERZO, LA CABRERA Y LA CEPEDA (LEÓN)
PARA ALBERGAR MEGAPROYECTOS DE
PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EÓLICA**

**CARRYING CAPACITY
OF THE REGIONS OF LOS ANCARES,
EL BIERZO, LA CABRERA AND LA CEPEDA
(LEÓN) TO HOLD MEGAPROJECTS OF
WIND ENERGY PRODUCTION**

Autor: Rodrigo Arévalo González

Tutora: Estrella Alfaro Saiz

Cotutora: Victoria Ferrero Vaquero

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Febrero, 2024

ÍNDICE

(Clic en el Apartado deseado para acceder mediante hipervínculo)

Resumen	I
1. Introducción	1
1.1. Marco teórico.....	1
1.1.1. La producción eólica, los aerogeneradores y su impacto ambiental.....	1
1.1.2. Uso de los SIG para la ordenación eólica del territorio	3
1.2. Justificación	5
1.3. Objetivos.....	6
1.4. Hipótesis	7
1.5. Contenido.....	7
2. Material y Métodos	8
2.1. Descripción de la zona de estudio	8
2.2. Diseño experimental	11
2.3. Material.....	11
2.3.1. Capas cartográficas	11
2.3.2. Software	12
2.4. Flujo de trabajo	13
2.4.1. Diagrama de flujo	13
2.4.2. Obtención y tratamiento de capas base y complementarias y obtención y preprocesado de capas temáticas de aptitud e impacto	13
2.4.3. Elaboración de las matrices de aptitud y de impacto	14
2.4.4. Operaciones SIG para obtener la capacidad de acogida	15
2.4.5. Análisis complementario	17
3. Resultados	18
3.1. Procedimiento para la obtención del máximo valor por variable de impacto y del valor de exclusión en variables de aptitud	18
3.2. Mapas finales de capacidad de acogida por clases absolutas y relativas.....	18
3.3. Superficie de acogida y potencial energético	19
3.4. Comparación con el mapa de Sensibilidad del MITECO y con el mapa de Exclusión de la Junta de Castilla y León	21
3.5. Disposición de aerogeneradores proyectados	22
4. Discusión	23
5. Conclusiones	30

6. Bibliografía.....	32
7. Anexo I: Biblioteca de variables de aptitud y de impacto.....	52
7.1. Biblioteca de variables de aptitud.....	52
7.2. Biblioteca de variables de impacto	59
8. Anexo II: Cartografía temática de aptitud y de impacto	63
8.1. Cartografía temática de aptitud.....	63
8.2. Cartografía temática de impacto.....	80
9. Anexo III: Encuesta al comité de expertos para la jerarquización de las variables de aptitud	91
10. Anexo IV: Matrices de aptitud y de impacto	103
10.1. Matriz de aptitud.....	103
10.2. Matriz de impacto	109
11. Anexo V: Cartografía de valoración de aptitud y de impacto y mapas resultantes de valores de aptitud, de impacto y de capacidad de acogida	112
11.1. Cartografía de valoración de aptitud	112
11.2. Cartografía de valoración de impacto.....	129
11.3. Mapa de valores de aptitud.....	140
11.4. Mapa de valores de impacto	141
11.5. Mapa de valores de capacidad de acogida.....	142
12. Anexo VI: Puntos de validación en campo, análisis visual y reportaje paisajístico	142
13. Anexo VII: Centrales eólicas instaladas y proyectadas	153
14. Anexo VIII: Funcionamiento del viento y de los aerogeneradores y tratamiento de datos con R	155
15. Anexo IX: Descripción de impactos	161
16. Anexo X: Transición energética, modelo de energía distribuida y desarrollo rural en España.....	167
17. Anexo XI: La ordenación eólica en los ODS de la Agenda 2030	169
18. Anexo XII: Equipo para ejecutar el software	170
19. Abreviaturas	171

CAPACIDAD DE ACOGIDA DE LAS COMARCAS DE LOS ANCARES, EL BIERZO, LA CABRERA Y LA CEPEDA (LEÓN) PARA ALBERGAR MEGAPROYECTOS DE PRODUCCIÓN ENERGÉTICA EÓLICA

Arévalo-González, R. ¹, Alfaro-Saiz, E. ¹, Ferrero-Vaquero, V. ¹

¹ Universidad de León, Campus de Vegazana, 24071 León (España)



Resumen

Los grandes complejos de producción energética eólica generan sensibles impactos sobre el medio si se disponen en ausencia de una ordenación adecuada. Por ello, se ha valorado la capacidad de acogida del territorio incluido en las comarcas de Los Ancares, El Bierzo, La Cabrera y La Cepeda (provincia de León, Castilla y León, España) para albergar proyectos de producción energética eólica, obteniendo una herramienta espacial que permita guiar su futura ordenación. Con tal efecto, se ha combinado el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y del análisis espacial multicriterio, integrando 34 variables de aptitud y 21 de impacto, relacionadas con el comportamiento del viento, las particularidades físico-naturales e histórico-culturales y los usos del suelo actuales. Las variables de aptitud han sido jerarquizadas mediante encuesta a un comité de expertos. Se han generado dos mapas de capacidad de acogida, dada en intervalos absolutos y relativos, suponiendo los primeros resultados a escala regional en Castilla y León y puestos a disposición pública. Han sido comparados con las zonificaciones propuestas por la Administración nacional y autonómica, permitiendo determinar el insuficiente nivel restrictivo de estas últimas. La exactitud ha sido medida mediante puntos de validación en campo, resultando en una exactitud global del modelo de capacidad de acogida absoluta del 100,00% (78,40% - 100,00%). La acogida se distribuye de forma diferencial en el territorio, con un índice de superficie con acogida positiva de un 0,00%, un 8,64%, un 8,61% y un 43,85% para Los Ancares, El Bierzo, La Cabrera y La Cepeda, respectivamente. Sin embargo, a la hora de ordenar instalaciones eólicas, deberían tenerse en cuenta además efectos acumulativos y/o sinérgicos no contemplados en este estudio. Solo un 0,09% de la superficie total ha presentado un potencial energético óptimo con capacidad de acogida relativa Máxima. Además, se han localizado 76 aerogeneradores de complejos eólicos proyectados ya autorizados o en trámite sobre áreas con capacidad de acogida excluyente.

Palabras clave: Energías renovables, Medio ambiente, Ordenación del territorio, Sistemas de Información Geográfica, Usos del suelo.

Abstract

Large wind energy production complexes generate significant impacts on the environment if they are installed in the absence of adequate management. For this reason, the carrying capacity of the territory included in the regions of Los Ancares, El Bierzo, La Cabrera and La Cepeda (province of León, Castilla y León, Spain) has been assessed to hold wind energy production projects, producing a spatial tool that allows to guide its future territorial ordering. To this purpose, the use of Geographic Information Systems (GIS) and multi-criteria spatial analysis has been combined, integrating 34 aptitude variables and 21 impact variables, related to the behavior of the wind, physical-natural and historical-cultural particularities and current land uses. The aptitude variables have been ranked through a survey answered by a committee of experts. Two maps of carrying capacity have been generated, given in absolute and relative intervals, being the first results at a regional scale in Castilla y León and made publicly available. They have been compared with the zonings proposed by the national and regional Administration, allowing the insufficient restrictive level of the latter to be determined. The accuracy has been measured through validation points in the field, resulting in an overall accuracy of the absolute carrying capacity model of 100.00% (78.40% - 100.00%). The carrying capacity is distributed differentially in the territory, with an index of area with positive carrying capacity of 0.00%, 8.64%, 8.61% and 43.85% for Los Ancares, El Bierzo, La Cabrera and La Cepeda, respectively. However, when ordering wind installations in the territory, cumulative and/or synergistic effects not contemplated in this study should also be considered. Only 0.09% of the total surface has presented optimal energy potential with maximum relative carrying capacity. In addition, 76 wind turbines of projected wind complexes already authorized or in process have been located in areas with negative carrying capacity.

Keywords: Renewable energy, Environment, Territorial ordering, Geographical Information Systems, Land uses.

1. Introducción

1.1. Marco teórico

1.1.1. La producción eólica, los aerogeneradores y su impacto ambiental

La **producción** energética mediante combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas natural conlleva una degradación del medio ambiente y altas emisiones de carbono, además de que dichas fuentes de energía se caracterizan por una baja tasa de regeneración, mucho menor a la tasa de extracción. Es por ello que, en las recientes décadas, ante el incremento de demanda de energía, se consideran como alternativa las fuentes renovables, como es el caso de la energía eólica producida mediante aerogeneradores (Aydin *et al.*, 2010; Galdos-Urrutia y Madrid-Ruiz, 2010; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Mentis *et al.*, 2015; Qazi *et al.*, 2019; McKenna *et al.*, 2022). Se promueve como un tipo de generación de energía limpia por ser menos contaminante que la obtención y uso de combustibles fósiles, por reducir las emisiones de carbono y los desechos secundarios, por tener un coste generativo de energía relativamente bajo e incluso, como una manera de crecimiento para el entorno rural (Ramachandra y Shruthi, 2005; Panwar *et al.*, 2011; Cristea y Jocea, 2016; Argyrou *et al.*, 2018; Lacal-Arántegui, 2019; Yıldız, 2024). Así, en la última década, España ha desarrollado estrategias a favor de la instalación de plantas de generación de energías renovables, adecuándose a los objetivos energético-ambientales perseguidos por la Unión Europea (Díaz-Cuevas, 2018; Tsiropoulos *et al.*, 2020; Alfaro-Saiz *et al.*, 2023) a través de Directivas periódicamente actualizadas (Parlamento Europeo, 2009; 2018; 2023) y más de 73 países a nivel internacional ya han formulado e implementado objetivos y políticas de desarrollo de energías renovables (Poudyal *et al.*, 2019). No obstante, la expresión “energía limpia” se pone en duda cuando se tienen en cuenta, no solo las bondades de este tipo de energía, sino también su amplio espectro de impactos reales sobre la biodiversidad (Northrup y Wittemyer, 2013; Rehbein *et al.*, 2020; Serrano *et al.*, 2020) y el medio ambiente (algunos irreversibles), si las instalaciones se disponen en lugares poco apropiados, además de su limitada influencia en el desarrollo local (Krewitt y Nitsch, 2003; Espejo-Marín, 2004; Aydin *et al.*, 2010; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Gibson *et al.*, 2017; Comisión Europea, 2020; MITECO, 2020; Vallejos-Romero *et al.*, 2020; MediNat, 2021; Valera *et al.*, 2022; Alfaro-Saiz *et al.*, 2023; Martínez-Martínez *et al.*, 2023). La ordenación de renovables es un tema no exento de polémica (Dai *et al.*, 2015): el reciente estudio de Dunnett *et al.* (2022) afirma que la correlación entre la expansión de infraestructuras de producción de energía renovable y su afección a las áreas de alta importancia de conservación de biodiversidad (e.g., espacios protegidos) es mínima al no

producirse la expansión eólica directamente sobre estas áreas. Sin embargo, el también reciente informe de Pérez-García *et al.* (2022), considera una correlación más que palpable, al igual que De-Sadeleer (2017). Esta diferencia podría deberse, entre otras cuestiones, al sesgo producido por la escala de cada estudio, más generalista en el primero y más detallada en el segundo. Así, resulta de gran importancia generar conocimiento territorial objetivo y riguroso que sirva como apoyo en la toma de decisiones a nivel de ordenación y planificación, componiéndose del saber científico más actualizado (Serrano *et al.*, 2020; Alfaro-Saiz *et al.*, 2022).

La velocidad del viento a la altura de buje (o de turbina) necesaria para que un **aerogenerador** produzca energía aprovechable es de, al menos, 3 m/s (Kishore y Priya, 2013; Asadi *et al.*, 2023). A partir de los 4,5 m/s se valora como una fuente de energía aceptable y para más de 7 m/s se considera excelente (Ramachandra y Shruthi, 2005; Aymamí *et al.*, 2011; Kishore y Priya, 2013; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Mentis *et al.*, 2015; Cristea y Jocea, 2016; Höfer *et al.*, 2016; Zahedi *et al.*, 2022; Yildiz, 2024). El diseño de los aerogeneradores según el estándar internacional UNE-EN IEC 61400-1:2020 (UNE, 2020) tiene en cuenta el aprovechamiento de la velocidad del viento desde los 6 a los 10 m/s. La potencia energética generada a altura de buje se relaciona con la velocidad del viento, considerándose suficiente o rentable a partir de los 200-250 W/m² y óptima a partir de los 400-600 W/m² para localizaciones en tierra u *on-shore* (Hansen, 2005; EEA, 2009; Aydin *et al.*, 2010; Aymamí *et al.*, 2011; McKenna *et al.*, 2022; Asadi *et al.*, 2023; Sari y Yalcin, 2024). *Se encuentra disponible una ampliación temática de lo expuesto hasta ahora con el Apartado 1.1. (Marco teórico) en el Apartado 14. (Anexo VIII: Funcionamiento del viento y de los aerogeneradores y tratamiento de datos con R).*

Se entiende por “megaproyecto de producción energética eólica” aquel que requiere de grandes instalaciones para la generación de energía y su venta a la red. Se excluyen así a las instalaciones domésticas o vecinales de autoconsumo, ubicadas en cubiertas o tejados de edificios o suelos urbanos y de las gamas de producción de menos potencia disponibles en el mercado, además de aquellas instalaciones localizadas de manera puntual destinadas a I+D+i (MITECO, 2020). Las grandes instalaciones, centrales o complejos de producción energética eólica pueden conllevar sensibles **impactos** negativos sobre los medios biótico, abiótico, humano y perceptual si se disponen en el lugar incorrecto (MediNat, 2021; San-Miguel *et al.*, 2023; Terrón-Santos, 2024). Esto ha sido demostrado por las instalaciones de renovables ya construidas en ausencia de una ordenación adecuada y sin primar los valores ambientales, generando conflictos relacionados con las afecciones al medio y las repercusiones en el entorno

rural, como afirman diversos estudios a nivel internacional (Rehbein *et al.*, 2020; Jager *et al.*, 2021), nacional (Díaz-Cuevas *et al.*, 2017; Serrano *et al.*, 2020; Valera *et al.*, 2022; Durá-Alemañ *et al.*, 2023; Palacín *et al.*, 2023; Bolonio *et al.*, 2024) y local, en el territorio interior y próximo a la Cordillera Cantábrica (MediNat, 2021; Alfaro-Saiz *et al.*, 2023). Supone una de las causas por las que, recientemente, el gobierno autonómico de La Rioja ha suspendido nuevas autorizaciones de grandes instalaciones de generación de energía eléctrica (La Rioja, 2024). *Todos los posibles impactos se exponen en detalle en el Apartado 15. (Anexo IX: Descripción de impactos).*

1.1.2. Uso de los SIG para la ordenación eólica del territorio

El análisis de la capacidad de acogida se trata de una técnica que permite el examen territorial a partir de capas cartográficas para su correcta ordenación, otorgando valores o niveles a cada localización concreta, dependiendo de cómo de capaz es esta de albergar un uso concreto del suelo (Giménez-García *et al.*, 2023; Ruiz *et al.*, 2023). Estos niveles de capacidad se determinan de acuerdo a la suma de 1: las variables que indican una aptitud de esa localización para el uso -según un gradiente positivo para cada variable, además de valores para esa variable que excluyen totalmente la aptitud- y 2: las variables que suponen un impacto en esa localización para el uso -considerándose aquellos impactos con repercusiones sobre el territorio no solo negativas sino también positivas- (Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2003; Gómez-Orea y Gómez-Villarino, 2013; Espejel-García, 2015; Flórez-Gutiérrez, 2021). El progreso de las instalaciones de obtención de energía es plausible (Valera *et al.*, 2022), determinando aquellas áreas de máxima aptitud y mínimo impacto que proporcionen una capacidad de acogida adecuada (Saraswat *et al.*, 2021).

Una ordenación de un territorio debe satisfacer un conjunto de intereses que podrían parecer independientes pero que se encuentran relacionados, como son, por ejemplo, la rentabilidad económica y la afección mínima al medio ambiente, además de la conformidad de aquellas personas envueltas a nivel local (Hansen, 2005; Frolova, 2010; Peri y Tal, 2020). Hace décadas los estudios del territorio se basaban en costosas encuestas y análisis de campo, hasta la llegada de las herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica), que posibilitaron el estudio de áreas más amplias, de manera menos costosa a nivel económico y temporal e incrementando la objetividad de los resultados (Bonham-Carter, 1994; Kurowksa *et al.*, 2020). Los SIG permiten, mediante la integración matemática multicriterio de diversas capas cartográficas (Arnett y May, 2016), simplificar la realidad para conocer el territorio desde un enfoque general y estratégico (Rodríguez-Gámez *et al.*, 2023) a través de un resultado espacial y gráfico. Sin embargo, esto

no exime de los pertinentes trámites de evaluación ambiental (Fernández-Latorre y Ventura-Fernández, 2011; MITECO, 2020). Así, los estudios del territorio mediante SIG se conforman como sistemas de apoyo en decisiones de cara a la ordenación real (Van-Haaren y Fthenakis, 2011; Díaz-Cuevas *et al.*, 2019) y permiten el uso de herramientas fiables para facilitar una compleja ordenación del territorio a diferentes escalas (Ramachandra y Shruthi, 2005; Díaz-Cuevas *et al.*, 2017). En grandes proyectos para la explotación de energía eólica, la superficie a destinar para este efecto debe ser delimitada de acuerdo a criterios objetivos y sólidos. Así, se posibilita la armonización tanto de los requisitos del viento disponible como recurso eólico en el territorio, como de las características geográficas, físico-naturales, socioeconómicas e histórico-culturales de cada entorno (Aydin *et al.*, 2010; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Mentis *et al.*, 2015). De esta manera, las capas necesarias están relacionadas con ortoimágenes aéreas, cartografía geológica, fisiográfica, de fenómenos físicos y modelos de viento, de hábitats, presencia y potencialidad de especies, de usos del suelo, de parajes protegidos y de infraestructuras viarias y eléctricas (Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Cristea y Jocea, 2016). Algunos aspectos requieren especial protección, como la seguridad y salud de los habitantes o los bienes naturales y culturales, que deben ser tenidos en cuenta antes de la implantación de una instalación eólica. En algunos casos su preservación será incompatible con una instalación de aerogeneradores (escenario excluyente). En los casos restantes para los que su instalación sería posible, habrá diferentes niveles positivos de “capacidad de acogida” (Flórez-Gutiérrez, 2021), “adecuación” (ArcGIS Pro, 2023), “compatibilidad” (Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008), “idoneidad”, “potencialidad” (Díaz-Cuevas *et al.*, 2017) o “sensibilidad” (MITECO, 2020; SEO/BirdLife, 2023).

Los estudios para la ordenación de un territorio deben abarcar varias escalas para entender la realidad en toda su complejidad (Sevilla-Martínez, 2008). La implantación de una infraestructura como son los aerogeneradores podría tener un efecto equilibrador a nivel nacional, concentrándolos en una determinada zona, incrementando así la eficiencia espacial y económica, pero desequilibrador a nivel local, por la condensación producida en esa zona (Gutiérrez-Puebla, 2001; Harvey, 2003; Díaz-Cuevas *et al.*, 2017). Es común contar con estudios a escala aproximativa nacional, pero no tanto a escalas detalladas regionales (comunidad autónoma, provincia, comarca) que tengan en consideración los detalles diferenciables a nivel local. Por ello, es de alta importancia generar conocimiento a escala regional, en este caso a nivel supra comarcal (de un conjunto de comarcas). Un ejemplo de

ordenación a este nivel se encuentra en las Directrices de Ordenación de Ámbito Subregional de la Montaña Cantábrica Central (Castilla y León, 2011).

Una resolución cartográfica adecuada de trabajo es aquella que permite apreciar con detalle los cambios de cada variable a nivel supra comarcal sin sacrificar el rendimiento en la preparación y ejecución del flujo operativo y adaptándose a la resolución general del material disponible, permitiendo la combinación entre capas (Cristea y Jocea, 2016). Una resolución espacial “detallada” puede contar con un tamaño de píxel de 25 x 25 m (MITECO, 2023a) o de 50 x 50 m (CENER, 2023). Una resolución a “mesoescala”, de 300 x 300 m (CENER, 2023) o de 1 x 1 km (JCYL, 2023a). Y una resolución “general”, de 5 x 5 o de 10 x 10 km (JCYL, 2023a).

Se encuentra disponible una ampliación temática de lo expuesto hasta ahora con el Apartado 1.1. (Marco teórico) en los Apartados 16. (Anexo X: Transición energética, modelo de energía distribuida y desarrollo rural en España) y 17. (Anexo XI: La ordenación eólica en los ODS de la Agenda 2030).

1.2. Justificación

Este trabajo tuvo comienzo en el año 2021 en paralelo a eventos académicos, políticos y sociales relacionados con la necesidad de una ordenación eólica en el noroeste español, reflejados en los manifiestos del Fondo para la Defensa Jurídica de la Cordillera Cantábrica, de MediNat en el entorno de la Cordillera Cantábrica o de la Plataforma por el futuro de la Montaña Central Leonesa (FDJCC, 2021a; MediNat, 2021; PFMCL, 2021). Además, en diciembre del 2020, el MITECO propuso una zonificación para la implantación de grandes instalaciones de energías renovables eólicas según la sensibilidad ambiental genérica a nivel nacional pero sin tener en cuenta las características únicas de cada ámbito local (MITECO, 2020), que continúa vigente sin cambios a febrero de 2024, a pesar de su inadecuación al ámbito local expresada por los anteriores manifiestos y por diversos informes (Alfaro-Saiz *et al.*, 2022; 2023). En junio del 2022 la Junta de Castilla y León propuso una zonificación de exclusión de grandes instalaciones eólicas muy similar a la del MITECO enmarcada en la agilización de la gestión de los fondos europeos y el impulso de la actividad económica como consecuencia del conflicto bélico en Ucrania -DL 2/2022- (Castilla y León, 2022a; Bolonio *et al.*, 2024). La necesidad de una ordenación eólica objetiva y respetuosa en las comarcas a estudio en este trabajo se ha visto plasmada en la gran pantalla con “As Bestas” de Rodrigo Sorogoyen (Cadena Ser, 2023) y en movimientos secundados por industrias y asociaciones como Prada a Tope o Alimentos de Calidad del Bierzo (InfoBierzo, 2023), hasta llegar a las recientes reivindicaciones locales en

las calles de Ponferrada (El Bierzo, León) ([El Bierzo Noticias, 2023](#)), bajo el lema de “Renovables sí, pero no así”. Si bien las reivindicaciones se centran en la comarca de El Bierzo, resulta de alto interés estudiar también las comarcas adyacentes, pero diferentes, para generar una visión más completa de la capacidad de acogida relativa de cada territorio, como se indica en [Díaz-Cuevas *et al.* \(2017\)](#).

De esta manera, son dos las zonificaciones ambientales ante generación eólica elaboradas por parte de la Administración estatal y autonómica que tienen en cuenta el territorio estudiado. Sin embargo, ambas se encuentran limitadas por una visión poco detallada, sin tener en cuenta ciertas herramientas básicas de la ordenación territorial, como es la consideración de datos territoriales en múltiples escalas. Por otro lado, cuentan con deficiencias a nivel de protección medioambiental, que impiden garantizar que los proyectos no generen un impacto negativo en la conservación ambiental ([Alfaro-Saiz *et al.*, 2023](#)). La zonificación del MITECO, presentada como una herramienta meramente orientativa para las empresas, obtuvo la condición de vinculante con el RDL 6/2022 ([España, 2022b](#)), que permite la agilización de los procedimientos de proyectos de energías renovables ([Alfaro-Saiz *et al.*, 2022; 2023](#)). Las variables medioambientales más destacables tenidas en cuenta para dicha zonificación fueron las relacionadas con Espacios Naturales Protegidos y RN2000 (Red Natura 2000) -entre otras áreas de protección- y la de “Planes de conservación y recuperación de especies”. Previamente a la zonificación del MITECO, [De-la-Calzada-Otero \(2019\)](#) afirmaba que para las 65 especies vegetales amenazadas considerados en los catálogos de Castilla y León, el número de planes de gestión aprobados para cada una de ellas en ese momento era 0. De esta forma, el MITECO, al considerar para su zonificación únicamente los espacios naturales con una figura de protección y, dada la nula existencia de planes de gestión, el área de ocupación de esos taxones fue ignorada, obteniendo valores ambientales sesgados. Así, es necesario un estudio complementario para una ordenación territorial a escala comarcal, que tenga en cuenta variables locales y actualizadas, como (a) las zonas potenciales de distribución de especies protegidas dada su capacidad de resiliencia, (b) la biodiversidad vegetal al mismo nivel que la animal, (c) las áreas sensibles, no consideradas en la Red de Espacios Naturales, en las Reservas de la Biosfera ni en Red Natura 2000, (d) los corredores ecológicos, (e) los enclaves con valor histórico-cultural y (f) las parcelas con potencial uso agrícola y de abastecimiento primario.

1.3. Objetivos

El **objetivo principal** de este estudio es valorar y desarrollar una cartografía de la capacidad de acogida de las comarcas del oeste de la provincia de León (Los Ancares, El Bierzo,

La Cabrera y La Cepeda) para albergar megaproyectos de producción de energía eólica de acuerdo a criterios medioambientales, que suponga la base para una futura ordenación coherente.

Los objetivos específicos consisten en:

- Crear una propuesta complementaria a las zonificaciones ya existentes del MITECO de diciembre del 2020 y de la Junta de Castilla y León de junio del 2022.
- Diseñar una metodología de trabajo modelo para el ámbito local basada en análisis de multivariable y multicriterio.
- Generar una biblioteca con las capas cartográficas públicas disponibles, así como sus modificaciones y las nuevas capas generadas para el desarrollo de este estudio.
- Analizar el potencial energético según la capacidad de acogida resultante en cada área.
- Comprobar si la disposición de los aerogeneradores proyectados es adecuada.

1.4. Hipótesis

(1) El territorio supra comarcal analizado arrojará resultados de capacidad de acogida heterogéneos en las propias comarcas y entre comarcas, dadas las características propias de cada una de ellas. (2) Las comarcas de Los Ancares, El Bierzo y La Cabrera cuentan sensiblemente con un menor índice de superficie con capacidad de acogida positiva que La Cepeda, al contar con comunidades vegetales y hábitats más variados, con espacios protegidos y RN2000 y con un menor potencial eólico que esta última. (3) Existen complejos eólicos ya instalados y también proyectados no dispuestos en un territorio óptimo de ordenación.

1.5. Contenido

Este trabajo, tras el Apartado 1. introductorio, podrá seguirse de la siguiente manera: el Apartado 2. presenta la metodología seguida para generar la cartografía de capacidad de acogida del territorio así como los materiales utilizados, el Apartado 3. muestra los resultados cartográficos y territoriales, que serán discutidos en el Apartado 4., para finalizar con las conclusiones en el Apartado 5., dejando a disposición en el Apartado 6. la bibliografía utilizada. Los siguientes Apartados 7., 8., 9., 10., 11., 12., 13. y 18. comprenden anexos relacionados con la metodología y las capas de aptitud, de impacto y complementarias, con la validación de los resultados y con información en formato de tabla, mapa, encuesta, fotografía y corto documental. Los Apartados 14., 15., 16. y 17. amplían el marco teórico. El Apartado 19. contiene el significado de todas las abreviaturas empleadas.

2. Material y Métodos

2.1. Descripción de la zona de estudio

El territorio objeto de análisis se compuso de las comarcas de Los Ancares, El Bierzo, La Cabrera y La Cepeda, de acuerdo a la delimitación geográfica propuesta por Santos (2001), ver Figura 2.1-1, de alto interés dentro de la provincia de León, al tratarse de las zonas menos accesibles (particularmente Los Ancares y La Cabrera), según Herrero-Bayón (2023) y estudiadas (en contraste con los territorios de la colindante Cordillera Cantábrica y de la Montaña Central Leonesa).

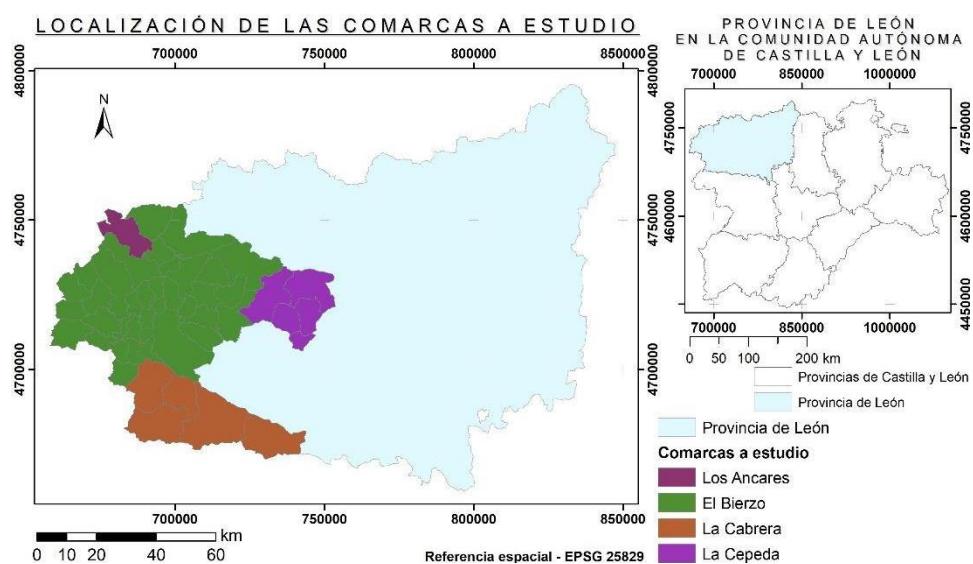


Figura 2.1-1.- Localización de las comarcas a estudio.

Las singularidades demográficas, administrativas y físicas quedan plasmadas en la siguiente Tabla 2.1-1:

Tabla 2.1-1.- Características demográficas, administrativas y físicas del territorio por comarca.

	Los Ancares	El Bierzo	La Cabrera	La Cepeda
Superficie (km ²)	140	2644	980	507
Población (nº de habitantes)	248	118229	2292	2930
Densidad de población (nº de habitantes/ km ²)	< 2	< 45	< 2	< 6
Divisiones municipales (nº)	1	35	5	6
Municipios > 4000 habitantes o municipio más poblado (nº de habitantes) (INE, 2022)	Candín o Valle de Ancares (248)	Ponferrada (63052), Bembibre (8279), Cacabelos (4874), Fabero (4239), Camponaraya (4109)	Castrocontrigo (701)	Quintana del Castillo (709)
Altitud máxima/media/mínima (msnm)	692/1276/1986	353/952/2116	430/1274/2169	764/1058/1530

Descripción del relieve	Sistema valle-montaña	Depresión interior u “hoya” rodeada por diversos sistemas montañosos	Sistema valle-montaña	Sistema de montaña al oeste y depresión al este
Tipo climático predominante (IGN, 2021)	De montaña	Mediterráneo continentalizado subhúmedo	Mediterráneo continentalizado subhúmedo	Mediterráneo continentalizado de inviernos fríos

Se proporcionan datos de temperatura media (°C) y precipitación media (mm) para una estación climatológica de cada tipo climático ([Climate Data, 2023](#)) en la siguiente [Tabla 2.1-2](#):

Tabla 2.1-2.- Temperatura y precipitación medias en época estival y no-estival en 3 estaciones climatológicas.
Fuente: elaboración propia, a partir de [Climate Data \(2023\)](#).

	Candín (Los Ancares)	Ponferrada (El Bierzo)	Quintana del Castillo (La Cepeda)
Época estival (julio)	17 °C , 40 mm	19 °C , 30 mm	19 °C , 7 mm
Época no-estival (enero)	3 °C , 140 mm	5 °C , 90 mm	4 °C , 85 mm

En cuanto a las redes fluviales, las comarcas de Los Ancares, El Bierzo y la parte oeste de La Cabrera pertenecen a la cuenca del Miño-Sil, mientras que La Cepeda y la parte este de La Cabrera pertenecen a la cuenca del Duero. Por El Bierzo discurre el río Sil, de segundo orden, del que se ramifican los ríos de tercer orden Selmo, Burbia, Cúa, Boeza y Cabrera, este último alcanzando la comarca de La Cabrera, que además cuenta con el río Eria, de segundo orden. Por la comarca de La Cepeda discurre el río Tuerto, de tercer orden. A parte, las cuatro comarcas cuentan con ríos, regueros, arroyos o riegos de cuarto y quinto orden ([JCYL, 1988](#)).

En cuanto a la litología, destacan cuatro tipos de formaciones: (1) Cuarcitas, areniscas y pizarras del Cámbrico-Ordovícico, (2) Lutitas, areniscas conglomerados y capas de carbón del Carbonífero, (3) Pizarras, microconglomerados, areniscas y calizas dolomías intercaladas del Cámbrico y (4) Arenas, limos, arcillas, cantos (fondos de valles y llanuras fluviales) del Holoceno ([JCYL, 2023b](#)).

La comarca de La Cepeda es la única de las cuatro que no cuenta con ningún tipo de espacio natural protegido de la Red de Espacios Naturales (REN) o de Red Natura 2000 ([JCYL, 2023b](#)).

El conjunto supra comarcal cuenta con más de 30 HIC (Hábitats de Interés Comunitario) de la Directiva Hábitat 92/43/CEE ([Pérez-García, 2021](#); [MITECO, 2023a](#)). Por otro lado, según las predicciones de reducción de biodiversidad a nivel nacional por cambio climático, en el año 2071 [Diéguez-Uribeondo et al. \(2011\)](#) prevén que estos territorios, junto con el resto de la Cordillera Cantábrica, sean potencialmente los que conserven la mayor riqueza de especies vegetales, algo por lo que actualmente ya destacan ([Jiménez-Alfaro et al., 2021](#)).

Se encuentran diversos taxones vegetales amenazados/protegidos, como *Armeria rothmaleri*, *Arnica montana*, *Geranium dolomiticum*, *Gyrocaryum oppositifolium*, *Klasea legionensis*, *Isatis platyloba*, *Myosoton aquaticum*, *Nymphaea alba*, *Petrocoptis grandiflora*, *Petrocoptis pyrenaica* subsp. *viscosa*, *Silene acutifolia* o *Thelypteris palustris*, en ocasiones presentes en espacios naturales no protegidos y sin planes de conservación (Álvarez *et al.*, 2015; Puente-García *et al.*, 2018; Moreno-Saiz *et al.*, 2019; Alfaro-Saiz *et al.*, 2022; Alfaro-Saiz *et al.*, 2023; JCYL, 2023b) y fauna ibérico-cantábrica emblemática o amenazada, como el oso pardo cantábrico (*Ursus arctos pyrenaicus*), el lobo ibérico (*Canis lupus signatus*), el desmán ibérico (*Galemys pyrenaicus*), el urogallo cantábrico (*Tetrao urogallus cantabricus*), el águila real (*Aquila chrysaetos*), la perdiz pardilla (*Perdix perdix*), el aguilucho cenizo (*Circus pygargus*), el aguilucho pálido (*Circus cyaneus*) o el alimoche común (*Neophron percnopterus*) (Ezquerra-Boticario y Pinto, 2020; Pérez-García, 2021; JCYL, 2023b; SEO/BirdLife, 2023), entre otros.

En las comarcas de Los Ancares, El Bierzo y La Cabrera, las rachas de viento provienen predominantemente de la componente oeste. Se dan un 0,4 % de días de calma y con una velocidad de racha diaria de entre de 5 y 20 m/s (media de 7,8 m/s) y una velocidad media diaria de 1,8 m/s, según los datos numéricos de la estación de Ponferrada (El Bierzo) a 10 m sobre el suelo, todo esto de manera similar a lo largo de todo el año. En La Cepeda, además de la componente oeste, también destaca la norte. Este tipo de viento noroeste se denomina “cierzo” (Aymamí *et al.*, 2011). *Información desarrollada en el Apartado 14. (Anexo VIII: Funcionamiento del viento y de los aerogeneradores y tratamiento de datos con R).*

De acuerdo a los Mapas Eólicos de Castilla y León de Aymamí *et al.* (2016), solo la comarca de La Cepeda y las partes más altas de montaña de las otras tres comarcas poseen una velocidad de viento media anual a altura de buje y una densidad de potencia eólica media anual potencial comparables al valor medio autonómico. Las demás áreas cuentan, por lo tanto, con un menor potencial eólico.

A fecha de 2 de enero de 2024, son 11 las grandes centrales o complejos de generación eólica ya con instalaciones en el área de estudio (AEE, 2021; FDJCC, 2021b). Las centrales proyectadas y autorizadas son 6. Las proyectadas y aún en trámite, 5. Finalmente, son 14 las centrales proyectadas que han sido desistidas o denegadas (FDJCC, 2021b). *Pueden ser consultadas sus características y la disposición de sus aerogeneradores en el Apartado 13. (Anexo VII: Centrales eólicas instaladas y proyectadas).*

2.2. Diseño experimental

Para el análisis de la zona se partió de las siguientes premisas:

- El estudio se centró en variables físico-naturales del territorio (relativas al Patrimonio Natural, a la biodiversidad, a los Lugares de Interés Geológico (LIG) o al comportamiento del viento, entre otros aspectos), obviando las variables puramente socioeconómicas. De manera adicional se tuvieron en cuenta variables de naturaleza sociocultural, histórica, urbanística y en relación a las infraestructuras, como recomiendan diversos estudios (Baban y Parry, 2001; Krewitt y Nitsch, 2003; Van-Vliet *et al.*, 2016; Díaz-Cuevas, 2018; Zahedi *et al.*, 2022; Pérez-García *et al.*, 2022).
- Para este estudio multicriterio se seleccionaron una serie de variables con influencia en el área, relacionadas con la producción de energía eólica o con sus impactos.
- A nivel cartográfico, se trabajó con una resolución detallada, de 50 x 50 m, al ser la resolución limitante de las capas ráster de aptitud.

2.3. Material

2.3.1. Capas cartográficas

Se seleccionaron y desarrollaron diferentes variables o capas de aptitud e impacto, de cara a la obtención de la capacidad de acogida. Se tuvieron en cuenta diversas capas complementarias, para analizar la capacidad de acogida y varias capas base, para posibilitar el trabajo cartográfico.

- Variables de Aptitud:

Las variables se clasificaron principalmente en base a su relación con: (a) el viento, (b) los espacios naturales y la biodiversidad y (c) los usos actuales del suelo, los enclaves histórico-culturales y las infraestructuras. *Se presentan las 34 variables de aptitud escogidas en el Apartado 7. (Anexo I: Biblioteca de variables de aptitud y de impacto), (Tabla 7.1-1).*

- Variables de Impacto:

Las variables tenidas en cuenta fueron áreas o infraestructuras relacionadas con sensibilidad o afecciones a la biodiversidad. *Se presentan las 21 variables de impacto escogidas en el Apartado 7. (Anexo I: Biblioteca de variables de aptitud y de impacto), (Tabla 7.2-1).*

- Capas complementarias:

- Mapa de potencia energética estimada a altura de buje de 100 m: obtenida de Global Wind Atlas (2023) -Ráster, 250 x 250 m-.

- Aerogeneradores instalados y aerogeneradores proyectados: digitalizada y modificada de FDJCC (2021b) para cada uno de los aerogeneradores presentes en el territorio supra comarcal de este trabajo -Vectorial, puntual-.
- Zonificación Ambiental de grandes eólicas del MITECO según su sensibilidad ambiental: obtenida de MITECO (2020) -Ráster, 25 x 25 m-.
- Zonificación de Renovables JCYL: Excluido Eólico: obtenida de JCYL (2023b) -Vectorial, poligonal-.
- Capas base:
 - Ortofotografías de máxima actualidad del área de estudio: obtenida de JCYL (2023b) -Ráster, 25 x 25 cm-.
 - Límites comarcales del área de estudio: obtenida y modificada de JCYL (2023b) -Vectorial, poligonal-.
 - Contorno del área total de estudio: obtenida y modificada de JCYL (2023b) -Vectorial, poligonal-.

2.3.2. Software

- ArcMap Desktop v. 10.8.2 (ArcMap, 2021): *software* empleado para realizar el tratamiento cartográfico holístico multicapa.
- ArcGIS Pro v. 3.2.2 (ArcGIS Pro, 2023): *software* utilizado para generar análisis radiales de cuencas visuales.
- QGIS Desktop v. 3.28.13 ‘Firenze’ (QGIS, 2023): *software* empleado para la conversión de capas en formato *GeoPackage* a ESRI *Shapefile*.
- WindNinja v. 3.7.1 (WindNinja, 2021): *software* de simulación del comportamiento del viento de acuerdo a *inputs* físicos.
- Flourish Scatter v. 20.4.5 (Flourish Scatter, 2024): *software* empleado en la generación de gráficos de violines.
- R v. 4.3.1 (R, 2023): código de programación con el que se han tratado y graficado los datos de dirección y velocidad de rachas de viento.
- RStudio v. 2023.06.2 (RStudio, 2023): interfaz gráfica para programación en código R.

Pueden ser consultadas las especificaciones de equipo recomendadas para ejecutar el software en el Apartado 18. (Anexo XII: Equipo para ejecutar el software).

2.4. Flujo de trabajo

2.4.1. Diagrama de flujo

Se siguió un flujo operativo o metodológico de trabajo paso a paso, como se indica en varios estudios (Hansen, 2005; Aydin *et al.*, 2010; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Mantis *et al.*, 2015; Höfer *et al.*, 2016; Díaz-Cuevas *et al.*, 2017; Ryberg *et al.*, 2017; Ayodele *et al.*, 2018; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020; Zahedi *et al.*, 2022; SEO/BirdLife, 2023; Yildiz, 2024), no automatizado y confeccionado con capas a medida según las características locales del área estudiada (ver Figura 2.4.1-1), que se encuentra descrito detalladamente en los siguientes Apartados.

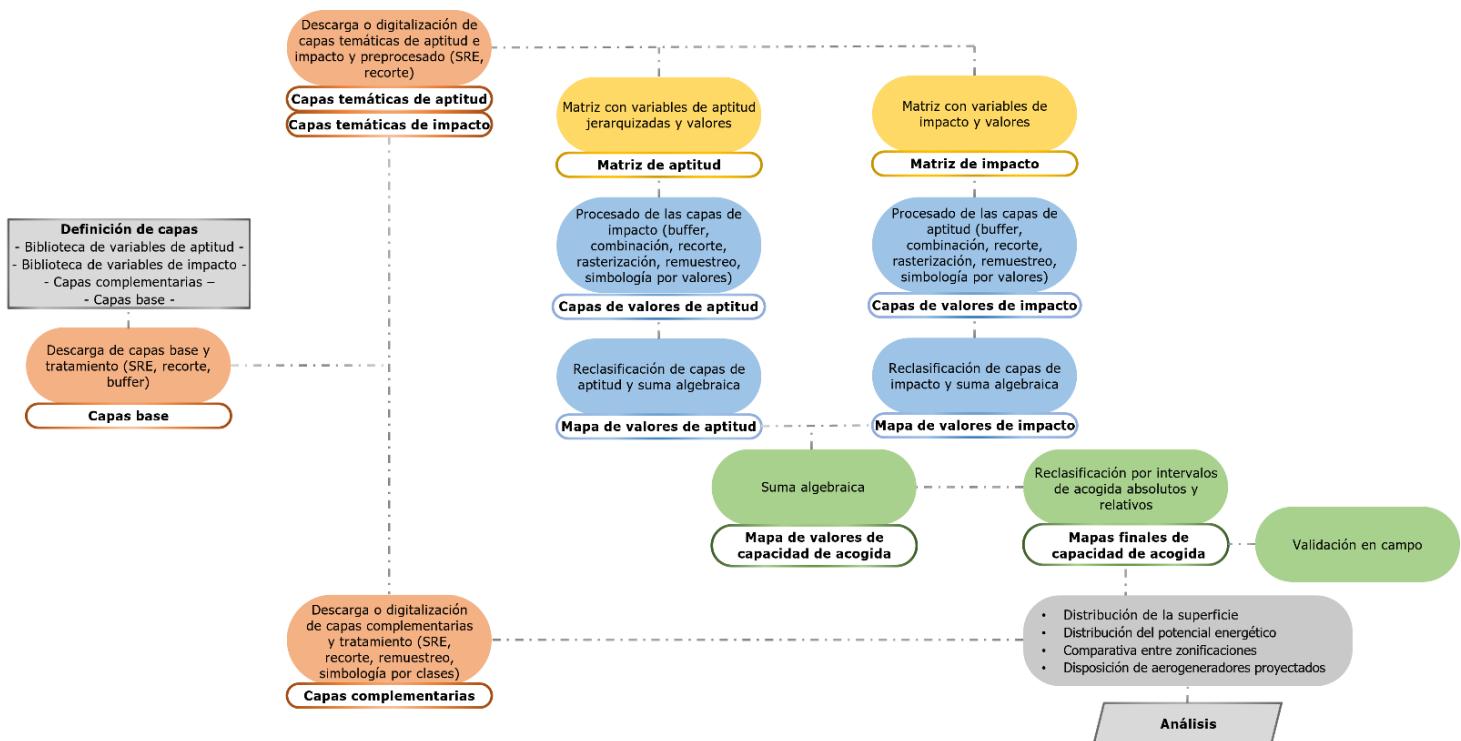


Figura 2.4.1-1.-Diagrama de flujo operativo.

2.4.2. Obtención y tratamiento de capas base y complementarias y obtención y preprocesado de capas temáticas de aptitud e impacto

Primeramente se obtuvieron y trajeron las **capas base** para la elaboración y visualización de los resultados: los límites municipales y comarcas del territorio estudiado y las ortofotografías (vuelos PNOA de máxima actualidad).

Después, se descargaron o digitalizaron los **datos cartográficos temáticos** disponibles (en su versión de máxima actualidad a enero de 2024) **relativos a cada una de las variables o capas (de aptitud, de impacto y complementarias)** del Apartado 2.3.1. Se trabajó con ellas en ArcMap, ArcGIS Pro y/o QGIS, según la tarea a desempeñar. Las coordenadas se transformaron

al Sistema de Referencia Espacial (SRE) definido por el marco legal en España ([España, 2007](#)), el EPSG 25829, Datum: ETRS 1989, Proyección: Transversal Mercator, Huso: 29.

A continuación, se recortó cada una de las capas al área estudiada (para las capas ráster de aptitud e impacto y para todas las complementarias, sobre la superficie de estudio y para las capas vectoriales de aptitud e impacto, sobre la superficie de estudio con un buffer de 500 m de radio extra para no perder información por “efecto borde”). Se decidió que el mapa final de capacidad de acogida (por intervalos absolutos) se distribuyese en 4 clases o intervalos de acogida absoluta (3 positivos y 1 negativo o “de exclusión”). Esta elección fue necesaria para poder realizar los pasos explicados en el siguiente Apartado.

2.4.3. Elaboración de las matrices de aptitud y de impacto

Para la elaboración de la matriz de aptitud, se jerarquizaron por orden de importancia las variables de aptitud consideradas, a las que, dentro de su variabilidad, se otorgaron pesos o valores crecientes positivos. De las múltiples metodologías para la jerarquización de pesos de las variables de aptitud con valores no solamente excluyentes ([MITECO, 2020](#)), se decidió justificar esta mediante una encuesta a expertos ([Baban y Parry, 2001; Belmonte et al., 2013](#)). *Se pueden observar el formato de la encuesta y sus resultados en el Apartado 9. (Anexo III: Encuesta al comité de expertos para la jerarquización de las variables de aptitud).*

Contar con los valores mínimos y máximos elaborados y plasmados en la biblioteca de variables de aptitud, permitió elaborar la matriz de aptitud según el nivel jerárquico de la variable de manera proporcional, de manera homóloga a los *fuzzy sets* o diagramas por grados de satisfacción empleados en diversos estudios ([Hansen, 2005; Aydin et al., 2010; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Zahedi et al., 2022](#)), aunque discretizando el rango de posibles valores. Se consideró el máximo valor de aptitud el número de variables influyentes en la matriz con valores no excluyentes (en este caso 31, de las 34 variables de aptitud totales), siendo 1 el menor valor positivo y 0 el valor de neutralidad, teniendo también en cuenta el valor excluyente (aquel que imposibilita la aptitud del terreno para un uso de producción eólica, se representa con un valor de $-\infty$), de acuerdo a metodologías como la seguida en [Mentis et al. \(2015\)](#). *La matriz de aptitud resultante puede ser consultada en el Apartado 10. (Anexo IV: Matrices de aptitud y de impacto), (Tabla 10.1-1).*

La matriz de impacto fue elaborada de manera análoga a la anterior (aunque sin jerarquización), teniendo en cuenta valores de impacto tanto negativos como positivos, además del valor 0 (neutralidad). El máximo valor de impacto absoluto por variable se calculó teniendo

en cuenta la matriz de impacto como complementaria a la de aptitud (“criterio de complementariedad”), pero con un nivel de influencia comparable (un valor de impacto máximo sería capaz de anular un valor de máxima aptitud). Por lo tanto, el impacto podría influir como máximo en 3 cambios de clase o intervalos de acogida (respecto de si la capacidad de acogida se obtuviese solo con variables de aptitud y ya que la capacidad se daría con 3 clases no excluyentes), suponiendo que 1 cambio de clase simplificado se corresponde con una suma o resta del valor máximo de aptitud dividido entre las 4 clases de acogida totales (3 no excluyentes y 1 excluyente).

En la matriz se tuvieron en cuenta variables relacionadas con el impacto sobre la biodiversidad, referidas a un espacio de potencial presencia de especies amenazadas, dado en cuadrículas UTM 5 x 5 o 10 x 10 km (como la de Áreas Vegetales de Gran Importancia). Si existieran planes de conservación para cada especie y la identificación de su presencia exacta mediante inventario, se utilizarían como zonas de exclusión precisas para la matriz de aptitud, con un *buffer*. Sin embargo, ante la falta de estos datos, se tuvieron en cuenta al completo las áreas de 5 x 5 o 10 x 10 km como áreas con máximo impacto negativo (categoría de “muy alto”), de acuerdo al principio de precaución medioambiental ([Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011](#); [Hansson, 2020](#)). No obstante, las variables con áreas de potencial presencia en superficies UTM 1 x 1 km, sí se tuvieron en cuenta al completo con valor excluyente en la matriz de aptitud al suponer áreas sensiblemente más precisas. *La matriz de impacto resultante puede ser consultada en el Apartado 10. (Anexo IV: Matrices de aptitud y de impacto), (Tabla 10.2-1)*.

2.4.4. Operaciones SIG para obtener la capacidad de acogida

Cada una de las capas temáticas de aptitud e impacto fueron procesadas para adecuarse a los valores designados en la matriz correspondiente para cada variable. El trabajo de cálculo multicapa requiere la totalidad de las capas en formato matricial o ráster, por lo que las capas de aptitud e impacto en formato vectorial fueron convertidas a ráster. Se definió una resolución de celda de 50 x 50 m, al ser el valor limitante de mayor detalle posible de acuerdo a la resolución de todas las capas ráster disponibles y al presentar un detalle cercano al de las cartografías del MITECO y del BDN (Banco nacional de Datos de la Naturaleza) ([MITECO, 2020; 2023a](#)). Las capas que se encontraban en formato ráster con diferente resolución, se redimensionaron a la anteriormente mencionada.

Se adecuó la simbología de cada una de las capas correspondientes a cada variable de aptitud e impacto y fueron reclasificadas, de tal manera que los valores de sus píxeles tomaran los valores de aptitud e impacto asignados en cada matriz para la variable.

Todas las capas de valores de aptitud fueron integradas o superpuestas -operación algebraica de suma o combinación lineal sin estandarización- (**MITECO, 2020**) en una sola, obteniendo un **mapa de valores de aptitud**. Todas las capas de valores de impacto fueron también integradas, obteniendo un **mapa de valores de impacto**. Finalmente, fueron integrados los mapas de aptitud e impacto, dando como resultado el **mapa de valores de capacidad de acogida**, con una resolución espacial de 50 x 50 m.

Su simbología se adecuó para obtener como producto visual el **mapa final de capacidad de acogida diferenciado por clases absolutas**, mediante cuatro intervalos o clases de capacidad de acogida absoluta (“Alta”, “Media”, “Baja” y “Excluyente”). Los tres primeros intervalos se distinguieron por partes iguales (que genera clases respetando la distancia objetiva entre valores) para compatibilizar el criterio de complementariedad de las variables de impacto sobre las de aptitud, teniendo en cuenta que el máximo valor positivo teórico para cada celda del mapa era de 874 unidades (capacidad “Alta”: 583-874, capacidad “Media”: 292-582, capacidad “Baja”: 0-291) (ver **Figura 2.4.4-1**). Al intervalo de capacidad “Excluyente” le correspondieron todos los valores < 0 unidades.

Por otro lado, a fin de generar otro producto que mostrara las diferencias del nivel capacidad de acogida entre las propias áreas no excluyentes, se generó un **mapa final de capacidad de acogida diferenciado por clases relativas**. Teniendo en cuenta el máximo valor de píxel y el mínimo valor obtenidos, se generaron por el método de cortes naturales de Jenks, que genera clases minimizando la varianza intraclase y maximizando la varianza interclase (**Jenks, 1967**), tres clases relativas (“Máxima”, “Intermedia” y “Mínima”) (ver **Figura 2.4.4-1**), a parte de la clase “Excluyente”, con valores menores de 0.

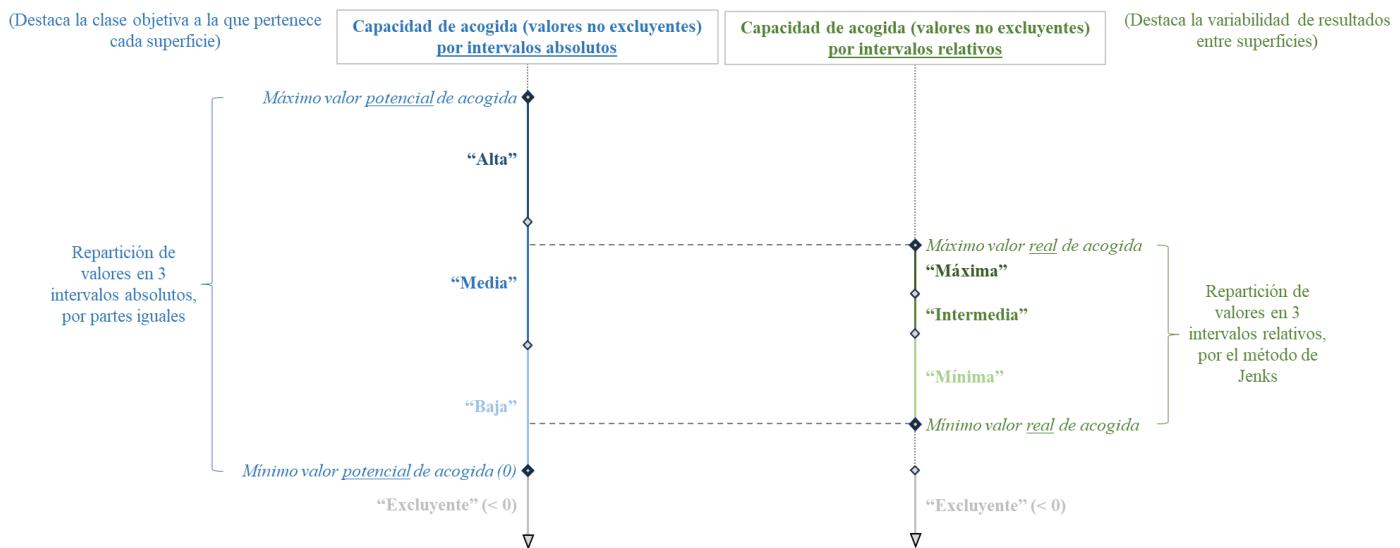


Figura 2.4.4-1.- Diferenciación gráfica de la obtención de intervalos de acogida absolutos y relativos.

Los colores para indicar los intervalos fueron escogidos mediante gradación de una misma escala cromática, de manera que también pudieran ser distinguidos por personas con alguno de los tipos de daltonismo más comunes (protanopia, deuteranopia, tritanopia o acromatopsia) o al visualizarse en escala de grises, como indican Gołębiowska y Çöltekin (2022).

Los dos mapas finales de capacidad de acogida fueron exportados en formato ráster georreferenciado (geoTIFF) con la superposición de las divisiones por comarca y por municipio, para posibilitar la consulta de la capacidad de acogida de este territorio por las posibles partes interesadas.

Se validó la exactitud del mapa de capacidad de acogida por intervalos absolutos, mediante la valoración de 12 localizaciones en campo (verdad-terreno). Mediante una matriz de confusión, fueron obtenidas la exactitud global y las exactitudes del productor y del usuario con sus intervalos de confianza al 95 % de significación. *El proceso de validación se encuentra desarrollado en el Apartado 12. (Anexo VI: Puntos de validación en campo, análisis visual y reportaje paisajístico).*

2.4.5. Análisis complementario

A continuación, se analizó la superficie de acogida del territorio por intervalos absolutos.

Así mismo, se obtuvo un mapa de distribución del potencial según la acogida, cruzando los resultados de capacidad de acogida en clases relativas con los datos disponibles de potencial energético eólico estimado.

También se elaboró cartografía comparativa entre las zonificaciones de este estudio, del MITECO y de la JCYL.

Finalmente, se estudió la adecuación de la disposición de los aerogeneradores proyectados en el territorio según su fase legal de proyección, con la elaboración de un gráfico de violines y mediante su cartografiado.

3. Resultados

3.1. Procedimiento para la obtención del máximo valor por variable de impacto y del valor de exclusión en variables de aptitud

El máximo valor de aptitud alcanzable, con el conjunto de las 31 variables de aptitud con valores no excluyentes, es de $31 + 30 + 29 + \dots + 1 (+ 0) = ((31 + 1) / 2) \times 31 = 496$, teniendo en cuenta que se trata del sumatorio de la progresión aritmética gradual del máximo valor de cada variable (SOCYLEMA, 2010). Existen 4 clases o intervalos de acogida absoluta (Alta, Media y Baja (con valores ≥ 0) y Excluyente (con valores < 0)). De esta manera, el valor límite complementario de impacto que permitiría asegurar hasta 3 cambios de clase es de $3 \times (496 / 4) + 1 = 373$. Teniendo en cuenta que existen 21 variables de impacto, el máximo valor absoluto de impacto por variable deberá ser de $373 / 21 = 17,8$; que con un redondeo creciente a enteros es de 18. Finalmente, se discretizaron los valores en 5 posibilidades positivas y 5 negativas, según la consideración del impacto como “muy alto”, “alto”, “medio”, “bajo” o “muy bajo”, obteniendo la matriz de impacto. El máximo valor potencial o teórico absoluto de impacto para cada celda del mapa fue de $18 \times 21 = 378$ unidades.

El máximo valor positivo teórico de capacidad de acogida (aptitud e impacto, $496 + 378$) para cada celda del mapa fue de 874 unidades de acogida. Por ello, en la matriz de aptitud, se consideró adecuado un valor de -1000 para los casos excluyentes de cada variable.

3.2. Mapas finales de capacidad de acogida por clases absolutas y relativas

Como resultado principal, se generaron los mapas finales de capacidad de acogida (Figuras 3.2-1 y 3.2-2), mostrándose las categorías resultantes por intervalos de acogida absolutos (capacidades de acogida Excluyente, Baja y Media) y relativos (capacidades de acogida Excluyente, Mínima, Intermedia y Máxima), respectivamente. *Los mapas se encuentran disponibles en el repositorio de acceso abierto GitHub en formato .tif georreferenciado, para su visualización en gestores cartográficos: <https://github.com/rarevg00/Capacidad-de-acogida-al-oeste-de-Le-n-para-la-implantaci-n-de-e-licas/tree/main>.* La validación indicó que el modelo por intervalos absolutos cuenta con una exactitud global (con intervalos de confianza) del 100,00 % (78,40 % - 100,00 %).

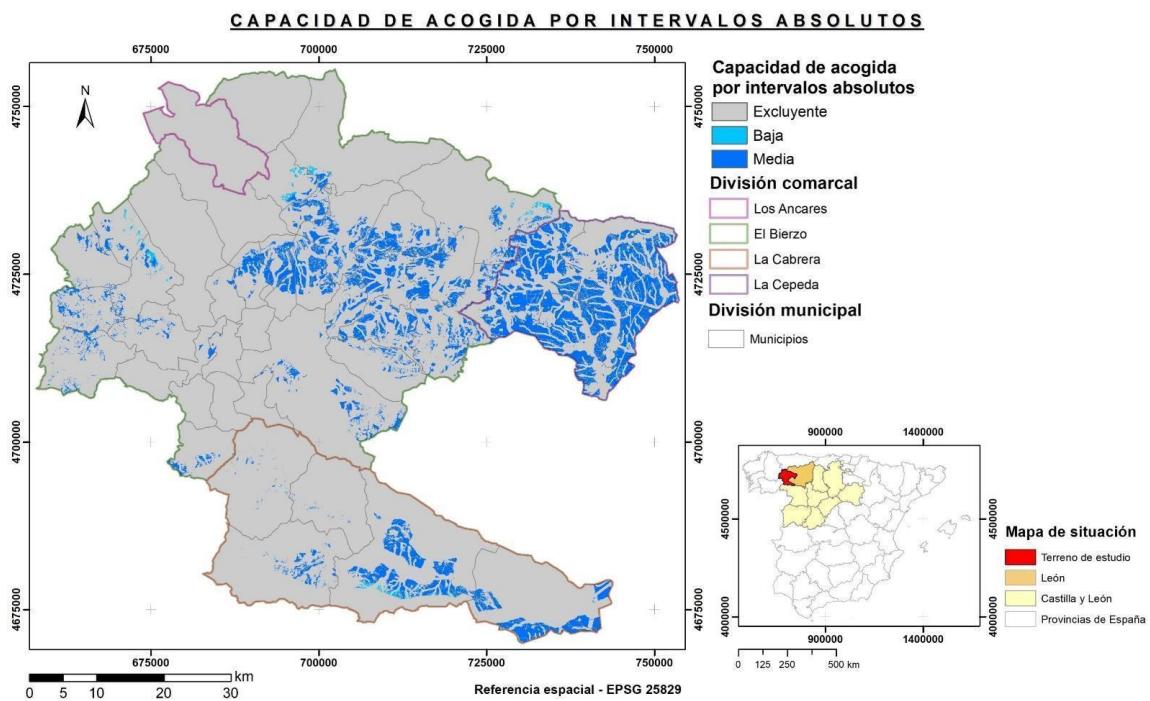


Figura 3.2-1.- Mapa de capacidad de acogida por intervalos absolutos (intervalos no excluyentes equidistantes, teniendo en cuenta un mínimo valor potencial de 0 unidades de acogida y un máximo de 874).

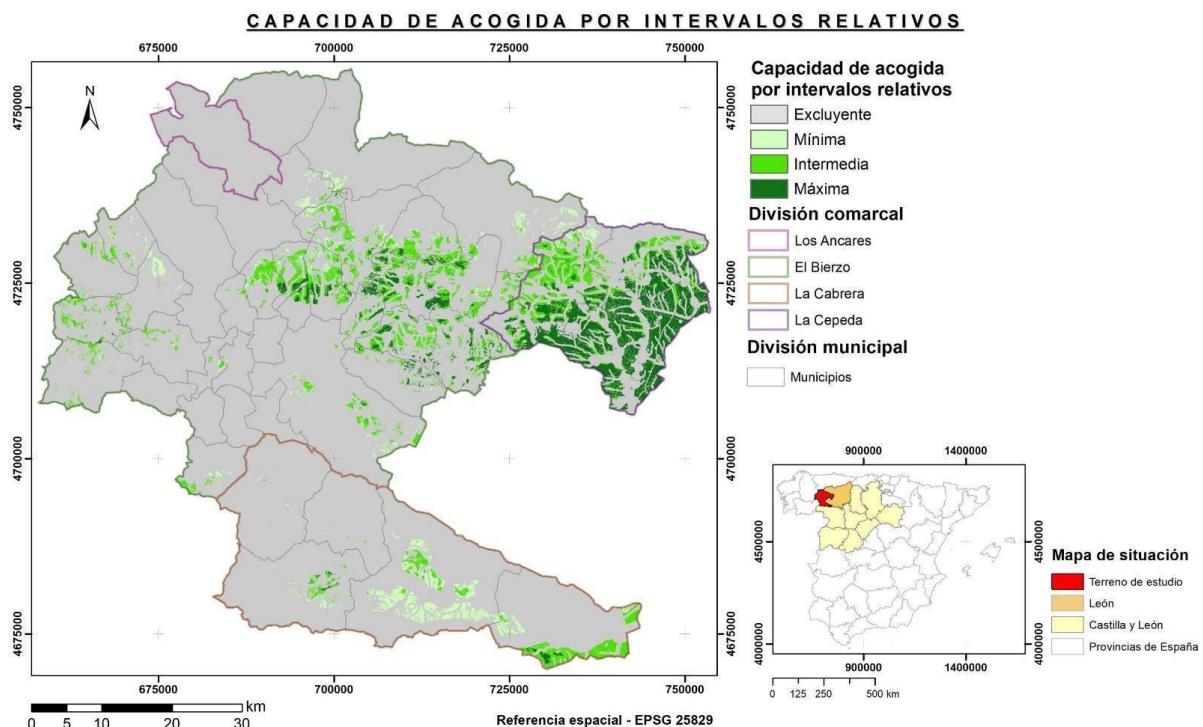


Figura 3.2-2.- Mapa de capacidad de acogida por intervalos relativos (intervalos no excluyentes por Jenks, con un mínimo valor real de 211 unidades de acogida y un máximo de 485).

3.3. Superficie de acogida y potencial energético

Se presenta en la Tabla 3.3-1 la repartición de la superficie de acuerdo a las clases absolutas de capacidad de acogida en el área supra comarcal a estudio, que es de un 0,00 % para la clase de acogida Alta, de un 12,18 % para la clase Media, de un 0,28 % para la clase Baja y del 87,54

% para la clase Excluyente. La Tabla 3.3-2 muestra el índice de la superficie con capacidad de acogida positiva o “no excluyente” por comarca.

Tabla 3.3-1.- Repartición de la superficie por comarca según la clase de acogida (áreas aproximativas, al estar referidas a una capa ráster con resolución de 50 x 50 m).

		Territorio				TOTAL (área supra comarcal)
		Los Ancares	El Bierzo	La Cabrera	La Cepeda	
Intervalo absoluto de capacidad de acogida	Alta	0 km ² (0,00 %)	0 km ² (0,00 %)	0 km ² (0,00 %)	0 km ² (0,00 %)	0 km² (0,00 %)
	Media	0 km ² (0,00 %)	223 km² (5,19 %)	79 km² (1,84 %)	221 km² (5,15 %)	523 km ² (12,18 %)
	Baja	0 km ² (0,00 %)	8 km ² (0,19 %)	4 km ² (0,09 %)	0 km ² (0,00 %)	12 km ² (0,28 %)
	Excluyente	139 km ² (3,24 %)	2443 km ² (56,91 %)	892 km ² (20,78 %)	284 km ² (6,62 %)	3758 km ² (87,54 %)
	TOTAL	139 km ² (3,24 %)	2675 km ² (62,31 %)	975 km ² (22,71 %)	504 km ² (11,74 %)	4293 km² (100 %)

Tabla 3.3-2.- Índice de la superficie con capacidad de acogida positiva o “no excluyente” por comarca (%).

Índice de superficie de acogida positiva (%): (Superficie con capacidad de acogida positiva / superficie total) x 100				
Los Ancares	El Bierzo	La Cabrera	La Cepeda	
0,00	8,64	8,51	43,85	

La Tabla 3.3-3 y las Figuras 3.3-1 y 3.3-2 muestran la repartición de la superficie total de estudio de acuerdo al potencial energético eólico (estimado a una altura de buje de 100 m) según cada intervalo relativo de capacidad de acogida.

Tabla 3.3-3.- Repartición de la superficie: potencial energético según los intervalos relativos de capacidad de acogida (tabla).

		Potencial energético eólico a una altura de buje de 100 m			TOTAL
		≤ 200 W/m ² (Insuficiente)	200 - 400 W/m ² (Suficiente)	> 400 W/m ² (Óptimo)	
Intervalo relativo de capacidad de acogida	Máxima	32 km ² (0,75 %)	156 km ² (3,63 %)	4 km² (0,09 %)	192 km ² (4,47 %)
	Intermedia	109 km ² (2,54 %)	118 km ² (2,75 %)	15 km ² (0,35 %)	242 km ² (5,64 %)
	Mínima	42 km ² (0,98 %)	50 km ² (1,16 %)	9 km ² (0,21 %)	101 km ² (2,35 %)
	Excluyente	1994 km ² (46,45 %)	1235 km ² (28,77 %)	529 km ² (12,32 %)	3758 km ² (87,54 %)
	TOTAL	2177 km ² (50,71 %)	1559 km ² (36,31 %)	557 km ² (12,97 %)	4293 km² (100 %)

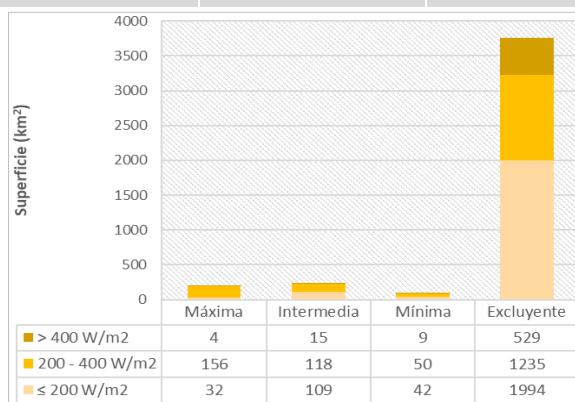


Figura 3.3-1.- Repartición de la superficie: potencial energético según los intervalos relativos de capacidad de acogida (gráfico).

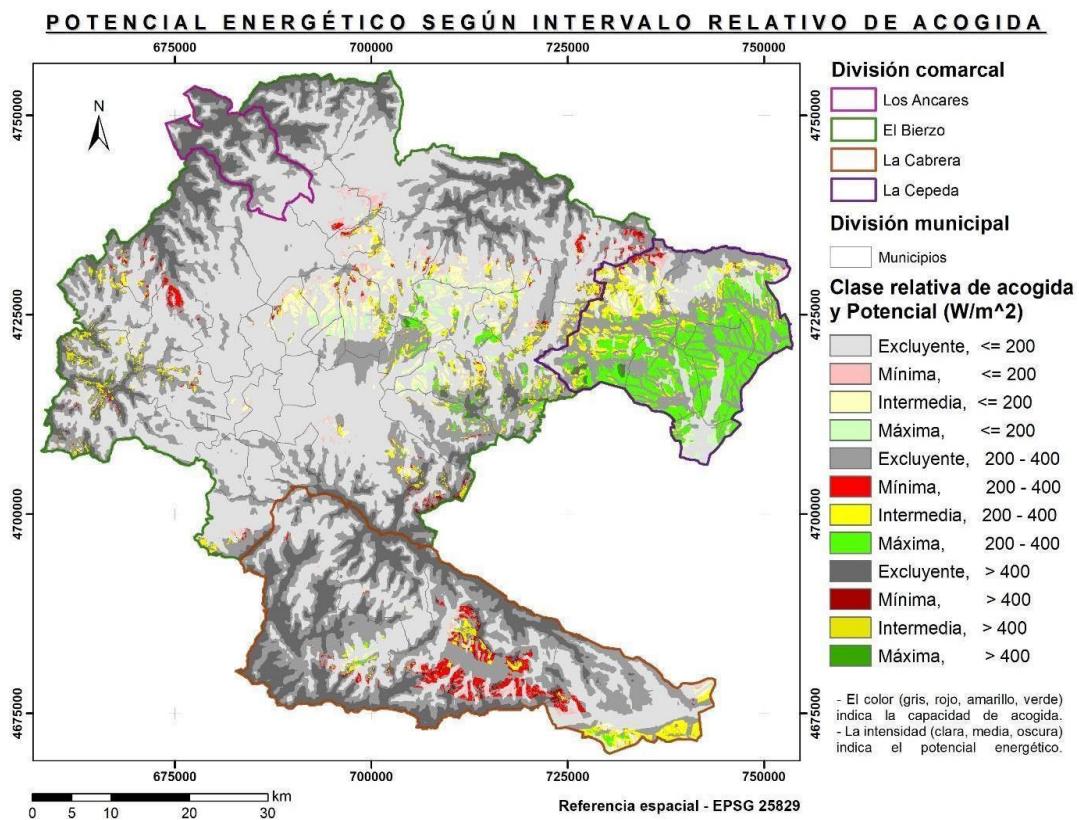


Figura 3.3-2.- Repartición de la superficie: potencial energético según los intervalos relativos de capacidad de acogida (mapa).

3.4. Comparación con el mapa de Sensibilidad del MITECO y con el mapa de Exclusión de la Junta de Castilla y León

La Figura 3.4-1 y la Tabla 3.4-1 permiten comparar el área considerada excluyente a la hora de albergar grandes instalaciones eólicas, entre la zonificación del MITECO, la de la JCYL y la del presente estudio:

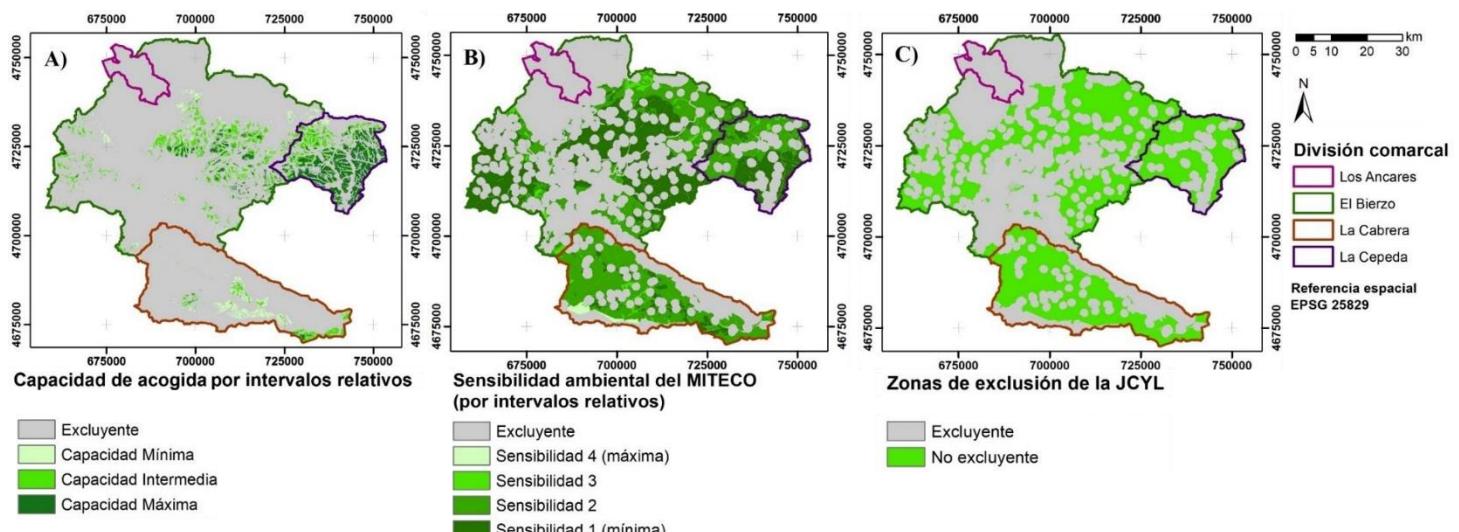


Figura 3.4-1.- Comparativa visual entre zonificaciones: A) Mapa de capacidad de acogida por intervalos relativos del presente estudio, B) Mapa de sensibilidad ambiental (por intervalos relativos) del MITECO y C) Mapa de exclusión de la JCYL. Fuente: elaboración propia a partir de MITECO (2020); Castilla y León (2022a); Castilla y León (2022b); JCYL (2023b).

Tabla 3.4-1.- Superficie (km^2) excluyente y no excluyente del mapa de capacidad de acogida por intervalos relativos del presente estudio, del mapa de sensibilidad ambiental del MITECO y del mapa de exclusión de la JCYL. (El total de la superficie suma 4293 km^2).

	Este estudio	MITECO	JCYL
Superficie excluyente (km^2)	3758	2479	2530
Superficie no excluyente (km^2)	535	1814	1763

3.5. Disposición de aerogeneradores proyectados

En la Figura 3.5-1 se presenta un mapa en el que se distinguen las localizaciones de los aerogeneradores proyectados en el territorio, según (1): la fase legal de proyección (autorizados, en trámite y desistidos por DIA (Declaración de Impacto Ambiental) desfavorable o denegados por modificación negativa del plan urbanístico y (2): la clase absoluta de acogida sobre la que se encuentran. (No se tiene en cuenta los aerogeneradores ya instalados, ya que componen en sí mismos una variable de aptitud con valores de exclusión).

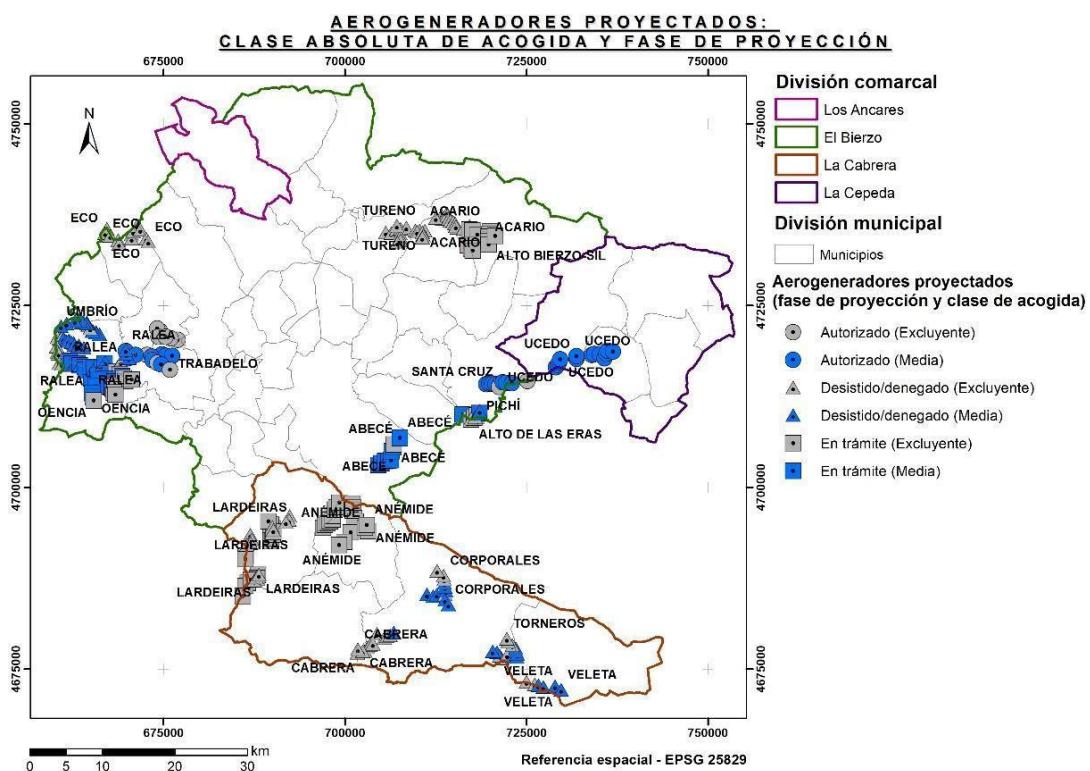


Figura 3.5-1.- Clase absoluta de acogida de cada aerogenerador proyectado en sus diferentes fases legales de proyección. Fuente: elaboración propia a partir de FDJCC (2021b), capa actualizada a 2 de enero del 2024.

La Figura 3.5-2 muestra mediante un gráfico de violines la densidad de aerogeneradores localizados en emplazamientos con una u otra capacidad de acogida no excluyente, según la fase legal de proyección. La Tabla 3.5-1 presenta un listado del número de aerogeneradores dispuestos en localizaciones consideradas excluyentes, según el complejo eólico de pertenencia y la fase de proyección.

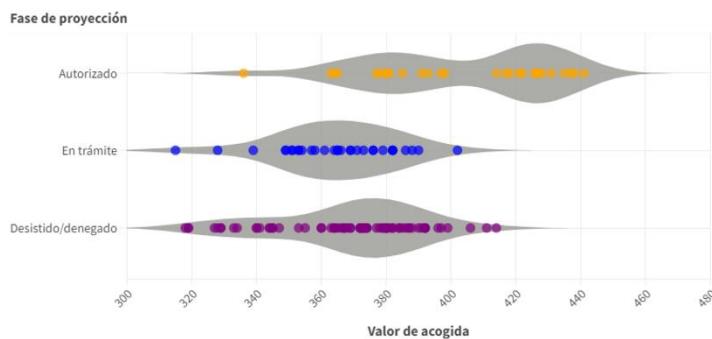


Figura 3.5-2.- Gráfico de violines sobre los valores de acogida reales no excluyentes (de 211 a 485) de los aerogeneradores proyectados, según la fase legal de proyección. Gráfico interactivo desglosado por aerogenerador disponible en: <https://public.flourish.studio/visualisation/1673882/>.

Tabla 3.5-1.- Aerogeneradores en localizaciones excluyentes por complejo eólico, según la fase de proyección.

Fase de proyección	Nº total de aerogeneradores localizados en áreas valoradas como excluyentes	Nº por complejo
Autorizado	12	Santa Cruz (2), Trabadelo (9), Veldedo (1)
En trámite	64	Abecé (1), Alto Bierzo (13), Alto Cabrera (13), Alto de las Eras (3), Anémide (21), Oencia (11)
Desistido/denegado	114	Acario (13), Barjas (9), Busmayor (4), Cabrera (11), Corporales (4), Eco (12), El Páramo (13), Lardeiras (12), Pichí (2), Ralea (7), Torneros (6), Tureno (14), Umbrío (5), Veleta (2)

4. Discusión

I. Sobre la capacidad de acogida del territorio analizado:

La aplicación de la metodología descrita sobre el territorio supra comarcal estudiado ha permitido valorar e identificar la capacidad de acogida del territorio para la implantación de grandes eólicas. Además de las áreas totalmente excluyentes, de las 3 posibles **clases no excluyentes absolutas y distribuidas de manera equidistante** (entre la mínima puntuación de unidades de acogida potencial, 0 y máxima de 874), solo 2 se encuentran representadas en el territorio estudiado: la capacidad Baja y la Media. Ninguna porción de la superficie cuenta con una capacidad de acogida Alta. Los resultados se consideran válidos, al contar con una exactitud global del 100 %. Por otro lado, diferenciando la acogida en 3 **clases no excluyentes relativas y distribuidas por el método de Jenks**, Mínima, Intermedia y Máxima, (entre la mínima puntuación de acogida real, 211 unidades de acogida y la máxima de 485), se ha permitido la sencilla distinción de la variabilidad de los resultados en el área estudiada, ya que cada intervalo indica lugares con mayor acogida respecto de otros y viceversa.

Ninguna superficie alcanza la clase absoluta de acogida “Alta”, por lo que el territorio podría no ser el más idóneo para la proyección de grandes complejos eólicos. Teniendo

esto en cuenta, si bien el umbral mínimo indiscutible que debe respetarse es el de las áreas excluyentes, en cuanto a futuras proyecciones de aerogeneradores, se recomienda que se estudie el caso particular de las zonas con **capacidad de acogida absoluta “Media”** (223 km^2 en El Bierzo, 79 km^2 en La Cabrera y 221 km^2 en La Cepeda). Sin embargo, es de gran importancia tener en cuenta que **deberán sumarse criterios relacionados con los efectos acumulativos y/o sinérgicos** (Arnett y May, 2016; Serrano *et al.*, 2020), más complejos de cuantificar o incluso aún sin una metodología para su medición, tales como la densidad equilibrada de aerogeneradores por km^2 , la existencia de vías forestales abiertas y mantenidas, la presencia de karst, la localización de otras instalaciones como son los complejos solares fotovoltaicos y la cercanía y abundancia de redes de transmisión eléctrica previamente instaladas, entre otros, como el direccionamiento de las turbinas, según lo expuesto en el Apartado 14. (Anexo VIII: Funcionamiento del viento y de los aerogeneradores y tratamiento de datos con R).

Los resultados obtenidos resultan de alto interés para una ordenación territorial de instalaciones de producción energética eólica en las comarcas estudiadas. Este trabajo se ha realizado con conciencia de la posible repercusión y polémica que los resultados pueden tener sobre los intereses ambientales, sociales, económicos y políticos. Por ello, pese a la **consideración de un gran conjunto de variables de interés a nivel local** y, pretendiendo la máxima objetividad y rigor, asumimos que, por la propia naturaleza del tema, la metodología para su obtención siempre será discutible y ampliable. Cualquier **cambio** legislativo que afecte a las variables tratadas, por ejemplo, comprendería una modificación en los resultados. La mejora en la tecnología y eficiencia de los aerogeneradores, así como su tamaño supondría también un cambio en cuanto a la velocidad del viento mínima requerida a altura de buje y sobre su potencial energético productivo.

Se propone una **resolución** detallada de $50 \times 50 \text{ m}$ para la presentación de los resultados, recogiendo así características diferenciales a nivel local.

En este estudio algunas variables relacionadas con la sensibilidad de la biodiversidad se encontraban referidas a un espacio de potencial presencia de especies amenazadas, dado en cuadrículas UTM 10×10 o $5 \times 5 \text{ km}$. Por ello y, ante la falta de inventarios de localización de especies en planes de conservación (Valera *et al.*, 2022), será necesario que, **en el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)** de cada proyecto, cada empresa realice un inventario exhaustivo de la distribución de especies amenazadas en el área proyectada.

II. Análisis de la capacidad de acogida sobre las capas complementarias:

Sobre el potencial energético, **son 4 km² los que presentan un potencial óptimo (> 400 W/m²) con capacidad de acogida relativa Máxima**. Así, la superficie con mayor interés para la proyección de grandes eólicas en el territorio estudiado es sumamente reducida: se corresponde con **tan solo un 0,09 % de la total**. Por otro lado, si se tuvieran en cuenta las zonas con un potencial insuficiente ($\leq 200 \text{ W/m}^2$) como áreas excluyentes, se perderían 32 km² con acogida relativa Máxima, 109 km² con acogida Intermedia y 42 km² con acogida Mínima. No obstante, para este trabajo no se tuvo en cuenta como variable de aptitud con valores de exclusión, ya que se trata de un valor estimado y variable según la tecnología de producción de energía empleada.

Sobre los mapas de Sensibilidad del MITECO y de Exclusión de la Junta de Castilla y León, generalmente las áreas excluyentes para el MITECO o la JCYL no fueron consideradas como no excluyentes en el presente estudio. Se aprecia además que las zonas de exclusión de MITECO y JCYL siguen un criterio muy similar. Este estudio ha determinado que menos de 1/3 de la superficie que MITECO (535 km² /1814 km²) o JCYL (535 km² /1763 km²) no excluyeron, realmente son áreas con suficiente capacidad de acogida. **Los 2/3 restantes de la superficie que no consideraron como excluyentes, deberían haberlo sido**. La comarca con mayores diferencias entre los resultados de este estudio respecto a los de las Administraciones nacional y autonómica es La Cabrera.

Sobre la disposición de los aerogeneradores, los estudios de este ámbito también son útiles para comprobar si es óptima (Latinopoulos y Kechagia, 2015). No obstante, estos estudios y sus resultados deberían considerarse **antes** de la instalación de los aerogeneradores (Díaz-Cuevas *et al.*, 2017). Los valores de acogida conforman una herramienta meramente orientativa. Esto queda demostrado, ya que complejos eólicos como el de Busmayor (España, 2023g), el de Ralea o el de Veleta, cuyos aerogeneradores en mapa de capacidad de acogida se encuentran en su mayoría en la clase Media, han obtenido DIA desfavorable, al basarse en un EsIA que estudia el medio de manera más detallada a nivel local. Un EsIA realizado correctamente contempla: (a) análisis más detallados sobre comunidades finícolas o (b) sobre poblaciones de otros taxones no tenidos en cuenta en el presente estudio, además de (c) analizar si las instalaciones comprometerían la continuidad de la Red Natura, no garantizando la conectividad ecológica. Además, la DIA se sirve de (d) la participación pública mediante alegaciones como herramienta de salvaguarda, teniendo además en cuenta (e) los impactos acumulativos y/o sinérgicos. Complejos como Tureno fueron desistidos/denegados correctamente de acuerdo a los resultados de este estudio, en áreas que sin embargo MITECO y JCYL no consideraron excluyentes. De esta manera, la Declaración de Impacto Ambiental a través del EsIA se

conforma como un instrumento efectivo, lo cual confirman también los resultados del gráfico de violines, que muestra que los aerogeneradores de los complejos eólicos proyectados autorizados tienden a contar con valores de acogida mayores. Sin embargo, existen aerogeneradores de complejos eólicos autorizados que se disponen sobre áreas que han sido catalogadas como excluyentes en este trabajo. Es el caso de 9 aerogeneradores pertenecientes al complejo Trabadelo, ya que los EsIA en ocasiones acusan errores profundos que minimizan la noción sobre las afecciones negativas al territorio (Alfaro-Saiz *et al.*, 2021). No obstante, los aerogeneradores de complejos proyectados autorizados dispuestos sobre áreas consideradas como excluyentes son una minoría en el territorio estudiado.

III. Comparación teórica con estudios previos:

Se rechazan las propuestas de ordenación eólica basadas únicamente en criterios de potencial energético según características como la altitud y velocidad del viento como en Ramachandra y Shruthi (2005); Cristea y Jocea (2016); Yildiz (2024). Se consideran insuficientes las variables tenidas en cuenta en ordenaciones más elaboradas pero que no reflejan la realidad de cada ámbito local como en Mentis *et al.* (2015); MITECO (2020); Castilla y León (2022a); Asadi *et al.* (2023), aceptándose solo como una primera aproximación a gran escala.

Para este trabajo se ha considerado oportuna la inclusión de intervalos (absolutos y relativos) de capacidad de acogida en las zonas no excluyentes como en Aymamí *et al.* (2011); Díaz-Cuevas *et al.* (2017); Díaz-Cuevas (2018); MITECO (2020); Zahedi *et al.* (2022), a diferencia de otros estudios (Mentis *et al.*, 2015; Castilla y León, 2022a), en los que solo se diferenciaron zonas excluyentes y zonas aptas.

Los intervalos absolutos de capacidad de acogida positiva (o no excluyentes) fueron clasificados por partes iguales para respetar el criterio de complementariedad de los valores de las variables de impacto. Para los intervalos relativos, se realizó la clasificación por cortes naturales de Jenks, que genera clases minimizando la varianza intraclase y maximizando la varianza interclase (Jenks, 1967), como recomienda MITECO (2020). El mapa de sensibilidad del MITECO clasifica la sensibilidad de manera relativa, por lo que no proporciona una información absoluta del nivel real de adecuación, frente a este estudio, que también ha considerado intervalos absolutos.

El método por encuesta a expertos heterogéneos conocedores del territorio local para la jerarquización de variables en la matriz de aptitud ha sido elegido sobre otras metodologías dada su practicidad y siguiendo el criterio de uno de los estudios más pioneros y citados sobre

la elaboración cartográfica de mapas-guía para la ordenación eólica, Baban y Parry (2001). Además, desde Frolova (2010); Belmonte *et al.* (2013), se destaca la importancia de la participación pública a la hora de elaborar una ordenación, ya que permite integrar las valoraciones de actores con diferentes especializaciones e intereses.

La elaboración de la matriz de aptitud jerarquizada y de la matriz de impacto que se traducen en valores para capas cartográficas, integrables mediante adición algebraica sencilla, simplifica y mejora el proceso de integración multicriterio de variables. No requiere *fuzzy sets* con valores proporcionales en tanto por uno ni operadores AND, \cap , $\&$ / OR,U, \parallel / OWA (Media Ponderada Ordenada). El empleo de estas matrices simplifica a un solo paso la determinación de áreas incompatibles y la graduación del potencial de las áreas compatibles, además de que la matriz de impacto aporta información complementaria a la comúnmente incluida (más relacionada con las variables de aptitud). Así, la metodología empleada es menos costosa que la de otros trabajos (Aydin *et al.*, 2010; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Ayodele *et al.*, 2018; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020), simplificando los complejos procesos de sinergia entre capas (Hididouan y Staffell, 2017) y discretizando los valores continuos de cada variable. Sin embargo, está comenzando a popularizarse el uso de métodos de selección de áreas compatibles mediante métodos de aprendizaje automático (Asadi *et al.*, 2023; Sari y Yalcin, 2024).

El presente estudio ha rechazado la inclusión de la estimación de la potencia eólica generada a la altura de buje como variable a la hora de calcular la capacidad de acogida (aunque sí se ha utilizado al mostrarse como resultado sobre las zonas de máxima acogida). Ha sido considerada una medición económico-centrista y dependiente del tamaño y diseño del aerogenerador, además de contar con una alta intercorrelación con la variable de velocidad del viento a la altura de buje. De esta manera se da a entender, que si bien un aerogenerador que duplique la altura podría aprovechar mayores velocidades de viento (aunque con cierta limitación altitudinal dado el gradiente disminuyente de la densidad del aire), deben establecerse límites en su tamaño para evitar impactos a nivel paisajístico y afecciones a las aves planeadoras y a los quirópteros (Arnett y May, 2016). Sin embargo, se admite como un dato a tener en cuenta en trabajos como Mentis *et al.* (2015); Zahedi *et al.* (2022), pero no debería ser el principal punto de vista.

Otra zonificación de eólicas a parte de las más recientes comparadas en este estudio (MITECO, 2020; Castilla y León, 2022a) se trata de Aymamí *et al.* (2011), con resultados más restrictivos, asemejándose aparentemente a aquellos elaborados en este trabajo. No obstante, la naturaleza restrictiva es diferente, pues en ese estudio se debe a la consideración de valor excluyente de

todas aquellas zonas con potencial energético estimado $< 250 \text{ W/m}^2$, bajo velocidades $< 6 \text{ m/s}$ a una altura de buje de 80 m (y densidad de aire = $1,225 \text{ kg/m}^3$), un criterio desactualizado dadas las innovaciones tecnológicas de los aerogeneradores actualmente proliferantes.

En contra de la falta de capacidad previsora de los estudios previos, se ha propuesto trabajar con una visión a futuro, valorando el potencial de usos agrícolas, el potencial expansivo de las especies resilientes propias del entorno y las áreas proyectadas para la declaración de futuros Geoparques. Ciertas variables ambientales poco conocidas y aún no consideradas en estudios previos, como la conexión entre espacios Red Natura 2000, deberían ser promovidas ([MediNat, 2021](#)). Este trabajo ha aproximado su uso mediante la inclusión de variables de distribución de corredores ecológicos, pero aún queda trabajo a nivel europeo, al no existir áreas sensibles de manera aislada y encontrarse estas influenciadas entre sí.

Respecto a resultados de estudios como el de [Valera et al. \(2022\)](#), se recomienda un análisis que tenga en cuenta los diversos valores potenciales de las áreas de cultivo como zonas de abastecimiento primario y no solo el valor ambiental reducido de estas áreas a la hora de ordenar renovables, ya que se disminuiría el área del suelo aprovechable en presencia de instalaciones. Deben tenerse en cuenta la situación de incertidumbre mundial y la valoración del riesgo a futuro, basándose en los recientes sucesos de pandemia o de bloqueos comerciales como el del Canal de Panamá ([Díaz-Esteban et al., 2021](#)), que demuestran la importancia de mantener el potencial agrícola para asegurar el suministro alimentario con seguridad en la producción local.

Tras un detallado análisis, se aconseja desechar el término político de “parque” o “campo eólico”, ya que realmente es una industria basada en centrales o complejos de instalaciones. Así, el estudio queda enmarcado en un cambio de paradigma que requiere una aclaración: se aprovecha un recurso sostenible, el viento ([Jaber, 2014](#)); mientras que la producción de energía puede no serlo tanto dependiendo de la localización de los aerogeneradores. Esta producción es dependiente de infraestructuras, cambios en el uso del suelo, afecciones a la fauna y vegetación y gastos materiales. Además, deberían centrarse esfuerzos en definir el mejor modelo de obtención de energía de acuerdo a su ordenación territorial, con la posibilidad de efectuar una transición desde el actual predominante modelo “centralizado” al modelo “distribuido”. Por otro lado, el rumbo de la transición energética debe ser claramente enfocado sobre la reducción en el consumo energético, antes que sobre la búsqueda de nuevas formas de obtención, pues una transición hacia la sostenibilidad no es posible de acuerdo al concepto de “desarrollo” tecnocentrista que se entiende actualmente, como indican [Díaz-Esteban et al. \(2021\)](#).

IV. Futuros trabajos podrían centrarse en un análisis del territorio no limitado al ámbito de la energía eólica, teniendo en cuenta otras tecnologías de producción energética basadas en fuentes renovables de manera integrada, como la solar, sobre la que influyen variables diferentes (como la presencia de aves esteparias). También sería de alto interés tener en cuenta las instalaciones auxiliares asociadas a estos proyectos y líneas eléctricas. El impacto sobre el territorio aumenta al considerar los efectos sinérgicos entre instalaciones de generación de energías renovables diferentes, así como con sus infraestructuras asociadas.

Además, sería de alto interés añadir componentes o variables de índole sociodemográfica y económica, que podrían resolverse con encuestas e informes diseñadas por personas físicas y jurídicas expertas, que arrojaran por municipio valores de opinión, apreciación del paisaje, aceptación ([Sánchez-Zapata et al., 2019](#); [Gutián, 2021](#)), repercusión económica en el entorno local y rural, costes de transmisión energética vía tendidos eléctricos aéreos o líneas subterráneas, viabilidad técnico-económica y alternativas energéticas locales, como tienen en cuenta [Belmonte et al. \(2013\)](#). De esta manera, se incluirían la ciencia ciudadana y los criterios socioeconómicos en la ordenación a nivel de municipio o localidad, algo inabarcable en el presente estudio a escala supra comarcal centrado en conocimiento medioambiental. También podrían incluirse variables o capas con el hábitat actual y potencial de taxones amenazados generadas mediante MaxEnt ([Lissovsky y Dudov, 2021](#)).

El método por encuesta a expertos para la jerarquización de variables en la matriz de aptitud podría ser mejorado mediante el Método analítico jerárquico de Saaty ([Saaty, 1987](#); [Benjamín et al., 2013](#); [Díaz-Cuevas, 2018](#); [MITECO, 2020](#)), compatible con variables de aptitud e impacto, mediante el cual se valora por pares la importancia de cada variable. Sin embargo, requiere un aumento considerable del tiempo de análisis y decisión de los encuestados.

Además, el proyecto GIS podría modelarse con ArcGIS *Model Builder* ([Díaz-Cuevas, 2018](#)) generando un proceso basado en macros automáticos para facilitar estudios en otras áreas o actualizar cambios en los valores de las variables, aunque requerirían modificaciones impulsadas por las diferentes variables influyentes a nivel local en el territorio. Además, existe como alternativa a la capacidad de acogida el “modelador de adecuación” disponible en [ArcGIS Pro \(2023\)](#). Otra posible mejora consistiría en generar un mapa interactivo html con QGIS *Cloud* o en R mediante el paquete *shiny*.

Por otro lado, las variables extrapolables a otros territorios también permitirían su análisis mediante la generación de un modelo con aprendizaje automático o de regresión multivariante

para el cual la variable dependiente Y (capacidad de acogida para albergar megaproyectos de producción energética eólica) fuera predicha con los datos de cada píxel del mapa generado en este trabajo con cada variable independiente X_i , con sus unidades originales y sin necesidad de generar valores de aptitud o impacto.

5. Conclusiones

Este trabajo ha permitido desarrollar una herramienta de alto interés para orientar la ordenación territorial y el desarrollo de instalaciones de producción energética eólica, tomando como caso de estudio diversas comarcas del noroeste de la provincia de León. Los resultados concluyen que las clases de capacidad de acogida se distribuyen de forma diferencial en el territorio y que la comarca de La Cepeda es la que cuenta con un mayor índice de superficie con acogida positiva (un 43,85 %, frente a un 0,00 %, un 8,64 % y un 8,61 % de Los Ancares, El Bierzo y La Cabrera, respectivamente). Además, se determina que existen aerogeneradores de complejos eólicos instalados y proyectados sobre áreas con capacidad de acogida excluyente (12 aerogeneradores en el caso de complejos proyectados ya autorizados y 64 en el caso de complejos proyectados aún en trámite). Al analizar el potencial energético estimado, se ha constatado que solamente un 0,09 % (4 km^2) de toda la superficie presenta el mayor potencial energético con capacidad de acogida relativa Máxima.

Ha quedado patente la utilidad del análisis del territorio mediante su capacidad de acogida a través de las herramientas SIG y la consideración multicriterio (con 34 variables de aptitud y 21 de impacto, disponibles a modo de biblioteca) para diferenciar la potencialidad del suelo para albergar un uso concreto, como es la producción energética con grandes eólicas. Este estudio comprende los primeros resultados de valoración del territorio para implantación de grandes eólicas, sin antecedentes a nivel regional en Castilla y León, obtenidos mediante mapas de capacidad de acogida absoluta y relativa. Los mapas se encuentran disponibles en el repositorio de acceso abierto GitHub en formato .tif georreferenciado (geoTIFF). La exactitud global del modelo de capacidad de acogida absoluta con intervalos de confianza (significación al 95 %) resulta del 100,00 % (78,40 % - 100,00 %). De esta manera, resultará útil como instrumento-guía para la Administración e incluso, para los promotores, a la hora de seleccionar las mejores localizaciones posibles para albergar grandes eólicas de acuerdo a exigentes criterios de protección centrados en variables de carácter físico-natural. Además, se ha comparado con las zonificaciones del MITECO y de la JCYL, demostrando que estas últimas tuvieron en cuenta únicamente variables genéricas, que en el entorno local acusan de niveles de restricción y utilidad insuficientes sobre la ordenación de complejos eólicos.

Agradecimientos: A mis tutoras, Estrella y Victoria, por brindarme la oportunidad de aplicar los conocimientos de ordenación del territorio sobre un tema tan actual y necesario. Particularmente a Estrella, por ilustrarme sobre la importancia de nuestro papel como científicos ambientales a la hora de salvaguardar la biodiversidad y por creer en este trabajo como un elemento útil. A Pablo Linares, por aportarme una visión de la importancia de realizar una transición energética basada en un modelo energético coherente a nivel local en El Bierzo. A todos los participantes en la encuesta de jerarquización de variables de aptitud, que han permitido demostrar la importancia de la participación pública en la elaboración de zonificaciones territoriales. A mis padres, Ofelia y Félix, que me han enseñado a valorar lo bonito de la vida y a cuidar del lugar donde vivimos. Al resto de mi familia y a mis amigos, por interesarse siempre por mí y estar ahí.

Financiación: Esta investigación no ha contado con financiación externa.

Conflictos de interés: El autor no declara ningún conflicto de interés.

E-mail de contacto: rarevg00@estudiantes.unileon.es

Material complementario descargable recopilado:

<https://github.com/rarevg00/Capacidad-de-acogida-al-oeste-de-Le-n-para-la-implantaci-n-de-e-licas/tree/main>

<https://public.flourish.studio/visualisation/16738828/>

<https://youtu.be/TcO4fTyoKzA>

6. Bibliografía

1. Acedo, C. (2017) "Áreas frágiles de interés para la biodiversidad", en Jordán-Benavente, F. M., Martínez-Álvarez, C. y García-Guerrero, J. (eds.) *El monte como aventura, XII Encuentro del Día Internacional de los Bosques 2017*. Ponferrada: Ayuntamiento de Ponferrada - Concejalía de Medio Ambiente, pp. 26-39.
2. AEE (2021) *Mapa de parques eólicos de la AEE*. Disponible en: <https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/mapa-de-parques-eolicos/castilla-leon/> (Accedido: 02 enero 2024).
3. AEMET OpenData (2023) *Sistema para la difusión y reutilización de la información de AEMET*. Disponible en: <https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/inicio> (Accedido: 7 diciembre 2023).
4. Al-Yahyai, S., Charabi, Y., Gastli, A. y Al-Badi, A. (2012) "Wind farm land suitability indexing using multi-criteria analysis", *Renewable Energy*, 44, pp. 80-87.
5. Alfaro-Saiz, E., Alonso-Villadangos, Y., Acedo, C. y Fernández, E. (2021) "Biología y Ciencias Ambientales frente al reto de la transición energética", *AmbioCiencias: revista de divulgación*, 19, pp. 151-161.
6. Alfaro-Saiz, E., Alonso-Villadangos, Y. y Acedo, C. (2022) "El futuro es hoy: el reto de una transición energética compatible con la conservación vegetal", *Conservación Vegetal*, UAM Ediciones, (26), pp. 17-21.
7. Alfaro-Saiz, E., Fernández-Salegui, A. B. y Acedo, C. (2023) "Plant Conservation in the Midst of Energy Transition: Can Regional Governments Rise to the Challenge?", *Land* 2023, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 12(11), pp. 2003-2024.
8. ALIENTE (2022) *Informe RENOVABLES AQUÍ SÍ*. Disponible en: <https://aliente.org/informe-renovables-aqui-si> (Accedido: 20 febrero 2024).
9. Álvarez, E., Del-Egido F., Bariego P. y Rodríguez A. (2015) *Conservación de la flora en la Red Natura 2000 de Castilla y León*. Valladolid: Dirección General del Medio Natural. Consejería de Fomento y Medio Ambiente y Junta de Castilla y León.
10. Aragón, G., Martínez, I., Izquierdo, P., Belinchón, R. y Escudero, A. (2010) "Effects of forest management on epiphytic lichen diversity in Mediterranean forests", *Applied Vegetation Science*, John Wiley & Sons, 13(2), pp. 183-194.
11. ArcGIS Pro (2023) *ArcGIS Pro Versión 3.2.2* [software]. Disponible en: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/get-started/download-arcgis-pro.htm> (Accedido: 13 diciembre 2022).
12. ArcMap (2021) *ArcGIS Desktop Versión 10.8* [software]. Disponible en: <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-desktop/resources> (Accedido: 11 septiembre 2021).
13. Argyrou, M. C., Christodoulides, P. y Kalogirou, S. A. (2018) "Energy storage for electricity generation and related processes: Technologies appraisal and grid scale applications", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 94, pp. 804-821.
14. Armstrong, A., Waldron, S., Whitaker, J. y Ostle, N. J. (2014) "Wind farm and solar park effects on plant-soil carbon cycling: Uncertain impacts of changes in ground-level microclimate", *Global Change Biology*, Blackwell Publishing, 20(6), pp. 1699-1706.
15. Arnett, E. B., Huso, M. M. P., Schirmacher, M. R. y Hayes, J. P. (2011) "Altering turbine speed reduces bat mortality at wind-energy facilities", *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(4), pp. 209–214.

16. Arnett, E. B. y May, R. F. (2016) "Mitigating Wind Energy Impacts on Wildlife: Approaches for Multiple Taxa", *Human–Wildlife Interactions*, 10(1), p. 5.
17. Asadi, M., Pourhossein, K. y Mohammadi-Ivatloo, B. (2023) "GIS-assisted modeling of wind farm site selection based on support vector regression", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 390, p. 135993.
18. Atici, K. B., Simsek, A. B., Ulucan, A. y Tosun, M. U. (2015) "A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind power plant site selection", *Utilities Policy*, Pergamon, 37, pp. 86-96.
19. Aydin, N. Y., Kentel, E. y Duzgun, S. (2010) "GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 14(1), pp. 364-373.
20. Aymamí J., García A., Lacave O., Lledó, LL., Mayo M. y Parés S. (2011) "Análisis del recurso eólico. Atlas eólico de España IDAE. Estudio técnico PER 2011-2020", *Meteosim Truewind*, Publicaciones IDAE, pp. 1-200.
21. Aymamí J., García A., Lacave O., Lledó, LL., Mayo M. y Parés S. (2016) *Atlas eólico de España IDAE 2016*, AWS Truepower. Disponible en: https://web.archive.org/web/20180525002209/http://atlaseolico.idae.es/index.php?pag=descarga_mapas (Accedido: 10 diciembre 2023).
22. Ayodele, T. R., Ogunjuyigbe, A. S. O., Odigie, O. y Munda, J. L. (2018) "A multi-criteria GIS based model for wind farm site selection using interval type-2 fuzzy analytic hierarchy process: The case study of Nigeria", *Applied Energy*. Elsevier, 228, pp. 1853-1869.
23. Baban, S. M. J. y Parry, T. (2001) "Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK", *Renewable Energy*, Pergamon, 24(1), pp. 59-71.
24. Baerwald, E. F., Edworthy, J., Holder, M. and Barclay, R. M. R. (2009) "A Large-Scale Mitigation Experiment to Reduce Bat Fatalities at Wind Energy Facilities", *The Journal of Wildlife Management*, John Wiley & Sons, 73(7), pp. 1077-1081.
25. Bañuelos-Ruedas, F., Angeles-Camacho, C. y Rios-Marcuello, S. (2010) "Analysis and validation of the methodology used in the extrapolation of wind speed data at different heights", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 14(8), pp. 2383-2391.
26. Baraja, E. y Herrero, D. (2010) "Energías renovables y paisaje en Castilla León: Estudio de caso", *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*, (25), pp. 21-42.
27. Belmonte, S., Franco, J., Núñez, V. y Viramonte, J. G. (2013) "Las energías renovables como oportunidad y desafío para el desarrollo territorial (Valle de Lerma, Salta – Argentina)", *AUGMDOMUS*, Comités de Aguas, Energía y Medioambiente del Grupo Montevideo (AUGM), (5), pp. 154-179.
28. Benjamín, F., Jiménez, G., Antonio, J. y Castaño, A. (2013) "Modelo de evaluación de la capacidad de acogida del territorio con SIG y técnicas de decisión multicriterio respecto a la implantación de edificaciones en espacios rurales", *Investigaciones Geográficas*, Instituto Interuniversitario de Geografía de España, 60(60), pp. 69-85.
29. Bernardino, J., Bevanger, K., Barrientos, R., Dwyer, J. F., Marques, A. T., Martins, R. C., Shaw, J. M., Silva, J. P. y Moreira, F. (2018) "Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research", *Biological Conservation*, Elsevier, 222, pp. 1-13.
30. Bishop, I. D. (2002) "Determination of Thresholds of Visual Impact: The Case of Wind Turbines", *SAGE*, 29(5), pp. 707-718.
31. Boakes, E. H., Fuller, R. A. y McGowan, P. J. K. (2019) "The extirpation of species outside protected areas", *Conservation Letters*, John Wiley & Sons, 12(1), pp. 1-7.

32. Bolonio, L., Moreno, E., La Calle, A., Montelío, E. y Valera, F. (2024) "Renewable energy acceleration endangers a protected species: Better stop to light a torch than run in the dark", *Environmental Impact Assessment Review*, 105, p. 107432.
33. Bonham-Carter, G. F. (1994) *Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS*. Ottawa, Ontario, Canadá: Pergamon, Elsevier.
34. Brower, M. (1992) *Cool Energy. Renewable Solutions to Environmental Problems*. 2^aed. Cambridge, MA: The MIT Press.
35. Cadena Ser (2023) 'As bestas', nueve premios Goya que saben a Bierzo. A rapa das bestas y Sabucedo. Disponible en: <https://cadenaser.com/castillayleon/2023/02/12/as-bestas-nueve-premios-goya-que-saben-a-bierzo-radio-bierzo/> (Accedido: 25 mayo 2023).
36. Carrete, M., Sánchez-Zapata, J. A., Benítez, J. R., Lobón, M., Montoya, F. y Donázar, J. A. (2012) "Mortality at wind-farms is positively related to large-scale distribution and aggregation in griffon vultures", *Biological Conservation*, 145, pp. 102-108.
37. Castilla y León (2003) "Declaración de impacto ambiental sobre el proyecto parque eólico «Valdelacasa III», en los términos municipales de Quintana del Castillo y de Villagatón, promovido por Mylsa", *Boletín Oficial de Castilla y León, 18 de julio de 2003* (138), pp. 10124-10126.
38. Castilla y León (2011) "Ley 4/2011, de 29 de marzo, de aprobación de las Directrices de Ordenación de Ámbito Subregional de la Montaña Cantábrica Central en Castilla y León", *Boletín Oficial de Castilla y León, 14 de abril de 2011* (73), pp. 29006-29191.
39. Castilla y León (2022a) "Decreto-ley 2/2022, de 23 de junio, por el que se adoptan medidas urgentes para la agilización de la gestión de los fondos europeos y el impulso de la actividad económica", *Boletín Oficial de Castilla y León, 24 de junio de 2022* (121), pp. 31864-31901.
40. Castilla y León (2022b) "Decreto-ley 4/2022, de 27 de octubre, de modificación del Decreto-Legislativo 1/2015, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León, del Decreto-Ley 2/2022, de 23 de junio", *Boletín Oficial de Castilla y León, 28 de octubre de 2022* (209), pp. 52733-52744.
41. CENER (Centro Nacional de Energías Renovables) (2023) *Mapa eólico ibérico de alta resolución*. Disponible en: <https://www.mapaeolicoberico.com/> (Accedido: 9 diciembre 2023).
42. Climate Data (2023) *Climogramas de diferentes estaciones climatológicas*. Disponible en: <https://es.climate-data.org> (Accedido: 7 diciembre 2023).
43. CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica) (2023) *Centro de descargas del CNIG*. Disponible en: <https://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas> (Accedido: 16 diciembre 2023).
44. Comisión Europea (2020) *Guidance document on Wind Energy Developments and EU Nature Legislation*. Bruselas (Bélgica): Dirección General de Medio Ambiente (Comisión Europea).
45. Concepción, E. D. y Díaz, M. (2013) "Medidas agroambientales y conservación de la biodiversidad: Limitaciones y perspectivas de futuro", *Ecosistemas*, Asociación Española de Ecología Terrestre, 22(1), pp. 44-49.
46. Copena, D. (2017) "La energía eólica en el mundo rural", *Soberanía alimentaria, biodiversidad y culturas*, (28), pp. 33-37.
47. Coppes, J., Kämmerle, J. L., Grünschachner-Berger, V., Braunisch, V., Bollmann, K., Mollet, P., Suchant, R. y Nopp-Mayr, U. (2020) "Consistent effects of wind turbines on

- habitat selection of capercaillie across Europe", *Biological Conservation*, Elsevier, 244, p. 108529.
48. Cortés, Y., Suárez L., Berzosa, B. y Rodríguez, G. (2021) *Por el fin de la caza deportiva del lobo ibérico. WWF España pide su inclusión en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial*. Madrid: WWF España.
49. Cristea, C. y Jocea, A. F. (2016) "GIS Application for Wind Energy", *Energy Procedia*, Elsevier, 85, pp. 132-140.
50. Da-Costa, G. F., Paula, J., Petrucci-Fonseca, F. y Álvares, F. (2018) "The indirect impacts of wind farms on terrestrial mammals: Insights from the disturbance and exclusion effects on wolves (*Canis lupus*)", *Biodiversity and Wind Farms in Portugal: Current Knowledge and Insights for an Integrated Impact Assessment Process*, Springer International Publishing, pp. 111-134.
51. Dai, K., Bergot, A., Liang, C., Xiang, W. N. y Huang, Z. (2015) "Environmental issues associated with wind energy – A review", *Renewable Energy*, Pergamon, 75, pp. 911-921.
52. DatosClima (2023) *Descarga Datos .csv Fuente AEMET - Open Data*. Disponible en: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Descargahistorico.html> (Accedido: 7 diciembre 2023).
53. De-la-Calzada-Otero, J. (2019) *Análisis de la legislación relativa a los planes de gestión de taxones amenazados en España*. Trabajo Fin de Máster. Universidad de Huelva.
54. De-Sadeleer, N. M. (2017) *Assessment and Authorisation of Plans and Projects Having a Significant Impact on Natura 2000 Sites in EU Environmental and Planning Law Aspects of Large-Scale Projects*. Bruselas (Bélgica): Cullen International.
55. Devine-Wright, P. (2005) "Beyond NIMBYism: towards an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy", *Wind Energy*, John Wiley & Sons, 8(2), pp. 125-139.
56. Díaz-Cuevas, P. (2018) "GIS-Based Methodology for Evaluating the Wind-Energy Potential of Territories: A Case Study from Andalusia (Spain)", *Energies 2018*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 11(10)(2789), pp. 1-16.
57. Díaz-Cuevas, P., Domínguez-Bravo, J. y Prieto-Campos, A. (2019) "Integrating MCDM and GIS for renewable energy spatial models: assessing the individual and combined potential for wind, solar and biomass energy in Southern Spain", *Clean Technologies and Environmental Policy*, Springer Verlag, 21(9), pp. 1855-1869.
58. Díaz-Cuevas, P., López, M. F. P., Tabales, A. F. y Rodríguez, N. L. (2017) "Energía eólica y territorio en Andalucía: diseño y aplicación de un modelo de potencialidad para la implantación de parques eólicos", *Investigaciones Geográficas*, Universidad de Alicante Servicio de Publicaciones, (67), pp. 9-29.
59. Díaz-Esteban, M., Romero-de-Pablos, A., Chica, A., Conesa, J. C., Coronado, J. M., Donázar, J. A., Dufour, J., Jordà, X., Martín, M., Orejas-Saco-del-Valle, A., Sastre, I., Sánchez-Palencia, J., Pavone, V., del-Río, P., del-Río, J. C., Vilarrasa, V. y González-García, M. I. (2021) "Social and environmental aspects of the energy transition", *Consejo Superior de Investigaciones Científicas*, (9), pp. 237-255.

60. Diéguez-Uribeondo, J., Souty-Grosset, C., Reynolds, J., Muñoz, J. y Gherardi F. (2011) "Diversidad amenazada", en Diéguez-Uribeondo, J. y Correas-Galán, A. M. (eds.) *Biodiversidad. El mosaico de la vida*. Madrid: FECYT, pp. 85-97.
61. Dorrell, J. y Lee, K. (2020) "The Cost of Wind: Negative Economic Effects of Global Wind Energy Development", *Energies 2020*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 13(14), p. 3667.
62. Drewitt, A. L. y Langston, R. H. W. (2006) "Assessing the impacts of wind farms on birds", *Ibis*, 148(1), pp. 29-42.
63. Dunnett, S., Holland, R. A., Taylor, G. y Eigenbrod, F. (2022) "Predicted wind and solar energy expansion has minimal overlap with multiple conservation priorities across global regions", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, National Academy of Sciences, 119(6), pp. 1-9.
64. Durá-Alemañ, C. J., Moleón, M., Pérez-García, J. M., Serrano, D. y Sánchez-Zapata, J. A. (2023) "Climate change and energy crisis drive an unprecedented EU environmental law regression", *Conservation Letters*, John Wiley and Sons, 16(3), p.12958.
65. EEA (European Environment Agency) (2009) "Europe's onshore and offshore wind energy potential", *EEA Technical reports*, EEA, (6), pp. 1-90.
66. El Bierzo Noticias (2023) *Más de 2.500 personas salen a las calles del Bierzo al grito de «renovables sí, pero no así»*. Disponible en: <https://www.elbierzonoticias.com/ponferrada/varios-centenares-personas-salen-calles-defender-bierzo-20231022113207-nt.html> (Accedido: 23 octubre 2023).
67. Ellis, C. J. (2012) "Lichen epiphyte diversity: A species, community and trait-based review", *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, Urban & Fischer, 14(2), pp. 131-152.
68. España (1995) "Ley 3/1995, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias", *Boletín Oficial del Estado (Jefatura del Estado)*, 24 de marzo de 1995 71(7241), pp. 1-14.
69. España (2007) "Real Decreto 1071/2007, de 27 de julio, por el que se regula el sistema geodésico de referencia oficial en España", *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de la Presidencia)*, 29 de agosto de 2007 207(15822), pp. 35986-35989.
70. España (2008a) "Instrumento de ratificación del Convenio Europeo del Paisaje (número 176 del Consejo de Europa), hecho en Florencia el 20 de octubre de 2000", *Boletín Oficial del Estado (Jefatura del Estado)*, 5 de febrero de 2008 31(1899), pp. 6259-6263.
71. España (2008b) "Real Decreto 223/2008, de 15 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión y sus instrucciones técnicas complementarias ITC-LAT 01 a 09", *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Industria, Turismo y Comercio)*, 19 de marzo de 2008 68(5269), pp. 16436- 16554.
72. España (2008c) "Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril", *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de la Presidencia)*, 16 de enero de 2008 14(755), pp. 3141-3149.
73. España (2015a) "Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras", *Boletín Oficial del Estado (Jefatura del Estado)*, 30 de septiembre de 2015 234(10439), pp. 1-54.

74. España (2015b) “Ley 38/2015, de 29 de septiembre, del sector ferroviario”, *Boletín Oficial del Estado (Jefatura del Estado)*, 30 de septiembre de 2015 234(10440), pp. 1-111.
75. España (2021a) “Anuncio del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en León por el que se somete a información pública la solicitud de autorización administrativa previa y el estudio de impacto ambiental de los parques eólicos Acario y Tureno, ambos de 54 MW, así como sus infraestructuras de evacuación asociadas, ubicados en la provincia de León”, *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Política Territorial y Función Pública)*, 7 de mayo de 2021 109(22328), pp. 29016-29018.
76. España (2021b) “Anuncio del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en León por el que se somete a información pública la solicitud de autorización administrativa previa y el estudio de impacto ambiental de los parques eólicos Cabrera, de 54 MW; Corporales, de 54 MW; Torneros, de 54 MW; y Anémide, de 80 MW, así como sus infraestructuras de evacuación asociadas, ubicados en la provincia de León”, *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Política Territorial y Función Pública)*, 19 de mayo de 2021 119(25047), pp. 32511-32514.
77. España (2021c) “Anuncio del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en Pontevedra por el que se somete a información pública el Estudio de Impacto Ambiental y la solicitud de Autorización Administrativa Previa del Parque Eólico Alto Cabrera, de 144 MW, y su infraestructura de conexión a la red de transporte, situados en los términos municipales de Benuza, Encinedo, Puente de Domingo Flórez y Castrocontigo (provincia de León) y Carballeda de Valdeorras y Rubiá (provincia de Ourense)”, *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Política Territorial y Función Pública)*, 16 de febrero de 2021 40(7336), pp. 9355-9357.
78. España (2021d) “Orden TED/980/2021, de 20 de septiembre, por la que se modifica el Anexo del Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas”, *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 21 de septiembre de 2021 226(15244), pp. 1-5.
79. España (2022a) “Anuncio del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en León y Delegación del Gobierno en Galicia por el que se someten a información pública las solicitudes de autorización administrativa previa y el estudio de impacto ambiental de los parques eólicos “Ralea”, de 138 MW; “Eco”, de 72 MW; y “Umbrío”, de 114 MW, y sus infraestructuras de evacuación, en las provincias de León y Lugo”, *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Política Territorial)*, 20 de enero de 2022 17(1478), pp. 2479-2482.
80. España (2022b) “Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania”, *Boletín Oficial del Estado (Jefatura del Estado)*, 30 de marzo de 2022 76(4972), pp. 1-156.
81. España (2023a) “Anuncio del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en León, por el que se somete a información pública la solicitud de autorización administrativa previa y el estudio de impacto ambiental de la planta eólica “Alto Bierzo-Sil” de 126 MW de potencia instalada y sus infraestructuras de evacuación, en la provincia de León”, *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Política Territorial)*, 7 de marzo de 2023 56(6759), pp. 10508-10509.
82. España (2023b) “Anuncio del Área de Industria y Energía de la Subdelegación del Gobierno en León, Subdelegación del Gobierno en Pontevedra y Delegación del Gobierno en Galicia por el que se somete a información pública la solicitud de autorización administrativa previa

- y el estudio de impacto ambiental de la planta eólica "OENCIA" de 217 MW de potencia instalada y sus infraestructuras de evacuación, en las provincias de León, Ourense y Lugo", *Boletín Oficial del Estado (Ministerio de Política Territorial)*, 7 de marzo de 2023 123 (15517), pp. 24489-24491.
83. España (2023c) "Resolución de 18 de septiembre de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parques eólicos "Isidoro y Veleta" de 54 MW y 66 MW respectivamente, y su infraestructura de evacuación, en las provincias de León y Zamora»", *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 9 de octubre de 2023 241(20865), pp. 134877- 134889.
84. España (2023d) "Resolución de 18 de septiembre de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parques eólicos "Pichí, de 108 MW y Lardeiras, de 144 MW" y su infraestructura de evacuación, en Molinaseca, Santa Colomba de Somoza, Torre del Bierzo, Ponferrada y Cubillos del Sil, (León)»", *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 9 de octubre de 2023 241(20866), pp. 134890-134912.
85. España (2023e) "Resolución de 23 de enero de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parque eólico "Trabadelo" de 110 MW, y su infraestructura de evacuación, en Trabadelo, Barjas, Corullón, Toral de los Vados, Villafranca del Bierzo, Cacabelos, Arganza, Cabañas Raras, Sancedo, Camponaraya y Ponferrada (León)»", *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 3 de febrero de 2023 29(2917), pp. 15738-15765.
86. España (2023f) "Resolución de 31 de marzo de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parque eólico "Barjas" 121 MW, y su infraestructura de evacuación, en las provincias de León, Ourense y Lugo»", *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 15 de abril de 2023 90(9279), pp. 53757-53776.
87. España (2023g) "Resolución de 31 de marzo de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parque eólico "Busmayor" de 60 MW y su infraestructura de evacuación, en los términos municipales de Trabadelo, Barjas, Ponferrada, Corullón, Toral de los Vados, Cacabelos, Villafranca del Bierzo, Arganza, Sancedo, Camponaraya, Cabañas Raras, y Oencia (León)»", *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 12 de abril de 2023 87(9089), pp. 52712-52723.
88. España (2023h) "Resolución de 31 de marzo de 2023, de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto «Parque eólico "Molinaseca", de 60 MW, y su infraestructura de evacuación, en la provincia de León»", *Boletín Oficial del Estado (MITECO)*, 15 de abril de 2023 90(9280), pp. 53777-53791.
89. Espejel-García, A., Romero-Domínguez, J., Isabel Barrera-Rodríguez, A., Torres-Espejel Jesús Félix-Crescencio, B. y Ximhai, R. (2015) "Determinación del uso potencial agrícola mediante modelación geoespacial y análisis multicriterio para la cuenca balsas Mezcalá", *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sostenible*, Universidad Autónoma Indígena de México, 11(5), pp. 77-95.
90. Espejo-Marín, C. (2004) "La energía eólica en España", *Investigaciones Geográficas*, Universidad de Alicante Servicio de Publicaciones, (35), pp. 45-65.

91. Espejo-Marín, C. y García-Marín, R. (2012) "La energía eólica en la producción de electricidad en España", *Revista de geografía Norte Grande*, Pontificia Universidad Católica de Chile, (51), pp. 115-136.
92. Ezquerra-Boticario, F. J. y Pinto, D. (2020) "25 Años de gestión forestal para la conservación de fauna amenazada en los montes cantábricos de Castilla y León", *Revista Montes*, Colegio de Ingenieros de Montes, (139), pp. 36-43.
93. FDJCC (2021a) *Manifiesto Fondo para la Defensa Jurídica de la Cordillera Cantábrica contra macroproyectos energéticos renovables*. Disponible en: <https://fdjcc.org/#elproblema> (Accedido: 28 diciembre 2021).
94. FDJCC (2021b) *Mapa de proyectos eólicos sometidos a información pública en distinto estado de tramitación*. Disponible en: <https://fdjcc.org/proyectos-eolicos/mapa-de-instalaciones/> (Accedido: 02 enero 2024).
95. Fernández-Latorre, F. M. y Ventura-Fernández, J. (2011) "Energía eólica en la región euromediterránea: desarrollo y perspectivas", *Observatorio medioambiental*, (14), pp. 107-128.
96. Fernández-Núñez, M., Díaz-Cuevas, P., Ojeda, J., Prieto, A. y Sánchez-Carnero, N. (2015) "Multipurpose line for mapping coastal information using a data model: the Andalusian coast (Spain)", *Journal of Coastal Conservation*, Kluwer Academic Publishers, 19(4), pp. 461-474.
97. Firetrace (2021) "The complete guide to wind turbine fire protection", *Firetrace*, pp. 1-14.
98. Flórez-Gutiérrez, S. C. (2021) "Evaluación de la capacidad de acogida a través de matrices de impacto/aptitud del área de influencia del embalse Topocoro en el municipio de Betulia, Santander (Colombia)", *Revista M*, Universidad Santo Tomás, 18, pp. 98-115.
99. Flourish Scatter (2024) Flourish Scatter Versión 20.4.5 [software]. Disponible en: <https://flourish.studio/> (Accedido: 12 febrero 2024).
100. Frick, W. F., Kingston, T. y Flanders, J. (2020) "A review of the major threats and challenges to global bat conservation", *Annals of the New York Academy of Sciences*, Blackwell Publishing Inc., 1469(1), pp. 5-25.
101. Frolova, M. (2010) "Los paisajes de la energía eólica: Su percepción social y gestión en España", *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*, (25), pp. 93-110.
102. Galdos-Urrutia, R. y Madrid-Ruiz, F. J. (2010) "La energía eólica en España y su contribución al desarrollo rural", *Investigaciones Geográficas*, Universidad de Alicante Servicio de Publicaciones, (50), pp. 93-108.
103. Gasparatos, A., Doll, C. N. H., Esteban, M., Ahmed, A. and Olang, T. A. (2017) "Renewable energy and biodiversity: Implications for transitioning to a Green Economy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 70, pp. 161–184.
104. Gass, V., Schmidt, J., Strauss, F. y Schmid, E. (2013) "Assessing the economic wind power potential in Austria", *Energy Policy*, 53, pp. 323-330.
105. Gharaibeh, A. A., Al-Shboul, D. A., Al-Rawabdeh, A. M. y Jaradat, R. A. (2021) "Establishing Regional Power Sustainability and Feasibility Using Wind Farm Land-Use Optimization", *Land 2021*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 10(5), p. 442.
106. Gibson, L., Wilman, E. N. y Laurance, W. F. (2017) "How Green is 'Green' Energy?", *Trends in Ecology & Evolution*, Elsevier Current Trends, 32(12), pp. 922-935.
107. Gielen, D., Boshell, F., Saygin, D., Bazilian, M. D., Wagner, N. y Gorini, R. (2019) "The role of renewable energy in the global energy transformation", *Energy Strategy Reviews*, Elsevier, 24, pp. 38-50.

108. Giménez-García, R., Marín-Salcedo, J., García-Marín, R. y De Murcia, U. (2023) "Técnicas de Evaluación Multicriterio en la toma de decisiones territoriales: estimación de capacidad acogida urbana en el Área Metropolitana de Murcia", *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 55(218), pp. 987-1012.
109. Global Wind Atlas (2023) *Atlas Eólico Mundial*. Disponible en: <https://globalwindatlas.info/es/> (Accedido: 9 diciembre 2023).
110. Gołębiowska, I. y Cöltekin, A. (2022) "What's wrong with the rainbow? An interdisciplinary review of empirical evidence for and against the rainbow color scheme in visualizations", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Elsevier, 194, pp. 195-208.
111. Gómez-Orea, D. y Gómez-Villarino, A. (2013) *Ordenación Territorial*. 3^aed. Madrid: Mundi-Prensa.
112. Gómez-Villarino, A. (2011) "Integración paisajística de los parques eólicos. Metodología para localizar y gestionar el impacto paisajístico de los parques eólicos", *Tecno ambiente: Revista profesional de tecnología y equipamiento de ingeniería ambiental*, TIASA, 21(222), pp. 13-20.
113. González, M. A., García-Tejero, S., Wengert, E. y Fuertes, B. (2016) "Severe decline in Cantabrian Capercaillie *Tetrao urogallus cantabricus* habitat use after construction of a wind farm", *Bird Conservation International*, Cambridge University Press, 26(2), pp. 256-261.
114. González, M. A., Purroy, F. J., Ena, V., de-Garnica, R., de-la-Calzada, E., Fernández, L., Purroy, J., Fuertes, B., Quevedo, M., Bañuelos, M. J., Costa, L., Cano, M., Morán-Luis, M., Blanco-Fontao, B., Rodríguez-Muñoz, R., Fernández-Gil, A. y Laborda, A. (2021) *El último urogallo*. León: Universidad de León.
115. González, M. A. y Ena, V. (2011) "Cantabrian Capercaillie signs dissapeared after a wind farm construction", *Chioglossa*, Diputación de A Coruña, 3, pp. 65-74.
116. Guitián, J. (2021) "Un parque eólico amenaza la naturaleza en las montañas a caballo de El Bierzo y Galicia", *Quercus*, 423, pp. 38-39.
117. Gutiérrez-Puebla, J. (2001) "Spatial scale temporal scale", *Estudios Geográficos*, CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 62(242), pp. 89-103.
118. Hansen, H. (2005) "GIS-based Multi-Criteria Analysis of Wind Farm Development", *10th Scandinavian Research Conference on geographical information Science (ScanGIS)*, Estocolmo (Suecia), 13-15 de junio de 2005, pp. 78-85.
119. Hansson, S. O. (2020) "How Extreme Is the Precautionary Principle?", *NanoEthics*, Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 14(3), pp. 245-257.
120. Harding, G., Harding, P. y Wilkins, A. (2008) "Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them", *Epilepsia*, John Wiley & Sons, 49(6), pp. 1095-1098.
121. Harvey, D. (2003) *Espacios de esperanza*. Madrid: Akal.
122. Hdidouan, D. y Staffell, I. (2017) "The impact of climate change on the levelised cost of wind energy", *Renewable Energy*, Elsevier, 101, pp. 575-592.
123. Herrero-Bayón, A. (2023) *Estudio de las redes viarias, ferroviarias y aeroportuarias en Castilla y León, utilizando sistemas de información geográfica (SIG)*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Valladolid.

124. Heuck, C., Herrmann, C., Levers, C., Leitão, P. J., Krone, O., Brandl, R. y Albrecht, J. (2019) "Wind turbines in high quality habitat cause disproportionate increases in collision mortality of the white-tailed eagle", *Biological Conservation*, Elsevier, 236, pp. 44–51.
125. Höfer, T., Sunak, Y., Siddique, H. y Madlener, R. (2016) "Wind farm siting using a spatial Analytic Hierarchy Process approach: A case study of the Städteregion Aachen", *Applied Energy*, Elsevier, 163, pp. 222-243.
126. Holmstrom, L., Hamer, T., Colclazier, E., Denis, N., Verschuyt, J. y Ruché, D. (2011) "Assessing avian-wind turbine collision risk: An approach angle dependent model", *Wind Engineering*, 35(3), pp. 289-312.
127. Hoogwijk, M., de Vries, B. y Turkenburg, W. (2004) "Assessment of the global and regional geographical, technical and economic potential of onshore wind energy", *Energy Economics*, North-Holland, 26(5), pp. 889-919.
128. Hötker, H., Thomsen, K. M. y Köster, H. (2006). *Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats. Facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation*. 65. Bergenhusen: Michael-Otto-Institut im NABU.
129. IEC (Instituto de Estudios Cabreireses) (2020) *El Geoparque Médulas-Teleno*. Disponible en: <http://estudioscabreireses.es/el-geoparque-medulas-teleno-sera-una-realidad-en-cabrera-gracias-a-la-diputacion-provincial-y-al-iec> (Accedido: 25 diciembre 2023).
130. IGME (Instituto Geológico y Minero de España) (2023) *InfoIGME servicios de mapas y descargas*. Disponible en: <https://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx> (Accedido: 29 diciembre 2023).
131. IGN (Instituto Geográfico Nacional) (2021) "El clima de España", IGN, pp. 1-4.
132. INE (Instituto Nacional de Estadística) (2022) *Población por municipios*. Disponible en: <https://www.ine.es/dynt3/inebase/index.htm?padre=525> (Accedido: 7 diciembre 2023).
133. Infante, O., Fuente, U. y Atienza, J. C. (2011). *Las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en España*. Madrid: SEO/BirdLife.
134. InfoBierzo (2023) *Hasta 40 colectivos se suman ya a la voz de Prada contra los macroparques eólicos y fotovoltaicos en El Bierzo: "O salimos o nos comen vivos"*. Disponible en: https://www.infobierzo.com/bierzo/prada-a-tope-manifestacion-macroparques-eolicos-fotovoltaicos-bierzo_1002550_102.html (Accedido: 14 septiembre 2023).
135. International Energy Agency (2023) *Renewables*. Disponible en: <https://www.iea.org/energy-system/renewables> (Accedido: 23 diciembre 2023).
136. ITACYL (Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León) (2013) "Atlas agroclimático de Castilla y León", *BOE*, Junta de Castilla y León, pp. 1-137.
137. Jaber, S. (2014) "Environmental Impacts of Wind Energy", *Journal of Clean Energy Technologies*, pp. 251-254.
138. Jager, H. I., Efroymson, R. A. y McManamay, R. A. (2021) "Renewable energy and biological conservation in a changing world", *Biological Conservation*, Elsevier, 263, p. 109354.
139. Jasone, M. y Iriarte, U. (2018) "Una panorámica de la protección autonómica singular del patrimonio arbóreo", *RIIPAC: Revista sobre Patrimonio Cultural*, Eumed, (10), pp. 89-131.
140. JCYL (Junta de Castilla y León) (1988) "Análisis del medio físico de León, delimitación de unidades y estructura territorial", *Dendros*, Consejería de Fomento, pp. 1-124.

141. JCYL (Junta de Castilla y León) (2023a) *Geoportal de Protección Civil de Castilla y León, JCYL*. Disponible en: <https://geoportalpc.jcyl.es/> (Accedido: 31 diciembre 2023).
142. JCYL (Junta de Castilla y León) (2023b) *Infraestructura de datos espaciales de Castilla y León, JCYL*. Disponible en: <https://cartografia.jcyl.es/web/es/datos-servicios/serviciodescargas.html> (Accedido: 6 diciembre 2023).
143. Jenks, G. (1967) "The Data Model Concept in Statistical Mapping", *International Yearbook of Cartography*, pp. 186-190.
144. Jiménez-Alfaro, B., Carlón, L., Fernández-Pascual, E., Acedo, C., Alfaro-Saiz, E., Redondo, R. A., Cires, E., del Egido Mazuelas, F., del Río, S., Díaz-González, T. E., García-González, M. E., Lence, C., Llamas, F., Nava, H., Penas, Á., Rodríguez Gutián, M. A. y Vázquez, V. M. (2021) "Checklist of the vascular plants of the Cantabrian Mountains", *Mediterranean Botany*, Ediciones Complutense de Madrid, 42, p. 74570.
145. Johansson, T. B., Kelly, H., Amulya, K. N. R. y Williams, R. H. (1993) "Renewable Energy: Sources for Fuels and Electricity", *Island press*, p. 157.
146. Katsaprakakis, D. Al (2012) "A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 16(5), pp. 2850-2863.
147. Kipperberg, G., Onozaka, Y., Bui, L. T., Lohaugen, M., Refsdal, G. y Sæland, S. (2019) "The impact of wind turbines on local recreation: Evidence from two travel cost method – contingent behavior studies", *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, Elsevier, 25, pp. 66-75.
148. Kishore, R. A. y Priya, S. (2013) "Design and experimental verification of a high efficiency small wind energy portable turbine (SWEPT)", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Elsevier, 118, pp. 12-19.
149. Krewitt, W. y Nitsch, J. (2003) "The potential for electricity generation from on-shore wind energy under the constraints of nature conservation: a case study for two regions in Germany", *Renewable Energy*, Pergamon, 28(10), pp. 1645-1655.
150. Kurowska, K., Marks-Bielska, R., Bielski, S., Aleknavičius, A. y Kowalczyk, C. (2020) "Geographic Information Systems and the Sustainable Development of Rural Areas", *Land*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 10(1), p. 6.
151. Kuvlesky, W. P., Brennan, L. A., Morrison, M. L., Boydston, K. K., Ballard, B. M. y Bryant, F. C. (2007) "Wind Energy Development and Wildlife Conservation: Challenges and Opportunities", *The Journal of Wildlife Management*, John Wiley & Sons, 71(8), pp. 2487-2498.
152. Lácal-Arántegui, R. (2019) "Globalization in the wind energy industry: contribution and economic impact of European companies", *Renewable Energy*, Elsevier, 134, pp. 612-628.
153. La Rioja (2024) "Ley 1/2024, de 24 de enero, medidas temporales y urgentes para la protección del paisaje de La Rioja", *Boletín Oficial de La Rioja, 25 de enero de 2024* (18), pp. 1235-1237.
154. Latinopoulos, D. y Kechagia, K. (2015) "A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece", *Renewable Energy*, Pergamon, 78, pp. 550-560.

155. Lejeune, P. y Feltz, C. (2008) "Development of a decision support system for setting up a wind energy policy across the Walloon Region (southern Belgium)", *Renewable Energy*, Pergamon, 33(11), pp. 2416-2422.
156. León (2006a) "Resolución del Viceconsejero de Economía, por la que se otorga autorización administrativa del parque eólico "Cerro Becerril", promovido por la empresa Ider S.L., en el término municipal de Lucillo (León)", *BOP de León, 6 de junio de 2006* (107), pp. 3-10.
157. León (2006b) "Resolución del Viceconsejero de Economía, por la que se otorga autorización administrativa del parque eólico "La Mallada", promovido por la empresa Ider S.L., en el término municipal de Lucillo (León)", *BOP de León, 6 de junio de 2006* (107), pp. 10-14.
158. León (2007) "Resolución del Viceconsejero de Economía, por la que se otorga autorización administrativa del parque eólico "Argañoso", promovido por la empresa Energía Global Castellana SA, en el término municipal de Santa Colomba de Somoza (León)", *BOP de León, 8 de enero de 2007* (5), pp. 20-24.
159. León (2021a) "Información pública relativa a la solicitud de, autorización administrativa de construcción, para una instalación de energía eléctrica con tecnología eólica, en Brazuelo y Villagatón (León). Expediente PE-03/2020/23494, PE Ucedo", *BOP de León, 10 de agosto de 2021* (151), pp. 25-26.
160. León (2021b) "Información pública relativa a la solicitud de, autorización administrativa de construcción, para una instalación de energía eléctrica con tecnología eólica, en Magaz de Cepeda, Brazuelo y Villagatón (León). Expediente PE-01/2020/23492, PE Porqueros", *BOP de León, 10 de agosto de 2021* (151), pp. 23-24.
161. León (2022) "Resolución de 24 de mayo de 2022, de autorización administrativa y declaración de impacto ambiental del parque eólico denominado «Espina», en los términos municipales de Igüeña y Villagatón (León). Expte.: PE-239/2020", *BOP de León, 21 de junio de 2022* (118), pp. 45-64.
162. León (2023) "resolución del Servicio Territorial de Industria, comercio y Economía de la Junta de castilla y León, en León, por la que se concede la autorización administrativa previa y autorización administrativa de construcción, para una instalación de energía eléctrica con tecnología eólica, en los términos municipales de Brazuelo, Torre del Bierzo y Santa Colomba de Somoza (León). Expediente PE-04/2020/23495, «PE Veldedo»", *BOP de León, 18 de mayo de 2023* (94), pp. 62-66.
163. Liechti, F., Guélat, J. Ô. y Komenda-Zehnder, S. (2013) "Modelling the spatial concentrations of bird migration to assess conflicts with wind turbines", *Biological Conservation*, Elsevier, 162, pp. 24-32.
164. Linares-Llamas, P. (2018) "La transición energética", *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, (125), pp. 20-31.
165. Lissovsky, A. A. y Dudov, S. V. (2021) "Species-Distribution Modeling: Advantages and Limitations of Its Application. 2. MaxEnt", *Biology Bulletin Reviews 2021*, Springer, 11(3), pp. 265-275.
166. López-Palacios A. (2022) *Mapa del Camino de Santiago por Manzanal*. León: Vía Nova.
167. Łopucki, R. y Mróz, I. (2016) "An assessment of non-volant terrestrial vertebrates response to wind farms—a study of small mammals", *Environmental Monitoring and Assessment*, Springer, 188(2), pp. 1-9.

168. Lorente-Plazas, R., Montávez, J. P., Jerez, S., Gómez-Navarro, J. J., Jiménez-Guerrero, P., Jiménez, P. A., García-Valero, J. A., Gomáriz-Castillo, F. y Alonso-Sarría, F. (2012) "EOLMAP: A web tool to assess the wind resource over Spain", *Renewable Energy and Power Quality Journal*, European Association for the Development of Renewable Energy, Environment and Power Quality (EA4EPQ), 1(10), pp. 1264-1269.
169. Lozano-Cutanda, B. (2021) "Los nuevos proyectos de energías renovables se encuentran con el laberinto jurídico de la evaluación ambiental", *Actualidad Jurídica Ambiental*, Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental (CIEDA), (110), pp. 41-46.
170. Lundquist, J. K., DuVivier, K. K., Kaffine, D. y Tomaszewski, J. M. (2018) "Costs and consequences of wind turbine wake effects arising from uncoordinated wind energy development", *Nature Energy*, Nature Publishing Group, 4(1), pp. 26-34.
171. Maeztu, J. J. (2004) "Informe sobre las alteraciones producidas al karst de Badaia y las cavidades aparecidas en las obras de construcción del parque eólico de Badaia", *Grupo Espeleológico Alavés*, pp. 1-8.
172. Mantyka-Pringle, C. S., Martin, T. G. y Rhodes, J. R. (2012) "Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis", *Global Change Biology*, John Wiley & Sons, 18(4), pp. 1239-1252.
173. Manwell, J. F., McGowan, J. G., y Rogers, A. L. (2010). *Wind energy explained: theory, design, and application*. John Wiley & Sons.
174. MAPA (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación) (2023) *IDE de descargas del MAPA*. Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/default.aspx> (Accedido: 29 diciembre 2023).
175. Marqués, A. T., Santos, C. D., Hanssen, F., Muñoz, A. R., Onrubia, A., Wikelski, M., Moreira, F., Palmeirim, J. M. y Silva, J. P. (2020) "Wind turbines cause functional habitat loss for migratory soaring birds", *The Journal of animal ecology*, 89(1), pp. 93-103.
176. Martin, J., Revilla, E., Quenette, P. Y., Naves, J., Allainé, D. y Swenson, J. E. (2012) "Brown bear habitat suitability in the Pyrenees: transferability across sites and linking scales to make the most of scarce data", *Journal of Applied Ecology*, John Wiley & Sons, 49(3), pp. 621-631.
177. Martínez-Martínez, Y., Dewulf, J. y Casas-Ledón, Y. (2022) "GIS-based site suitability analysis and ecosystem services approach for supporting renewable energy development in south-central Chile", *Renewable Energy*, Pergamon, 182, pp. 363-376.
178. Martínez-Martínez, Y., Dewulf, J., Aguayo, M. y Casas-Ledón, Y. (2023) "Sustainable wind energy planning through ecosystem service impact valuation and exergy: A study case in south-central Chile", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 178, p. 113252.
179. McKenna, R., Pfenninger, S., Heinrichs, H., Schmidt, J., Staffell, I., Bauer, C., Gruber, K., Hahmann, A. N., Jansen, M., Klingler, M., Landwehr, N., Larsén, X. G., Lilliestam, J., Pickering, B., Robinius, M., Tröndle, T., Turkovska, O., Wehrle, S., Weinand, J. M. y Wohland, J. (2022) "High-resolution large-scale onshore wind energy assessments: A review of potential definitions, methodologies and future research needs", *Renewable Energy*, Pergamon, 182, pp. 659-684.
180. Sauro, J. (2024) *MeasuringU: Confidence Interval Calculator for a Completion Rate*. Disponible en: <https://measuringu.com/calculators/wald/> (Accedido: 12 de febrero de 2024).

181. MediNat (2021) *Manifiesto Afecciones a la naturaleza de los macroproyectos de energías renovables en la Cordillera Cantábrica*. Disponible en: <https://medinat.es/informe-manifiesto/> (Accedido: 30 diciembre 2021).
182. Mentes, D., Hermann, S., Howells, M., Welsch, M. y Siyal, S. H. (2015) "Assessing the technical wind energy potential in Africa a GIS-based approach", *Renewable Energy*, Pergamon, 83, pp. 110-125.
183. MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) (2020) *Zonificación ambiental para la implantación de energías renovables: eólica y fotovoltaica. Sensibilidad ambiental y clasificación del territorio. Mapa, Memoria y otros documentos*. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/zonificacion_ambiental_energias_renovables.html (Accedido: 2 noviembre 2023).
184. MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) (2021) "Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas", *MITECO*, pp. 1-256.
185. MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) (2023a) *Banco de Datos de la Naturaleza (BDN)*. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/servicios/banco-datos-naturaleza/informacion-disponible/cartografia_informacion_disp.html (Accedido: 25 diciembre 2023).
186. MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico) (2023b) *Infraestructura de datos espaciales - IDE - Descargas*. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas.html> (Accedido: 31 diciembre 2023).
187. Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030 (2022) *Página web los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 2030 en el marco de las Naciones Unidas*. Disponible en: <https://www.mdsocialesa2030.gob.es/agenda2030/index.htm> (Accedido: 17 febrero 2024).
188. Molina-Ruiz, J. y Tudela-Serrano, M. L. (2003) "Capacidad de acogida de la actividad minera de roca ornamental en el municipio de Cehegín (Murcia)", *Papeles de geografía*, 38(38), pp. 103-114.
189. Molina-Ruiz, J. y Tudela-Serrano, M. L. (2006) "Identificación de impactos ambientales significativos en la implantación de parques eólicos: un ejemplo en el municipio de Jumilla (Murcia)", *Investigaciones Geográficas*, Universidad de Alicante Servicio de Publicaciones, (41), p. 145.
190. Molina-Ruiz, J. y Tudela-Serrano, M. L. (2008) "Elección de criterios y valoración de impactos ambientales para la implantación de energía eólica", *Papeles de geografía*, (47), pp. 171-184.
191. Morales-Reyes, Z., Pérez-García, J. M., Moleón, M., Botella, F., Carrete, M., Lazcano, C., Moreno-Opo, R., Margalida, A., Donázar, J. A. y Sánchez-Zapata, J. A. (2015) "Supplanting ecosystem services provided by scavengers raises greenhouse gas emissions", *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, 5, p.711.
192. Moreno-Saiz, J.C., Iriondo-Alegría J.M., Martínez-García F., Martínez-Rodríguez J. y Salazar Mendías C. (2019) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España*.

Adenda 2017. Madrid: MITECO-Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas.

193. Naciones Unidas (2015) *Página web los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/> (Accedido: 17 febrero 2024).
194. NASA (2023) POWER Data Acces Viewer. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (Accedido: 15 diciembre 2023).
195. Nguyen, K. Q. (2007) "Wind energy in Vietnam: Resource assessment, development status and future implications", *Energy Policy*, Elsevier, 35(2), pp. 1405-1413.
196. Noorollahi, Y., Yousefi, H. y Mohammadi, M. (2016) "Multi-criteria decision support system for wind farm site selection using GIS", *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Elsevier, 13, pp. 38-50.
197. Northrup, J. M. y Wittemyer, G. (2013) "Characterising the impacts of emerging energy development on wildlife, with an eye towards mitigation", *Ecology Letters*, John Wiley & Sons, 16(1), pp. 112-125.
198. O'Shea, T. J., Cryan, P. M., Hayman, D. T. S., Plowright, R. K. y Streicker, D. G. (2016) "Multiple mortality events in bats: A global review", *Mammal Review*, Blackwell Publishing, 46(3), pp. 175-190.
199. Ordaz, L. R., Galván, M. L. C. y Fernández-García, V. (2022) "Importancia del pastoreo en la conservación del paisaje tradicional de los puertos de merinas de la Cordillera Cantábrica", *Pirineos*, CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 177(e074), pp. 1-11.
200. Palacín, C., Farias, I. y Alonso, J. C. (2023) "Detailed mapping of protected species distribution, an essential tool for renewable energy planning in agroecosystems", *Biological Conservation*, Elsevier, 277, p. 109857.
201. Panwar, N. L., Kaushik, S. C. y Kothari, S. (2011) "Role of renewable energy sources in environmental protection: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), pp. 1513-1524.
202. Parlamento Europeo (2009) "DIRECTIVA 2009/28/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de abril de 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE", *Diario Oficial de la Unión Europea, Serie L, 5 de junio de 2009* (140), pp. 16-62.
203. Parlamento Europeo (2018) "DIRECTIVA (UE) 2018/2001 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 11 de diciembre de 2018 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (versión refundida)", *Diario Oficial de la Unión Europea, Serie L, 21 de diciembre de 2018* (328), pp. 82-209.
204. Parlamento Europeo (2023) "DIRECTIVA (UE) 2023/2413 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de octubre de 2023 por la que se modifican la Directiva (UE) 2018/2001, el Reglamento (UE) 2018/1999 y la Directiva 98/70/CE en lo que respecta a la promoción de la energía procedente de fuentes renovables y se deroga la Directiva (UE) 2015/652 del Consejo", *Diario Oficial de la Unión Europea, Serie L, 31 de octubre de 2023* (2413), pp. 1-77.
205. Pearce-Higgins, J. W., Stephen, L., Douse, A. y Langston, R. H. W. (2012) "Greater impacts of wind farms on bird populations during construction than subsequent operation:

- Results of a multi-site and multi-species analysis", *Journal of Applied Ecology*, 49(2), pp. 386-394.
206. Pedersen, E. y Persson-Waye, K. (2004) "Perception and annoyance due to wind turbine noise - a dose-response relationship", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Acoustical Society of America (ASA), 116(6), pp. 3460-3470.
207. Pérez-García, I. (2021) *Impactos agregados de los parques eólicos del suroeste de León*. Trabajo de gabinete. Colegio de Ingenieros de Montes.
208. Pérez-García, J. M., Morant, J., Arrondo, E., Sebastián-González, E., Lambertucci, S. A., Santangeli, A., Margalida, A., Sanchez-Zapata, J. A., Blanco, G., Donázar, J. A., Carrete, M. y Serrano, D. (2022) "Priority areas for conservation alone are not a good proxy for predicting the impact of renewable energy expansion", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, National Academy of Sciences, 119(33), pp. 1-2.
209. Peri, E. y Tal, A. (2020) "A sustainable way forward for wind power: Assessing turbines' environmental impacts using a holistic GIS analysis", *Applied Energy*, Elsevier, 279, p. 115829.
210. Peste, F., Paula, A., da Silva, L. P., Bernardino, J., Pereira, P., Mascarenhas, M., Costa, H., Vieira, J., Bastos, C., Fonseca, C. y Pereira, M. J. R. (2015) "How to mitigate impacts of wind farms on bats? A review of potential conservation measures in the European context", *Environmental Impact Assessment Review*, Elsevier, 51, pp. 10–22.
211. PFMCL (2021) *Manifiesto Plataforma por el futuro de la Montaña Central Leonesa*. Disponible en: <https://mleon.org/manifiesto/> (Accedido: 22 diciembre 2021).
212. Poudyal, R., Loskot, P., Nepal, R., Parajuli, R. y Khadka, S. K. (2019) "Mitigating the current energy crisis in Nepal with renewable energy sources", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 116, pp. 109388-109401.
213. Presicce, L. (2019) "El periplo de la regulación del autoconsumo energético y generación distribuida en España: la transición de camino hacia la sostenibilidad", Revista Vasca de Administración Pública, Instituto Vasco de Administración Pública, (113), pp. 181-221.
214. Puente-García, E., del-Egido-Mazuelas, F., Fernández-Cañedo, M. y López-Pacheco, M. J. (2018) *Flora protegida de León*. León: Universidad de León.
215. Qazi, A., Hussain, F., Rahim, N. A. B. D., Hardaker, G., Alghazzawi, D., Shaban, K. y Haruna, K. (2019) "Towards Sustainable Energy: A Systematic Review of Renewable Energy Sources, Technologies, and Public Opinions", *IEEE Access*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 7, pp. 63837-63851.
216. QGIS (2023) *QGIS Desktop Versión 3.28.13* [software]. Disponible en: <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html> (Accedido: 25 noviembre 2023).
217. Quevedo-de-Anta, M. y Bañuelos-Martínez, M. J. (2008) "El hábitat del urogallo en la Cornisa Cantábrica, o la importancia de conservar ecosistemas funcionales", *Locustella: Anuario de la Naturaleza de Cantabria*, Asociación Locustella, (5), pp. 10-27.
218. R (2023) *R Project for Statistical Computing Versión 4.3.1* [software]. Disponible en: <https://www.r-project.org/> (Accedido: 7 diciembre 2023).

219. Ramírez-Rosado, I. J., García-Garrido, E., Fernández-Jiménez, L. A., Zorzano-Santamaría, P. J., Monteiro, C. y Miranda, V. (2008) "Promotion of new wind farms based on a decision support system", *Renewable Energy*, Pergamon, 33(4), pp. 558-566.
220. Ramón-Sánchez, Á. (2023) "El declive del empleo en la comarca de El Bierzo desde 2008: dimensión del problema y búsqueda de una explicación sindical", *Sociología del Trabajo*, Ediciones Complutense, (102), pp. 25-36.
221. RStudio (2023) *RStudio Desktop Versión 2023.06.2* [software]. Disponible en: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/> (Accedido: 7 diciembre 2023).
222. Ramachandra, T. V. y Shruthi, B. V. (2005) "Wind energy potential mapping in Karnataka, India, using GIS", *Energy Conversion and Management*, Pergamon, 46(9-10), pp. 1561-1578.
223. Ranaboldo, M., Lega, B. D., Ferrenbach, D. V., Ferrer-Martí, L., Moreno, R. P. y García-Villoria, A. (2014) "Renewable energy projects to electrify rural communities in Cape Verde", *Applied Energy*, Elsevier, 118, pp. 280-291.
224. Rehbein, J. A., Watson, J. E. M., Lane, J. L., Sonter, L. J., Venter, O., Atkinson, S. C. y Allan, J. R. (2020) "Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas", *Global Change Biology*, John Wiley & Sons, 26(5), pp. 3040-3051.
225. Rezaian, S. y Jozi, S. A. (2016) "Application of Multi Criteria Decision-Making Technique in Site Selection of Wind Farm- a Case Study of Northwestern Iran", *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, Springer India, 44(5), pp. 803-809.
226. Rodríguez-Gámez, M., Vázquez-Pérez, A., Vinuela-Martínez, J. L., Correa-Peralta, M. A. y Martínez-Falcones, V. A. (2023) "Geographic information systems and university cooperation: a strategy for sustainability", *CEMJP*, Influential Scholarly Research Publication, 31(1), pp. 576-583.
227. Romagosa, T. (2020) "UNE-EN IEC 61400-1: referente para el sector eólico español", *UNE: la revista de normalización española*, 24, p. 1.
228. Ruiz, O., Alejandro, N., Castro, R., Alberto, T., Aguilar, M., Sofía, M., Valle, B., María, I. y Pozo, R. (2023) "Aplicación de geo-tecnologías y ecología del paisaje para la generación de capacidad de acogida, con fines de planificación territorial en la ciudad de Chone-Ecuador", *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, Centro de Investigación y Desarrollo Profesional - CIDEPRO, 7(47), pp. 75-89.
229. Ryberg, D. S., Robinius, M. y Stoltzen, D. (2017) "Methodological Framework for Determining the Land Eligibility of Renewable Energy Sources", *arXiv*, pp. 1-35.
230. Saaty, R. W. (1987) "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used", *Mathematical Modelling*, Pergamon, 9(3-5), pp. 161-176.
231. Sæþórsdóttir, A. D. y Ólafsdóttir, R. (2020) "Not in my back yard or not on my playground: Residents and tourists' attitudes towards wind turbines in Icelandic landscapes", *Energy for Sustainable Development*, Elsevier, 54, pp. 127-138.
232. Sadeghi, M. y Karimi, M. (2017) "GIS-based solar and wind turbine site selection using multi-criteria analysis: Case study Tehran, Iran", *International Archives of the*

Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, 42(4W4), pp. 469-476.

233. Saidur, R., Rahim, N. A., Islam, M. R. y Solangi, K. H. (2011) "Environmental impact of wind energy", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 15(5), pp. 2423–2430.
234. Sánchez-Zapata, J. A., Arroyo, B., Baglione, V., Díaz, M., Forero, M. G., González-Solís, J., Laiolo, P., de Lope, F., Louzao, M., Milá, B., Ruiz, A., Seoane, J. y Soler, J. J. (2019) "Informe del Comité Científico de SEO/BirdLife sobre la transición energética y la compatibilización de las energías renovables con la conservación de la biodiversidad", *VII Congreso Ibérico y XXIV Español de Ornitológía*. Cádiz, 13-17 de noviembre de 2019. Madrid: Comité Científico de SEO/BirdLife International, pp. 1-8.
235. Sánchez-Zapata, J. A., Clavero, M., Carrete, M., DeVault, T. L., Hermoso, V., Losada, M. A., Polo, M. J., Sánchez-Navarro, S., Pérez-García, J. M., Botella, F., Ibáñez, C. y Donázar, J. A. (2016) "Effects of Renewable Energy Production and Infrastructure on Wildlife", pp. 97-123.
236. San-Miguel, G., Regueiro-Ferreira, R. M., Gómez-Villarino, M. T. y Gómez-Catasús, J. (2023) *Tecnología y sostenibilidad de la energía eólica. Preguntas y respuestas*. Madrid: Mundi-Prensa.
237. Santangeli, A., Girardello, M., Buechley, E., Botha, A., Minin, E. D. y Moilanen, A. (2019) "Priority areas for conservation of Old World vultures", *Conservation Biology*, John Wiley & Sons, 33(5), pp. 1056-1065.
238. Sanz-Falagán, N. (2018) *La minería del carbón en España, entre el abandono y la supervivencia: aproximación al caso de El Bierzo*. Trabajo Fin de Grado. Universidad de Valladolid.
239. Saraswat, S. K., Digalwar, A. K., Yadav, S. S. y Kumar, G. (2021) "MCDM and GIS based modelling technique for assessment of solar and wind farm locations in India", *Renewable Energy*, Pergamon, 169, pp. 865-884.
240. Sari, F. y Yalcin, M. (2024) "Investigation of the importance of criteria in potential wind farm sites via machine learning algorithms", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 435, p. 140575.
241. Sánchez-Navarro, S., Rydell, J. y Ibáñez, C. (2020) "Bat Fatalities at Wind-Farms in the Lowland Mediterranean of Southern Spain", *Acta Chiropterologica*, Museum and Institute of Zoology PAS, 21(2), pp. 349-358.
242. Santos, L. (2001) "Articulación regional y comarcas en Castilla y León: las directrices de ordenación del territorio", *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, Universidad de Valladolid, 32, pp. 177-190.
243. Schuster, E., Bulling, L. y Köppel, J. (2015) "Consolidating the State of Knowledge: A Synoptical Review of Wind Energy's Wildlife Effects", *Environmental Management*, Springer, 56(2), pp. 300–331.
244. SECEM (Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos) (2016) *Cartografía de Zonas Importantes para los Mamíferos (ZIM) de España*. Disponible en:

- <https://web.archive.org/web/20230403054139/http://www.secem.es/zonas-importantes-para-los-mamiferos-zim/> (Accedido: 16 diciembre 2023).
245. SEO/BirdLife (2023) *Mapas de compatibilidad con las energías renovables*. Disponible en: <https://seo.org/mapaswebdecompatibilidarenovablesresponsables/> (Accedido: 22 enero 2024).
246. Serrano, D., Margalida, A., Pérez-García, J. M., Juste, J., Traba, J., Valera, F., Carrete, M., Aihartza, J., Real, J., Mañosa, S., Flaquer, C., Garín, I., Morales, M. B., Alcalde, J. T., Arroyo, B., Sánchez-Zapata, J. A., Blanco, G., Negro, J. J., Tella, J. L., Ibáñez, C., Tellería, J. L., Hiraldo, F. y Donázar, J. A. (2020) "Renewables in Spain threaten biodiversity", *Science*, American Association for the Advancement of Science, 370(6522), pp. 1182-1183.
247. Serrano-Rodríguez, A. (2017) "Potenciales de la energía distribuida en España", *Revista de Obras Públicas*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, (3584), pp. 8-19.
248. Sevilla-Martínez, F. (2008) *Una teoría ecológica para los montes ibéricos*. León: Instituto de Restauración y Medio Ambiente.
249. Sliz-Szkliniarz, B. y Vogt, J. (2011) "GIS-based approach for the evaluation of wind energy potential: A case study for the Kujawsko-Pomorskie Voivodeship", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 15(3), pp. 1696-1707.
250. SOCYLEMA (Sociedad Castellana y Leonesa de Educación Matemática Miguel de Guzmán) (2010) *Materiales y Ponencias del I Seminario de ESTALMAT de Castilla y León – Progresiones aritméticas*. Disponible en: <https://www.socylem.es/sitio/estalmat/I-Seminario-ESTALMAT-CyL.htm> (Accedido: 31 de diciembre de 2023).
251. Tabassum, A., Premalatha, M., Abbasi, T. y Abbasi, S. A. (2014) "Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 31, pp. 270–288.
252. Tellería, J. L. (2009) "Potential impacts of wind farms on migratory birds crossing Spain", *Bird Conservation International*, 19(2), pp. 131-136.
253. Terrón-Santos, D. (2024) "Desarrollo rural sostenible y renovables: cuestiones más allá de la zonificación", *Actualidad Jurídica Ambiental*, 124, p. 358.
254. Thaxter, C. B., Buchanan, G. M., Carr, J., Butchart, S. H. M., Newbold, T., Green, R. E., Tobias, J. A., Foden, W. B., O'Brien, S. y Pearce-Higgins, J. W. (2017) "Bird and bat species' global vulnerability to collision mortality at wind farms revealed through a trait-based assessment", *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, The Royal Society, 284(1862), pp. 1-10.
255. Tsipopoulos, I., Nijs, W., Tarvydas, D. y Ruiz Castello, P. (2020) *Towards net-zero emissions in the EU energy system by 2050*. Luxemburgo: Publications Office of the European Union.
256. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) (2013) *Directrices. Gran Conector Ecológico: Sierras del Norte de Portugal - Cordillera Cantábrica - Pirineos - Macizo Central - Alpes Occidentales*. España: Comité Español de UICN, con la colaboración de la Fundación de Biodiversidad.
257. UNE (Asociación Española de Normalización) (2020) *UNE-EN IEC 61400-1: Referente para el sector eólico español*. Madrid: Asociación Española de Normalización (UNE).

258. Valera, F., Bolonio, L., La Calle, A. y Moreno, E. (2022) "Deployment of Solar Energy at the Expense of Conservation Sensitive Areas Precludes Its Classification as an Environmentally Sustainable Activity", *Land*, MDPI, 11(12), p. 2330.
259. Vallejos-Romero, A., Cordoves-Sánchez, M., Jacobi, P. y Aledo, A. (2020) "In transitions we trust? Understanding citizen, business, and public sector opposition to wind energy and hydropower in Chile", *Energy Research & Social Science*, Elsevier, 67, p. 101508.
260. Van-Den-Berg, G. P. (2004) "Effects of the wind profile at night on wind turbine sound", *Journal of Sound and Vibration*, Academic Press, 277(4-5), pp. 955-970.
261. Van-Der-Horst, D. y Lozada-Ellison, L. M. (2010) "Conflictos entre las energías renovables y el paisaje: Siete mitos y la propuesta de manejo adaptativo y colaborativo", *Nimbus: Revista de climatología, meteorología y paisaje*, (25-26), pp. 231-251.
262. Van-Haaren, R. y Fthenakis, V. (2011) "GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 15(7), pp. 3332-3340.
263. Van-Vliet, J., Magliocca, N. R., Büchner, B., Cook, E., Rey-Benayas, J. M., Ellis, E. C., Heinemann, A., Keys, E., Lee, T. M., Liu, J., Mertz, O., Meyfroidt, P., Moritz, M., Poeplau, C., Robinson, B. E., Seppelt, R., Seto, K. C. y Verburg, P. H. (2016) "Meta-studies in land use science: Current coverage and prospects", *Ambio*, Springer Netherlands, 45(1), pp. 15-28.
264. Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J. y Jijón, D. J. (2017) "Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador", *Renewable Energy*, Pergamon, 109, pp. 275-286.
265. Voigt, C. C., Popa-Lisseanu, A. G., Niermann, I. y Kramer-Schadt, S. (2012) "The catchment area of wind farms for European bats: A plea for international regulations", *Biological Conservation*, Elsevier, 153, pp. 80-86.
266. WindNinja (2023) *WindNinja Missoula Fire Sciences Laboratory USDA Versión 3.7.1* [software]. Disponible en: <https://www.firelab.org/project/windninja> (Accedido: 27 diciembre 2021).
267. WWF/Adena España (2018) *Conectividad y adaptación al cambio climático. Informe Autopistas Salvajes*. Disponible en: https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/especies_y_habitats/conectividad_y_adaptacion_al_clambio_climatico/informe_autopistas_salvajes/ (Accedido: 23 de diciembre de 2023).
268. Yildiz, S. S. (2024) "Spatial multi-criteria decision making approach for wind farm site selection: A case study in Balıkesir, Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, 192, p. 114158.
269. Yue, C. D. y Wang, S. S. (2006) "GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan", *Energy Policy*, Elsevier, 34(6), pp. 730-742.

270. Zahedi, R., Ghorbani, M., Daneshgar, S., Gitifar, S. y Qezelbigloo, S. (2022) "Potential measurement of Iran's western regional wind energy using GIS", *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, 330, pp. 550-560.

7. Anexo I: Biblioteca de variables de aptitud y de impacto

7.1. Biblioteca de variables de aptitud

Se presentan las 34 variables de aptitud elegidas en la Tabla 7.1-1. Se proporciona la información para cada una de ellas sobre su relevancia para formar parte del conjunto, así como con sus valores presentados considerados como excluyentes y mínimos y máximos dentro de los no excluyentes, de acuerdo a diversas referencias consultadas y teniendo en cuenta en los casos de variables relacionadas con los espacios naturales y la biodiversidad valores de restricción media-alta bajo el legislado principio europeo de precaución (Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Hansson, 2020). (Notas: Un “buffer” se trata de una distancia o radio alrededor de un elemento. Un valor “excluyente” es aquel para el cual se imposibilita cualquier aptitud del terreno para albergar grandes eólicas). Han sido tenidas en cuenta prioritariamente, para decidir los valores de aptitud, referencias de los tres últimos lustros, ya que en ese tiempo los aerogeneradores han sido mejorados respecto de los anteriores para disminuir su contaminación acústica y para aprovechar el viento a mayores alturas y con menores velocidades. Los valores encontrados en las diversas referencias difieren entre sí dadas las diferentes condiciones de cada territorio a nivel local (Díaz-Cuevas, 2018), es por ello que se tomaron solamente como aproximación, habiendo sido adecuados al área de estudio.

Se obvieron variables no influyentes en el territorio objeto de estudio, tales como la presencia o la distancia a aeropuertos, antenas, zonas militares, playas, dominio público marítimo terrestre, humedales Sitio Ramsar, refugios de montaña, zonas de acampada en montaña, Montes Protectores -ZNIE Castilla y León- o ZEPIM (Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo).

Tabla 7.1-1.- Variables de aptitud y valores. Se clasifican según su relación con: (a) el viento (nº 1 a 5), (b) los espacios naturales y la biodiversidad (nº 6 a 18) y (c) los usos actuales del suelo, los enclaves histórico-culturales y las infraestructuras (nº 19 a 34). (Se presentan por orden alfabético dentro de cada grupo).

Nº	Variable/Capa de Aptitud	Tipo de capa	Fuentes de descarga o digitalización (biblioteca)	Razón de su inclusión	Valor de máxima Aptitud	Valor de mínima Aptitud	Umbral de exclusión	Referencias para la decisión de los valores de Aptitud
1	Aerogeneradores ya instalados (a 02-01-2024) /distancia/	Vectorial, puntual	(FDJCC, 2021b)	Generación de turbulencias en las proximidades de sus aspas	> 1200 m	200 m	Presencia y buffer de \leq 200 m	(Baban y Parry, 2001; Manwell <i>et al.</i> , 2010; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; McKenna <i>et al.</i> , 2022; Martínez-Martínez <i>et al.</i> , 2023)
2	Mapa Forestal Español (MFE): fracción de cabida cubierta arbórea en entornos forestales /Fcc/	Vectorial, poligonal	(MITECO, 2023b)	Aumento de turbulencias irregulares en el viento. Peor acceso para mantenimiento. Requiere renovación periódica de pistas forestales	< 20 %	80 %	\geq 80 %	(Baban y Parry, 2001; Mentis <i>et al.</i> , 2015)
3	MDT: muy altas elevaciones /altitud/	Ráster, 5 x 5 m	(JCYL, 2023b)	Muy altas elevaciones se relacionan con mayores costes de transporte y combustible e insuficiente densidad del aire, presión y temperatura (ineficiencia). Generalmente asociado con una mayor apertura de pistas requerida. En ocasiones las zonas más elevadas cuentan con islas de vegetación amenazada	< 1500 msnm	2000 msnm	\geq 2000 msnm	(Baban y Parry, 2001; Gass <i>et al.</i> , 2013; Atici <i>et al.</i> , 2015; Noorollahi <i>et al.</i> , 2016; Martínez-Martínez <i>et al.</i> , 2022; McKenna <i>et al.</i> , 2022; Zahedi <i>et al.</i> , 2022)
4	Pendiente /pendiente/	Ráster, 5 x 5 m	(JCYL, 2023b)	Relacionada con las turbulencias en superficie de las aspas. Y con la construcción de vías para transportar los aerogeneradores	< 3º (5 %)	20º (36 %)	\geq 20º (36 %)	(Baban y Parry, 2001; Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008; Van-Haaren y Fthenakis, 2011; Al-Yahai <i>et al.</i> , 2012; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Höfer <i>et al.</i> , 2016; Rezaian y Jozi, 2016; Martínez-Martínez <i>et al.</i> , 2022; McKenna <i>et al.</i> , 2022; Asadi <i>et al.</i> , 2023; Yildiz, 2024)
5	Velocidad media anual del viento a altura de buje (100 m) /velocidad/	Ráster, 50 x 50 m	(Lorente-Plazas <i>et al.</i> , 2012; Aymamí <i>et al.</i> , 2016; WindNinja, 2021; CENER, 2023)	Relacionada con la energía producible	> 7 m/s	3 m/s	\leq 3 m/s	(Krewitt y Nitsch, 2003; Ramachandra y Shruthi, 2005; Aymamí <i>et al.</i> , 2011; Kishore y Priya, 2013; Latinopoulos y Kechagia, 2015;

			Global Wind Atlas, (2023)					Mentis <i>et al.</i> , 2015; Cristea y Jocea, 2016; Höfer <i>et al.</i> , 2016; Zahedi <i>et al.</i> , 2022; Yildiz, 2024)
6	Árboles notables /distancia/	Vectorial, puntual	(JCYL, 2023b)	Conservación de árboles emblemáticos o singulares	> 300 m	50 m	Presencia y buffer de \leq 50 m	(Jasone e Iriarte, 2018)
7	Áreas críticas de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección del urogallo cantábrico (<i>Tetrao urogallus cantabricus</i>), siendo El Bierzo Alto su estribación más meridional	> 100 m	0 m	Presencia	(MITECO, 2020; Castilla y León, 2022a)
8	Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBAs) /distancia/	Vectorial, poligonal	(Infante <i>et al.</i> , 2011; MITECO, 2023a)	Protección ecosistémica. Sensibilidad de la avifauna ante ruido y colisiones. Consideración de aves como indicador “paraguas” de muchas especies y hábitats	> 100 m	0 m	Presencia	(Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; MITECO, 2020; Pérez-García, 2021; SEO/BirdLife, 2023)
9	Corredor Ecológico del Cantábrico, conectividad ecosistémica y autopistas salvajes /distancia/	Vectorial, lineal	(WWF/Adena España, 2018)	Protección de la interconexión territorial de la fauna entre espacios Red Natura 2000 y ante el ruido	> 1000 m	500 m	Presencia y buffer de \leq 500 m	(Yue y Wang, 2006; Ramírez-Rosado <i>et al.</i> , 2008; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; WWF/Adena España, 2018; MITECO, 2020; MediNat, 2021; MITECO, 2021; SEO/BirdLife, 2023)
10	Flora amenazada y/o protegida de Castilla y León	Vectorial, poligonal (cuadrículas UTM 1 x 1 km)	(Moreno-Saiz <i>et al.</i> , 2019; JCYL, 2023b)	Protección de taxones vegetales en peligro crítico (CR), en peligro (EN) o vulnerables (VU). Por ejemplo, <i>Gyrocaryum oppositifolium</i> Valdés (CR), endémica en El Bierzo.	-	-	Presencia en la cuadrícula UTM	(Alfaro-Saiz <i>et al.</i> , 2022; 2023)
11	Masas de agua naturales y artificiales /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Obstáculo para la construcción y transporte. Preservación del acceso a la fauna. Importancia ecosistémica	> 600 m	200 m	Presencia y buffer de \leq 200 m	(Baban y Parry, 2001; Hansen, 2005; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; McKenna <i>et al.</i> , 2022; SEO/BirdLife, 2023; Yildiz, 2024)
12	Red de Espacios Naturales protegidos (REN): en este caso Monumentos Naturales, Parques Naturales y Zonas periféricas de protección (en otros además Paisajes Protegidos, Parques Nacionales, Parques Regionales, Reservas Naturales y PORNs inacabados) /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección ecosistémica (fragmentación), flora, fauna, servicios ecosistémicos, recreo-espaciamiento, cultura. Sensibilidad ante el ruido	> 5000 m	1000 m	Presencia y buffer de \leq 1000 m	(Baban y Parry, 2001; Krewitt y Nitsch, 2003; Hoogwijk <i>et al.</i> , 2004; Lejeune y Feltz, 2008; Aydin <i>et al.</i> , 2010; Aymamí <i>et al.</i> , 2011; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020; Gharaibeh <i>et al.</i> , 2021; Castilla

								y León, 2022a; McKenna <i>et al.</i> , 2022; Asadi <i>et al.</i> , 2023; SEO/BirdLife, 2023)
13	Red fluvial y dominio público hidráulico /distancia/	Vectorial, lineal	(JCYL, 2023b)	Obstáculo para la construcción y transporte. Preservación del acceso a la fauna. Importancia ecosistémica. Flora riparia. Legislación de dominio público hidráulico (zona de policía a 100 m del DPH)	> 600 m	120 m	Presencia y buffer de ≤ 120 m	(Baban y Parry, 2001; España, 2008c; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Höfer <i>et al.</i> , 2016; Acedo, 2017; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; Sadeghi y Karimi, 2017; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020)
14	Reservas de la Biosfera /distancia/	Vectorial, poligonal	(MITECO, 2023a)	Protección ecosistémica, flora, fauna, servicios ecosistémicos, recreo-espaciamiento, cultura y tradición de las poblaciones locales	> 5000 m	1000 m	Presencia y buffer de ≤ 1000 m	(Baban y Parry, 2001; Krewitt y Nitsch, 2003; Hoogwijk <i>et al.</i> , 2004; Lejeune y Feltz, 2008; Aydin <i>et al.</i> , 2010; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020; SEO/BirdLife, 2023)
15	Sensibilidad alta en áreas de los Planes de recuperación de urogallo cantábrico y de oso pardo cantábrico de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección del urogallo cantábrico (<i>Tetrao urogallus cantabricus</i>) y del oso pardo cantábrico (<i>Ursus arctos pyrenaicus</i>), siendo El Bierzo Alto su estribación más meridional	> 100 m	0 m	Presencia	(MITECO, 2020)
16	ZEC/LIC -Red Natura 2000- (con o sin quirópteros o murciélagos) /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección ecosistémica, flora, fauna y servicios ecosistémicos. Sensibilidad ante el ruido. Sensibilidad ante la fragmentación del hábitat	> 5000 m	1000 m	Presencia y buffer de ≤ 1000 m	(Baban y Parry, 2001; Krewitt y Nitsch, 2003; Hoogwijk <i>et al.</i> , 2004; Lejeune y Feltz, 2008; Aydin <i>et al.</i> , 2010; Aymamí <i>et al.</i> , 2011; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020; SEO/BirdLife, 2023)
17	ZEPA -Red Natura 2000- /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección ecosistémica. Sensibilidad de la avifauna ante ruido y colisiones	> 5000 m	1000 m	Presencia y buffer de ≤ 1000 m	(Hoogwijk <i>et al.</i> , 2004; Yue y Wang, 2006; Lejeune y Feltz, 2008; Aydin <i>et al.</i> , 2010; Aymamí <i>et al.</i> , 2011; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; Díaz-Cuevas, 2018; SEO/BirdLife, 2023)
18	Zonas Húmedas Catalogadas (ZHC) /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección ecosistémica	> 600 m	400 m	Presencia y buffer de ≤ 400 m	(Baban y Parry, 2001; Hansen, 2005; Hötker <i>et al.</i> , 2006; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011)

19	Áreas cultivables en zonas de regadío /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Potencial de cultivos, auto economía local, previo despliegue de infraestructuras de regadío	> 150 m	0 m	Presencia	(Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Concepción y Díaz, 2013; Mentis <i>et al.</i> , 2015; Díaz-Cuevas, 2018; Castilla y León, 2022a; Valera <i>et al.</i> , 2022)
20	Autopistas, autovías, carreteras convencionales y caminos no urbanos /distancia, cercanía/	Vectorial, lineal	(JCYL, 2023b)	Distancia de seguridad ante accidentes de rotura y franjas legisladas. Sin embargo, se valora también su cercanía para evitar la construcción de nuevos viarios	200 – 10000 m	> 10000 m	Presencia y buffer de ≤ 200 m	(Krewitt y Nitsch, 2003; Hansen, 2005; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Atici <i>et al.</i> , 2015; España, 2015a; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Noorollahi <i>et al.</i> , 2016; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; Ryberg <i>et al.</i> , 2017; Díaz-Cuevas, 2018; Lundquist <i>et al.</i> , 2018; McKenna <i>et al.</i> , 2022; Asadi <i>et al.</i> , 2023; Yıldız, 2024)
21	Bienes Arqueológicos /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección cultural, científica e histórica. Gran concentración de restos de minería aurífera romana como la explotación aluvial de las Médulas, los castros, los restos de campamentos o los petroglifos	> 600 m	200 m	Presencia y buffer de ≤ 200 m	(Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Pérez-García, 2021)
22	Bienes de Interés Cultural (BICs) /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección cultural, científica e histórica. Uso público (visitas), seguridad ante rotura de palas, sensibilidad ante construcción de vías y tránsito pesado próximo	> 600 m	150 m	Presencia y buffer de ≤ 150 m	(Baban y Parry, 2001; Lejeune y Feltz, 2008; Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Atici <i>et al.</i> , 2015; Fernández-Núñez <i>et al.</i> , 2015; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020; Castilla y León, 2022a)
23	Bienes Patrimonio Mundial de la UNESCO /distancia/	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección cultural, científica e histórica	> 600 m	0 m	Presencia	(Latinopoulos y Kechagia, 2015; MITECO, 2020)
24	Caminos de Santiago (Camino Francés, Camino de Invierno, Camino Olvidado y Camino del Manzano) /distancia/	Vectorial, lineal	(López-Palacios, 2022; CNIG, 2023)	Seguridad para el tránsito a pie. Protección cultural, turística y paisajista. La ruta francesa reconocida por la UNESCO y las rutas locales reconocidas por la JCYL	> 500 m	150 m	Presencia y buffer de ≤ 150 m	(MITECO, 2020; Pérez-García, 2021)
25	Centro de medianas ciudades (Ponferrada, El Bierzo) /distancia/	Vectorial, puntual	(JCYL, 2023b)	Incompatibilidad por áreas residenciales o de uso público (sensibilidad ante el ruido, interferencias de ondas de radio AM y FM no	> 5000 m	2500 m	Presencia y buffer de ≤ 2500 m	(Baban y Parry, 2001; Lejeune y Feltz, 2008; Fernández-Núñez <i>et al.</i> , 2015; Latinopoulos y Kechagia, 2015; International Energy Agency, 2023)

					satelitales, impacto visual, ocupación del área periurbana de esparcimiento)				
26	Conjunto de áreas restringidas por la actual legislación autonómica y nacional ante parques eólicos	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Restricciones declaradas en leyes autonómicas	-	-	Presencia	(JCYL, 2023b)	
27	Fallas y contactos tectónicos /distancia/	Vectorial, lineal	(JCYL, 2023b)	Inestabilidad en el terreno de construcción	> 500 m	20 m	Presencia y buffer de ≤ 20 m	(Atici <i>et al.</i> , 2015; Noorollahi <i>et al.</i> , 2016; Díaz-Cuevas, 2018)	
28	Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) /distancia/	Vectorial, lineal (poligonizado)	(IGME, 2023)	Protección cultural, científica e histórica. Áreas con características de importancia dentro de la historia geológica o paleontológica local	> 100 m	0 m	Presencia	(MITECO, 2020; Pérez-García, 2021)	
29	Líneas ferroviarias /distancia/	Vectorial, lineal	(JCYL, 2023b)	Distancia de seguridad ante accidentes de rotura y franjas legisladas. Protección de vías históricas rehabilitables (Ponfeblino)	> 500 m	200 m	Presencia y buffer de ≤ 200 m	(Krewitt y Nitsch, 2003; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Atici <i>et al.</i> , 2015; España, 2015b; Ryberg <i>et al.</i> , 2017; Díaz-Cuevas, 2018; McKenna <i>et al.</i> , 2022)	
30	Red Nacional de Caminos Naturales /distancia/	Vectorial, lineal	(MAPA, 2023)	Seguridad para el tránsito a pie. Protección cultural, turística y paisajista	> 300 m	150 m	Presencia y buffer de ≤ 150 m	(Pérez-García, 2021)	
31	Sendas en espacios naturales /distancia/	Vectorial, lineal	(JCYL, 2023b)	Seguridad para el tránsito a pie. Fomento del turismo, el régimen de visitas y de la economía de zonas rurales ligadas a sendas	> 200 m	75 m	Presencia y buffer de ≤ 75 m	(Pérez-García, 2021)	
32	SIOSE 2014: usos incompatibles no urbanos (curso de agua, embalse, extracción minera, industrial, infraestructura de residuos, infraestructura de suministro, instalación agrícola y/o ganadera, invernadero, lago o laguna, lámina de agua artificial, red viaria o ferroviaria)	Vectorial, poligonal	(CNIG, 2023)	Incompatibilidad por suelo ya explotado, áreas residenciales (sensibilidad ante el ruido), construcciones, suelo no explotable	-	-	Presencia	(Hoogwijk <i>et al.</i> , 2004; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Al-Yahyai <i>et al.</i> , 2012; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Díaz-Cuevas, 2018; McKenna <i>et al.</i> , 2022)	
33	SIOSE 2014: usos incompatibles urbanos, rurales y residenciales (casco, ensanche, zona verde urbana) /distancia/	Vectorial, poligonal	(CNIG, 2023)	Incompatibilidad por áreas residenciales o de uso público (sensibilidad ante el ruido,	> 3000 m	500 m	Presencia y buffer	(Krewitt y Nitsch, 2003; Hoogwijk <i>et al.</i> , 2004; Hansen, 2005; Yue y Wang, 2006; Nguyen, 2007; Lejeune y Feltz, 2008; Ramírez-Rosado <i>et al.</i> , 2010; Pérez-García, 2021)	

					interferencias de ondas de radio AM y FM no satelitales, <i>shadow-flicker</i> , impacto visual)			de \leq 500 m	<i>al.</i> , 2008; Aydin <i>et al.</i> , 2010; Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Al-Yahyai <i>et al.</i> , 2012; Ranaboldo <i>et al.</i> , 2014; Fernández-Núñez <i>et al.</i> , 2015; Latinopoulos y Kechagia, 2015; Díaz-Cuevas, 2018; MITECO, 2020; Castilla y León, 2022a; Asadi <i>et al.</i> , 2023; International Energy Agency, 2023; Yildiz, 2024)
34	Vías pecuarias: en este caso, Cañadas Reales y Coladas /distancia/	Vectorial, lineal	(JCYL, 2023b)	Seguridad para el tránsito a pie	> 200 m	75 m	Presencia y buffer de \leq 75 m	(España, 1995; MITECO, 2020)	

7.2. Biblioteca de variables de impacto

Se presentan las 21 variables de impacto elegidas en la **Tabla 7.2-1**, con la información para cada una de ellas sobre su relevancia para formar parte del conjunto, así como con su tipo de impacto. Sus valores pueden representar un impacto negativo, neutro o positivo y no comprenden valores de exclusión. Suponen un conjunto de variables accesorias a las de aptitud. Se evitó la inclusión de variables intuitivamente intercorrelacionadas, a fin de evitar ruido o información duplicada.

Tabla 7.2-1.- Variables de impacto. (Se presentan por orden alfabético).

Nº	Variable/Capa de Impacto	Tipo de capa	Fuentes de descarga o digitalización (biblioteca)	Razón de su inclusión	Área de Impacto	Tipo de Impacto (según valor)	Referencias para la decisión del tipo de Impacto
1	Área proyectada ante la posible declaración del Geoparque Médulas-Teleno	Vectorial, poligonal	(IEC, 2020)	Protección de bienes culturales y arqueológicos.	Presencia	Negativo	(Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Pérez-García, 2021)
2	Áreas sensibles ante colocación de eólicas de SEO/BirdLife	Vectorial, poligonal	(SEO/BirdLife, 2023)	Protección de aves: grandes planeadoras o sensibles a la alteración del hábitat (águila real, aguilucho cenizo, aguilucho pálido, alimoche común, urogallo cantábrico)	Presencia	Negativo	(SEO/BirdLife, 2023)
3	Áreas Vegetales de Gran Importancia (VIPAs)	Vectorial, poligonal (cuadrículas UTM 10 x 10 km)	(Alfaro-Saiz <i>et al.</i> , 2023)	Protección de hábitats, vegetación vascular y briófitos amenazados	Presencia	Negativo	(Álvarez <i>et al.</i> , 2015; Alfaro-Saiz <i>et al.</i> , 2022; Alfaro-Saiz <i>et al.</i> , 2023)
4	Ámbito total de los Planes de recuperación del oso pardo cantábrico y del urogallo cantábrico	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección del urogallo cantábrico (<i>Tetrao urogallus cantabricus</i>) y del oso pardo cantábrico (<i>Ursus arctos pyrenaicus</i>), siendo El Bierzo Alto su estribación más meridional	Presencia	Negativo	(MITECO, 2020)
5	Cotos cinegéticos asociados a presencia de lobo ibérico	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección del lobo ibérico (LESPRE). Los cotos indican su presencia, ya que hasta el 2021 eran especie cinegética presentes en ellos, por lo que son espacios potenciales de expansión proyectada dada su resiliencia específica	Presencia	Negativo	(Cortés <i>et al.</i> , 2021; España. 2021d)
6	Cuencas visuales (territorios visibles) desde puntos clave de núcleos de población y carreteras con alcance visual de 10 km y tomando una altura de aerogenerador imaginario de 100 m sobre la superficie del modelo digital de elevaciones y teniendo en cuenta la altura de visión de 1,70 m	Vectorial, poligonal	Herramienta análisis de visibilidad radial RLOS (ArcGIS Pro, 2023) a partir de MDE (JCYL, 2023b) exportado como datos de entidad poligonal	Impacto visual, desnaturalización del entorno, consideración del paisaje como una visual agradable, calidad de vida	Presencia	Negativo, neutro	(Sevilla-Martínez, 2008; Frolova, 2010; Gómez-Villarino, 2011; Latinopoulos y Kechagia, 2015; MITECO, 2020)
7	Estados erosivos	Vectorial, poligonal	(MITECO, 2023a)	Protección edafológica	Presencia	Negativo, neutro	(Armstrong <i>et al.</i> , 2014)
8	Gran Conector Ecológico UICN: Sierras del Norte de Portugal - Cordillera Cantábrica -	Vectorial, poligonal	(UICN, 2013)	Protección de la interconexión territorial de la fauna	Presencia	Negativo	(Pérez-García, 2021)

	Pirineos - Macizo Central - Alpes Occidentales						
9	Hábitat actual y de potencial expansión del oso pardo cantábrico - <i>Ursus arctos pyrenaicus</i> -	Vectorial, poligonal (cuadrículas UTM 5 x 5 km)	(Martin <i>et al.</i> , 2012; Ezquerra-Boticario y Pinto, 2020)	Protección del oso pardo cantábrico (<i>Ursus arctos pyrenaicus</i>), siendo el Bierzo Alto su estribación más meridional	Presencia	Negativo	(Pérez-García, 2021)
10	Hábitat actual, conectividad y áreas de potencial expansión del urogallo cantábrico - <i>Tetrao urogallus cantabricus</i> -	Vectorial, poligonal (cuadrículas UTM 5 x 5 km)	(Quevedo-de-Anta y Bañuelos-Martínez, 2008; Ezquerra-Boticario y Pinto, 2020; González <i>et al.</i> , 2021; Pérez-García, 2021)	Protección del urogallo cantábrico (<i>Tetrao urogallus cantabricus</i>), siendo El Bierzo Alto su estribación más meridional	Presencia	Negativo	(González y Ena, 2011; González <i>et al.</i> , 2016; Pérez-García, 2021)
11	Hábitats de Interés Comunitario (HIC) (Directiva Hábitat 92/43/CEE)	Vectorial, poligonal	(MITECO, 2023a)	Protección de áreas naturales o seminaturales con distribución natural reducida, en riesgo de desaparición o representativa de alguna región biogeográfica de la UE	Presencia	Negativo	(Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008; Pérez-García, 2021)
12	Probabilidad de deslizamientos en laderas	Ráster, 20 x 20 m	(JCYL, 2023a)	Posibilidad de daños estructurales	Presencia	Negativo	(Armstrong <i>et al.</i> , 2014)
13	Puertos de montaña	Vectorial, puntual	(JCYL, 2023b)	Presencia de ganado trashumante vacuno y ovino, motor socioeconómico. Conservación de la biodiversidad fruto del pastoreo	Presencia y buffer de 300 m	Negativo	(Ordaz <i>et al.</i> , 2022)
14	Red eléctrica	Vectorial, lineal	(CNIG, 2023)	Incremento de la rentabilidad del proyecto a mayor cercanía al no requerir nuevas instalaciones. Sin embargo diversas fuentes apuntan a un mínimo de distancia, ya que podría dificultar la implantación	Presencia y buffers de 0 a 100, de 100 a 250, de 250 a 1000 y de 1000	Negativo, neutro, positivo	(Hansen, 2005; Słiz-Szkliniarz y Vogt, 2011; Atici <i>et al.</i> , 2015; Höfer <i>et al.</i> , 2016; Noorollahi <i>et al.</i> , 2016; Díaz-Cuevas <i>et al.</i> , 2017; Villacreses <i>et al.</i> , 2017; Lundquist <i>et al.</i> , 2018; Ayodele <i>et al.</i> , 2018; Zahedi <i>et al.</i> , 2022; Asadi <i>et al.</i> , 2023; Yıldız, 2024)

					a 10000 m		
15	Sensibilidad de Aves Planeadoras de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección de la avifauna sensible	Presencia	Negativo, neutro	(JCYL, 2023b)
16	Sensibilidad de Montes de Utilidad Pública de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Protección de montes sensibles	Presencia	Negativo	(Sliz-Szkliniarz y Vogt, 2011; JCYL, 2023b)
17	Velocidad del viento considerada por el estándar internacional UNE-EN IEC 61400-1:2020	Ráster, 50 x 50 m	(CENER, 2023)	Los aerogeneradores disponibles permiten el aprovechamiento de bajas velocidades de viento, pero aquellas para los que están preparados de acuerdo al estándar significan asegurar el rendimiento	> 6 m/s	Positivo	(Aymamí <i>et al.</i> , 2011; Zahedi <i>et al.</i> , 2022)
18	Zonas de Alto Riesgo de Incendios (ZARI)	Vectorial, poligonal	(JCYL, 2023b)	Posibilidad de daños estructurales	Presencia	Negativo	(Firetrace, 2021)
19	Zonas de Protección de la Avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión (ZPA)	Vectorial, poligonal	(MITECO, 2023a)	Riesgos de colisión de la avifauna. La distribución de líneas de alta tensión se encuentra relacionada con la instalación de centrales eólicas y debe tenerse en cuenta de acuerdo al principio de precaución	Presencia	Negativo	(MITECO, 2020; Pérez-García, 2021)
20	Zonas Importantes para los Mamíferos de España (ZIM)	Vectorial, poligonal	(SECEM, 2016)	Protección de las zonas de paso de mamíferos emblemáticos o amenazados	Presencia	Negativo	(Pérez-García, 2021; SEO/BirdLife, 2023)
21	Zonas inundables de probabilidad baja o excepcional (periodo de retorno T = 500 años)	Vectorial, poligonal	(MITECO, 2023b)	Posibilidad de daños estructurales	Presencia	Negativo	(MITECO, 2020; SEO/BirdLife, 2023)

8. Anexo II: Cartografía temática de aptitud y de impacto

8.1. Cartografía temática de aptitud

Se presenta la cartografía temática de las 34 capas de aptitud, siguiendo el mismo orden que en la biblioteca de variables de aptitud, en las siguientes Figuras 8.1-1 a 8.1-34:

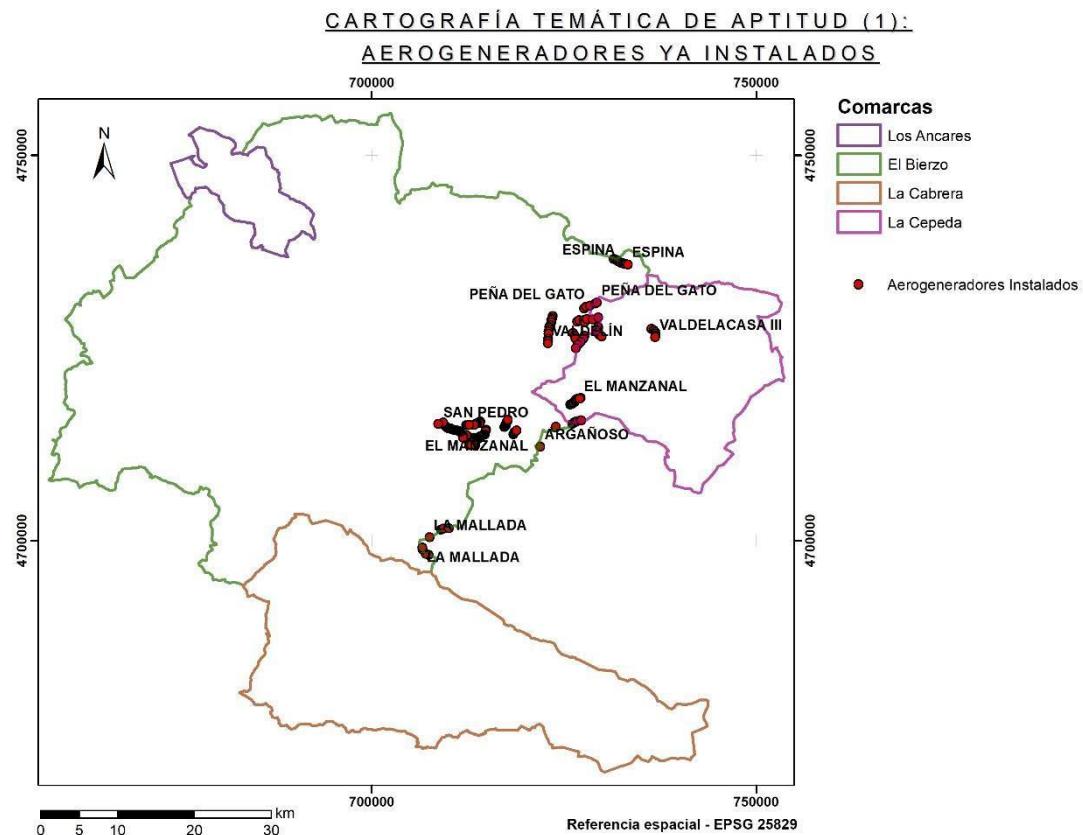


Figura 8.1-1.- Cartografía temática de aptitud (1): aerogeneradores ya instalados. Fuente: elaboración propia a partir de FDJCC (2021b).

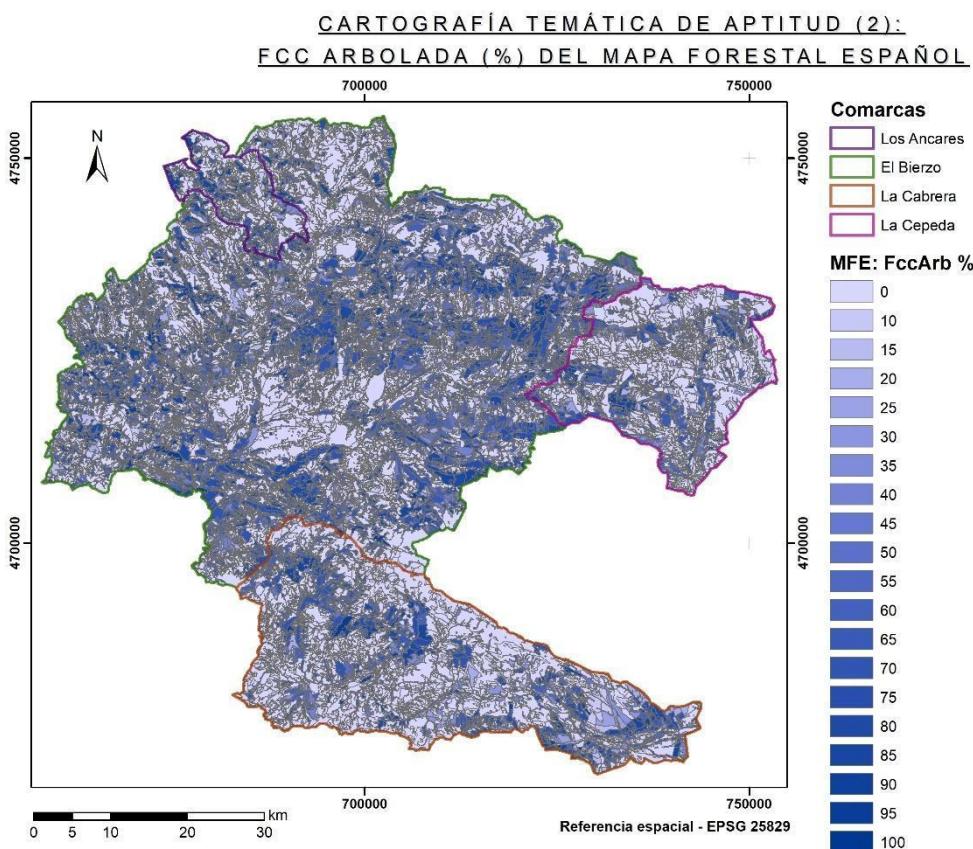


Figura 8.1-2.- Cartografía temática de aptitud (2): Fcc arbolada (%) del Mapa Forestal Español. Fuente: elaboración propia a partir de MITECO (2023b).

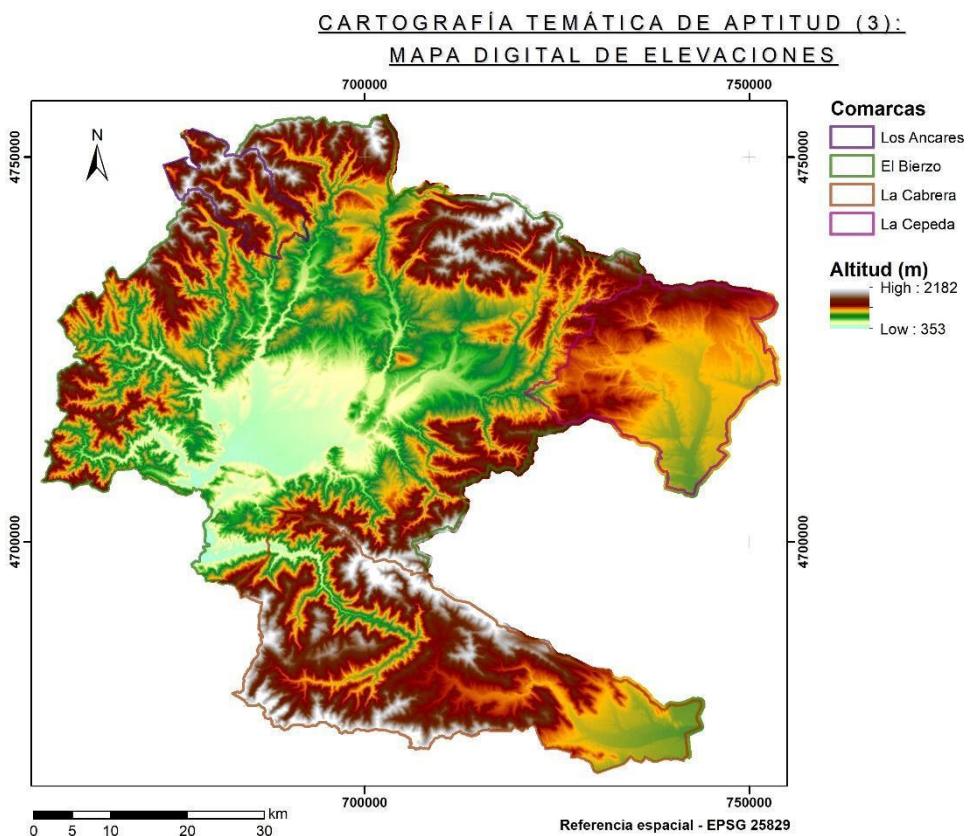


Figura 8.1-3.- Cartografía temática de aptitud (3): Modelo Digital de Elevaciones. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

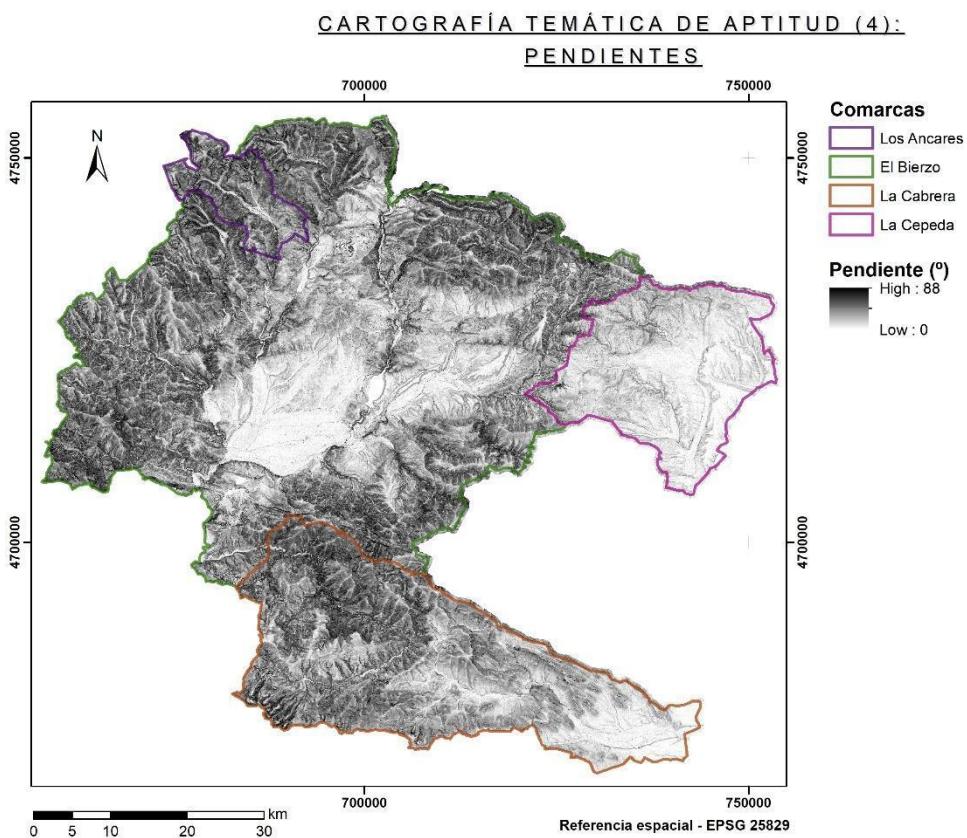


Figura 8.1-4.- Cartografía temática de aptitud (4): pendientes. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

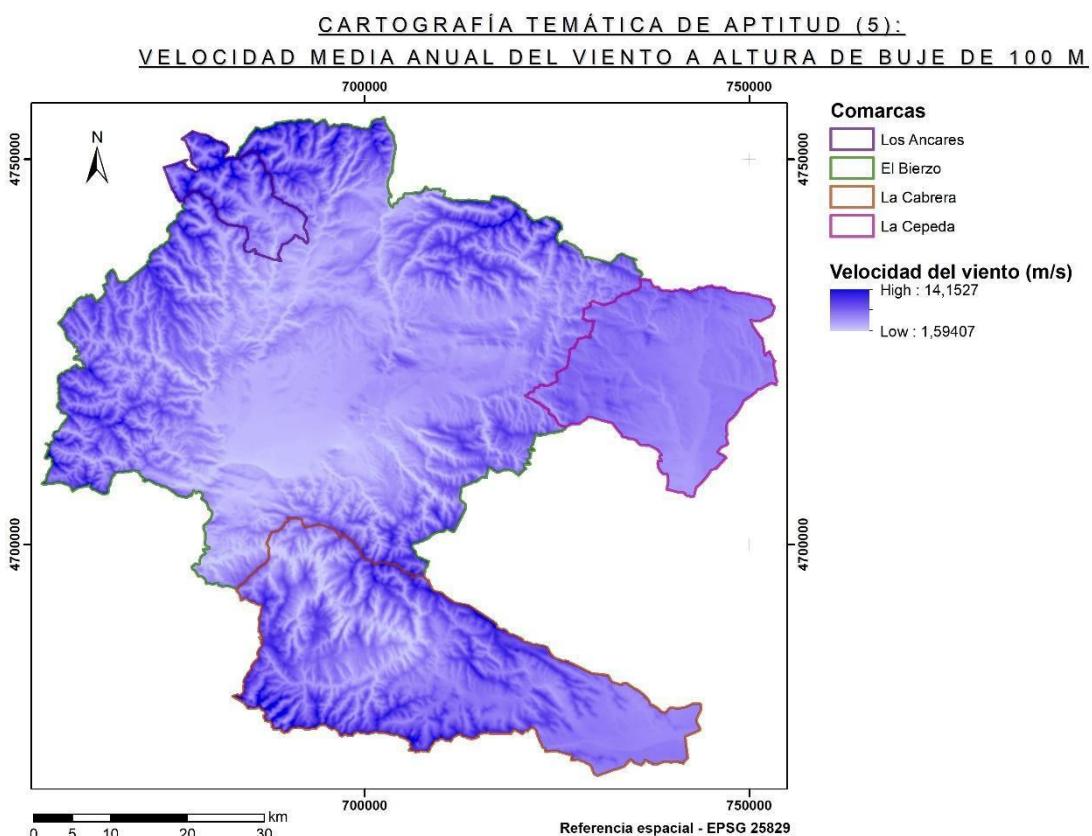


Figura 8.1-5.- Cartografía temática de aptitud (5): velocidad media anual del viento a altura de buje de 100 m. Fuente: elaboración propia a partir de [CENER \(2023\)](#).

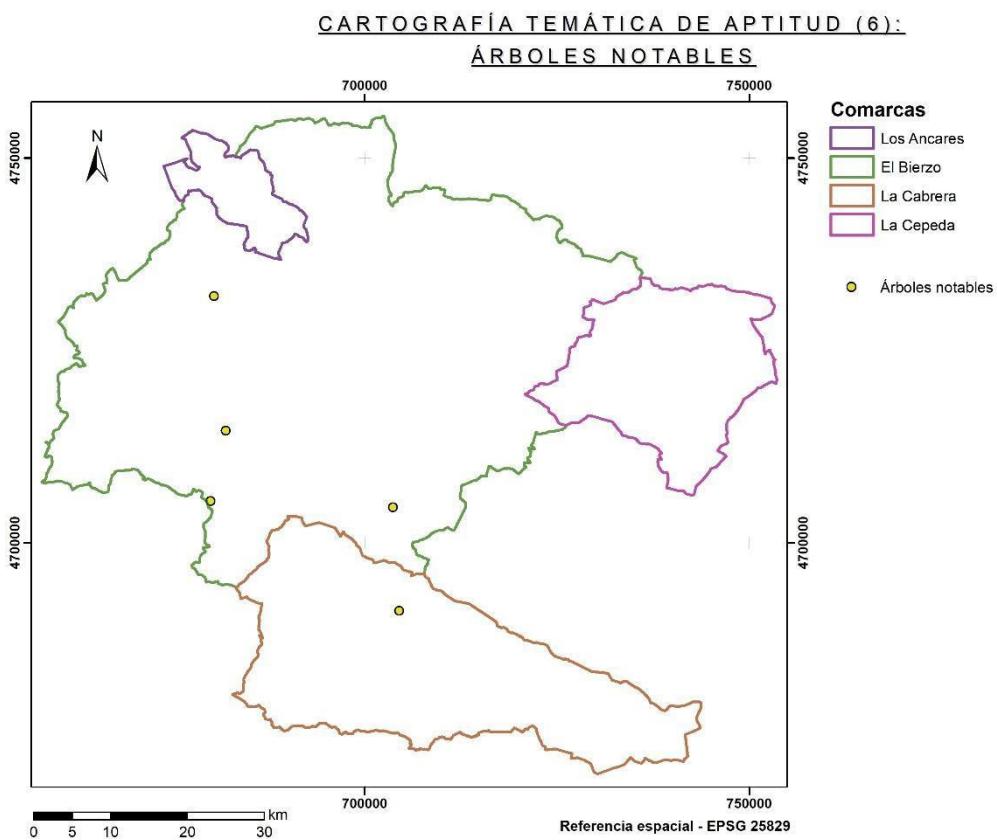


Figura 8.1-6.- Cartografía temática de aptitud (6): árboles notables. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

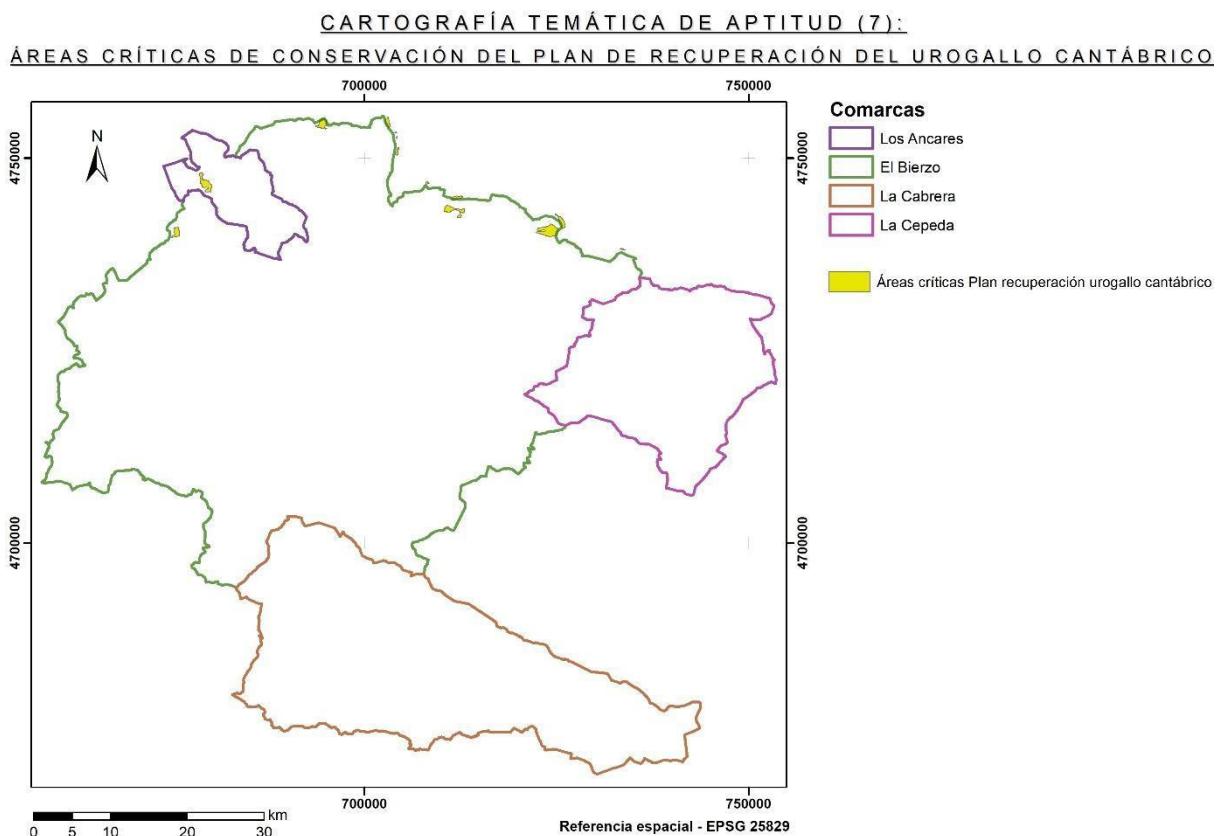


Figura 8.1-7.- Cartografía temática de aptitud (7): áreas críticas de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

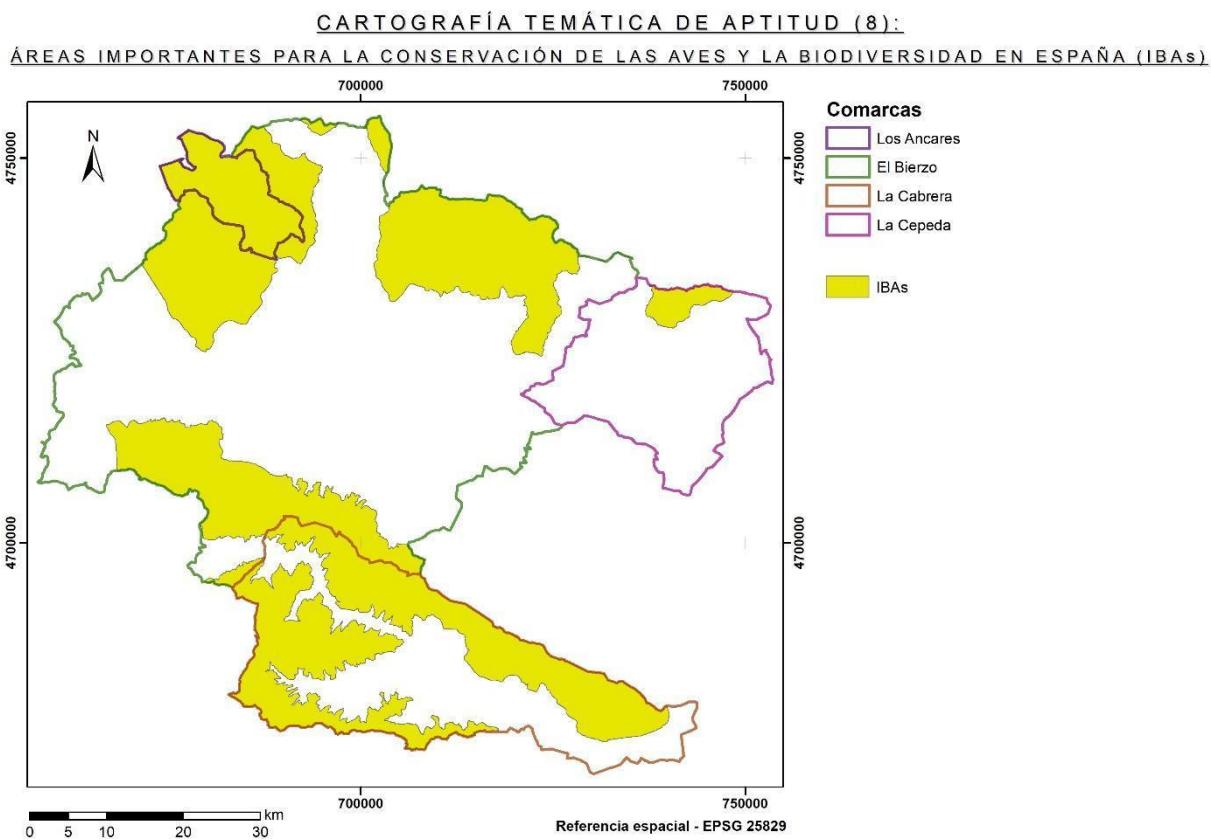


Figura 8.1-8.- Cartografía temática de aptitud (8): Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBAs). Fuente: elaboración propia a partir de MITECO (2023a).

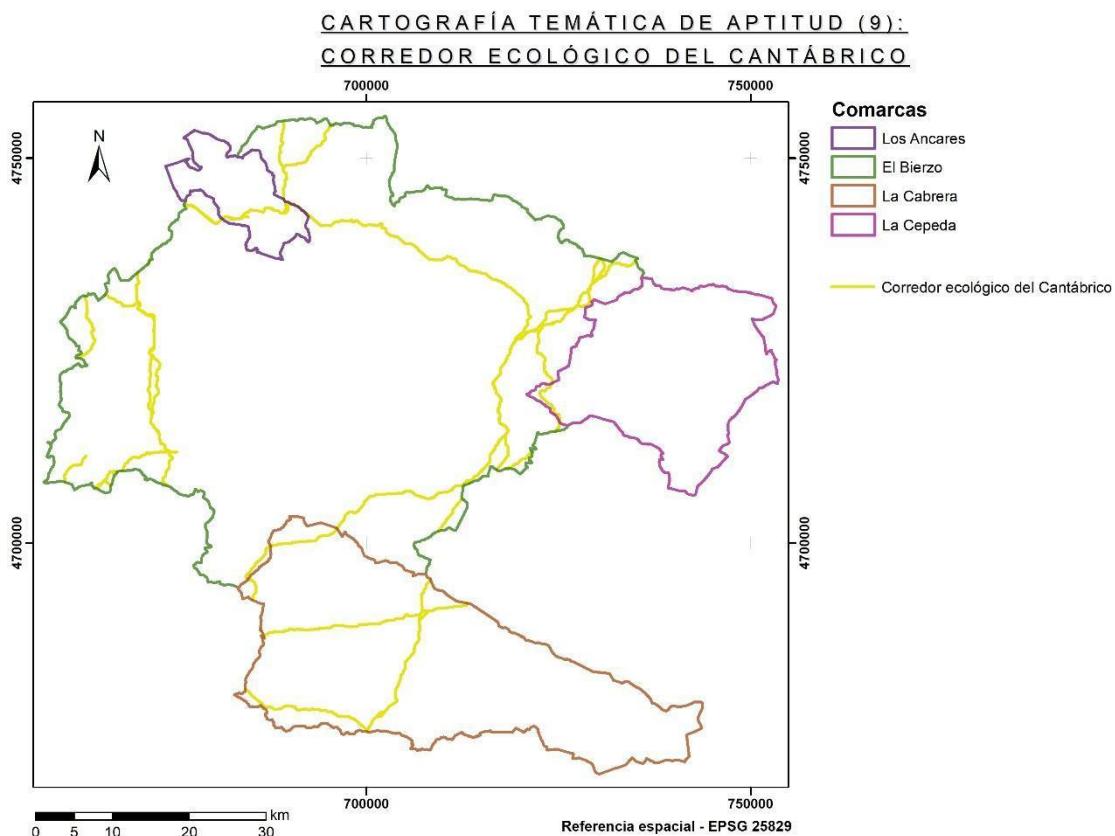


Figura 8.1-9.- Cartografía temática de aptitud (9): Corredor ecológico del Cantábrico. Fuente: elaboración propia a partir de WWF/Adena España (2018).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (10):
FLORA AMENAZADA Y/O PROTEGIDA DE LA JCYL**

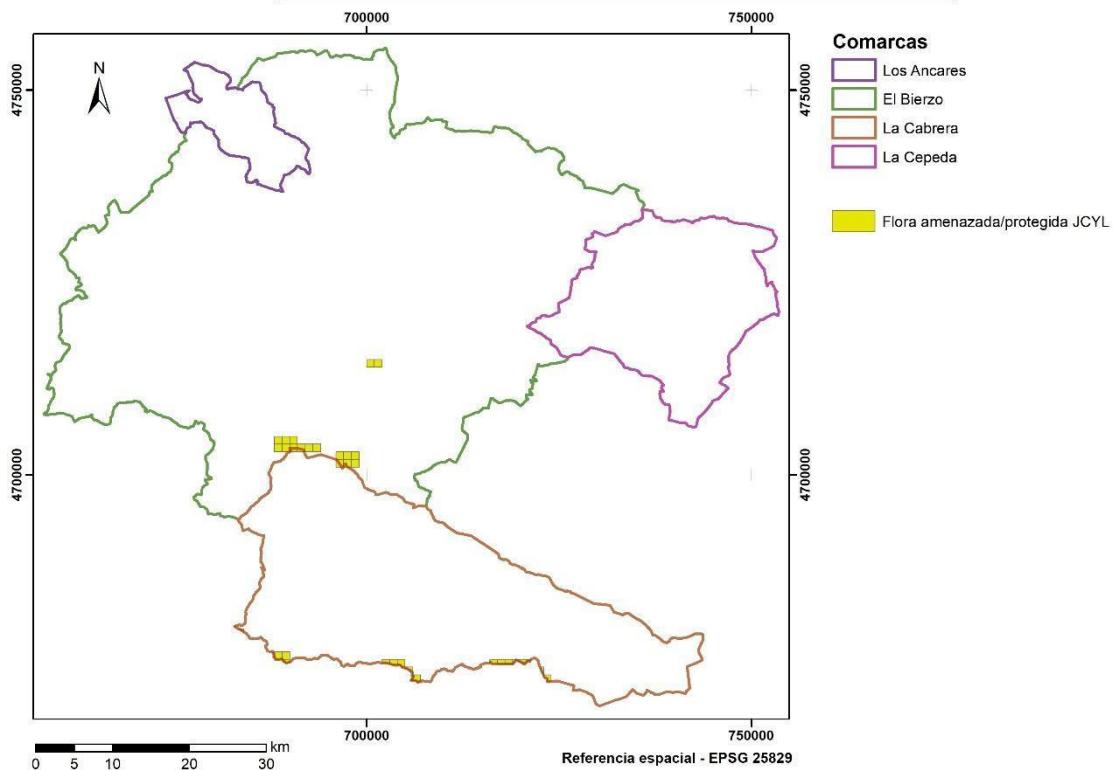


Figura 8.1-10.- Cartografía temática de aptitud (10): flora amenazada y/o protegida de la JCYL. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (11):
MASAS DE AGUA NATURALES Y ARTIFICIALES**

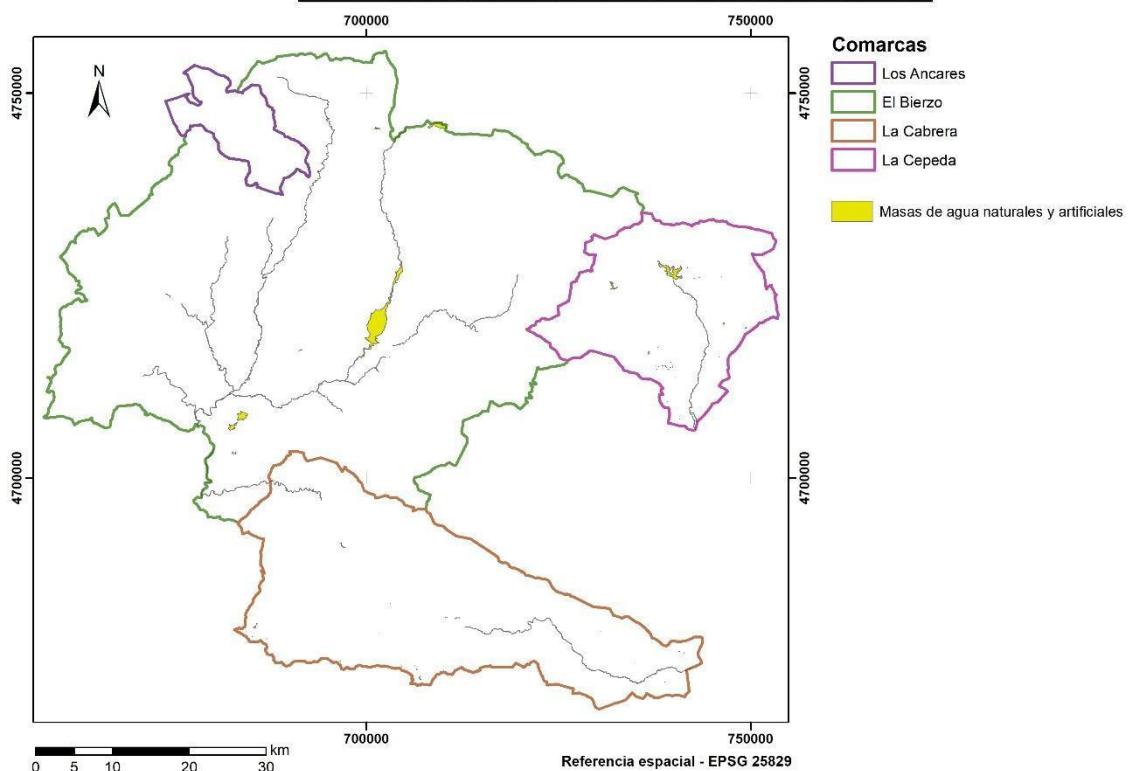


Figura 8.1-11.- Cartografía temática de aptitud (11): masas de agua naturales y artificiales. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (12):
RED DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS (REN)**

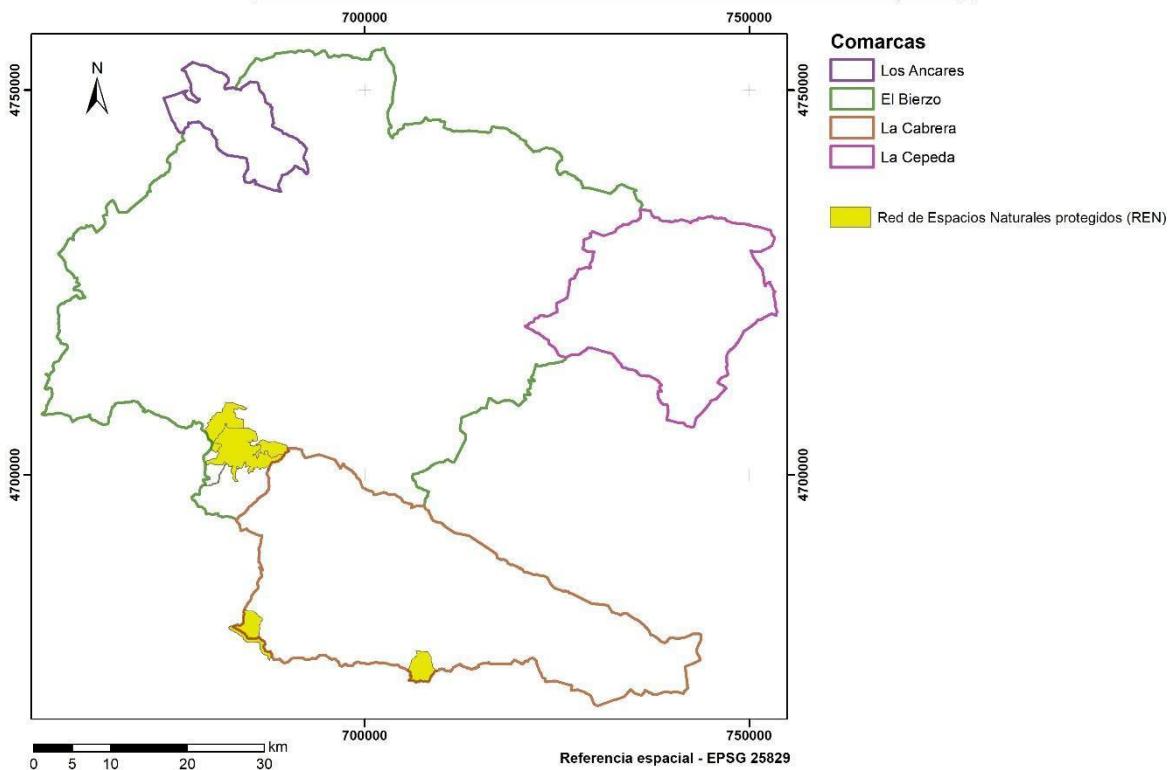


Figura 8.1-12.- Cartografía temática de aptitud (12): Red de Espacios Naturales protegidos (REN). Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (13):
RED FLUVIAL**

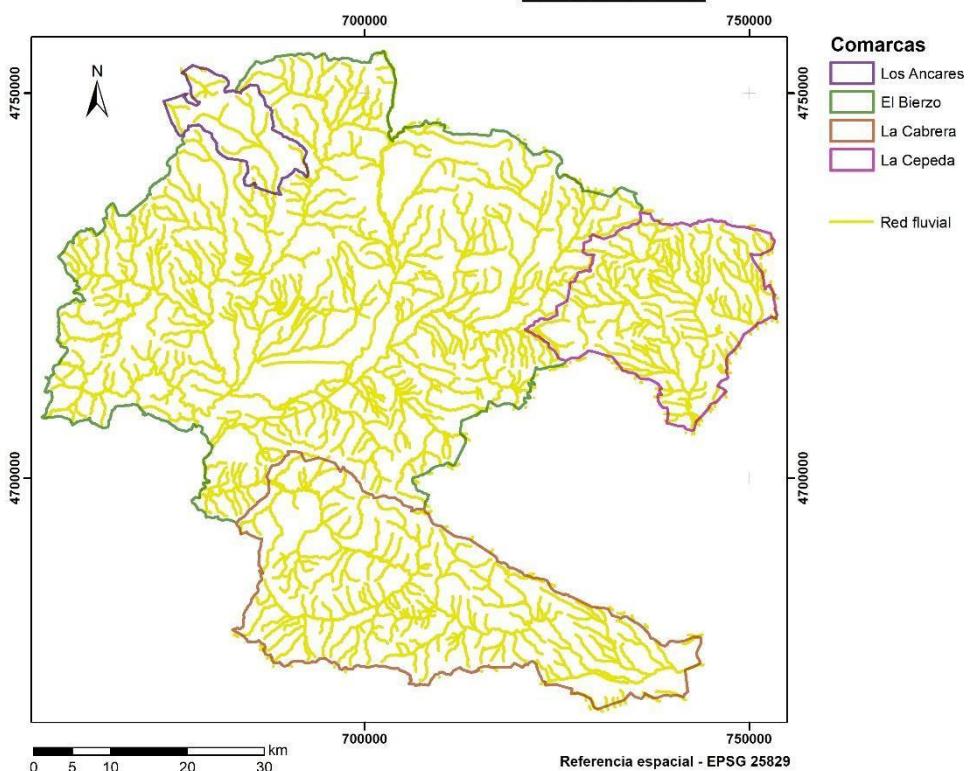


Figura 8.1-13.- Cartografía temática de aptitud (13): red fluvial. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

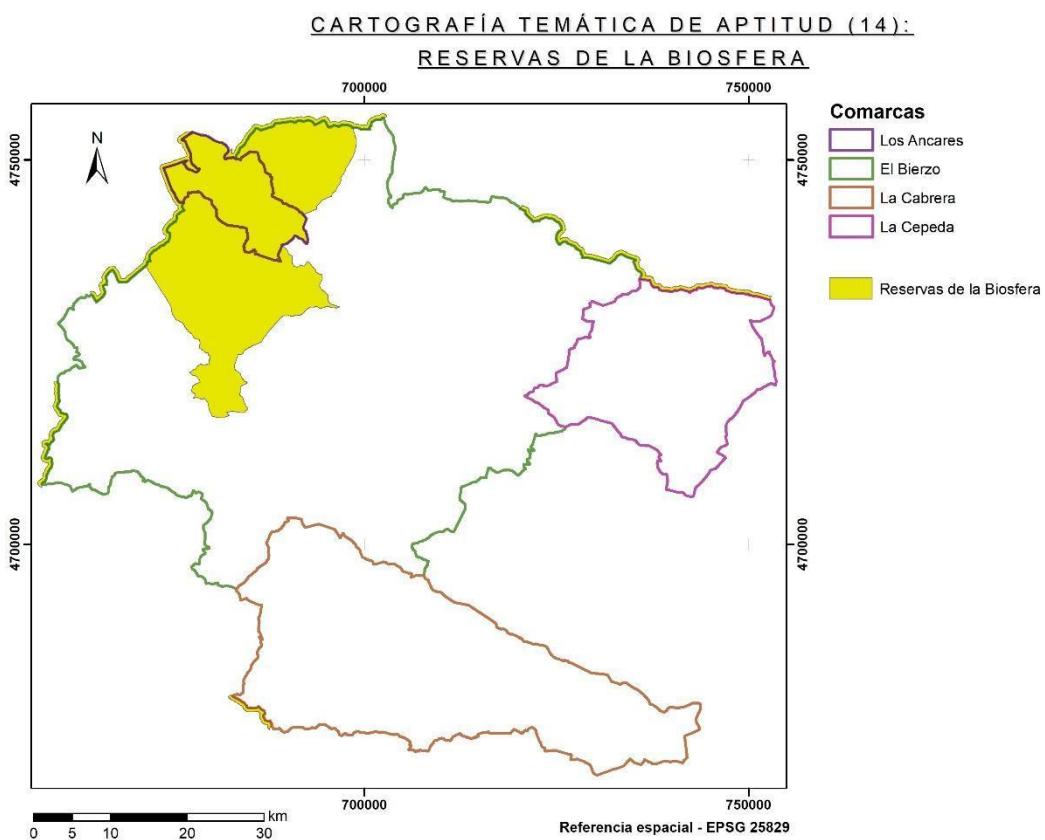


Figura 8.1-14.- Cartografía temática de aptitud (14): Reservas de la Biosfera. Fuente: elaboración propia a partir de MITECO (2023a).

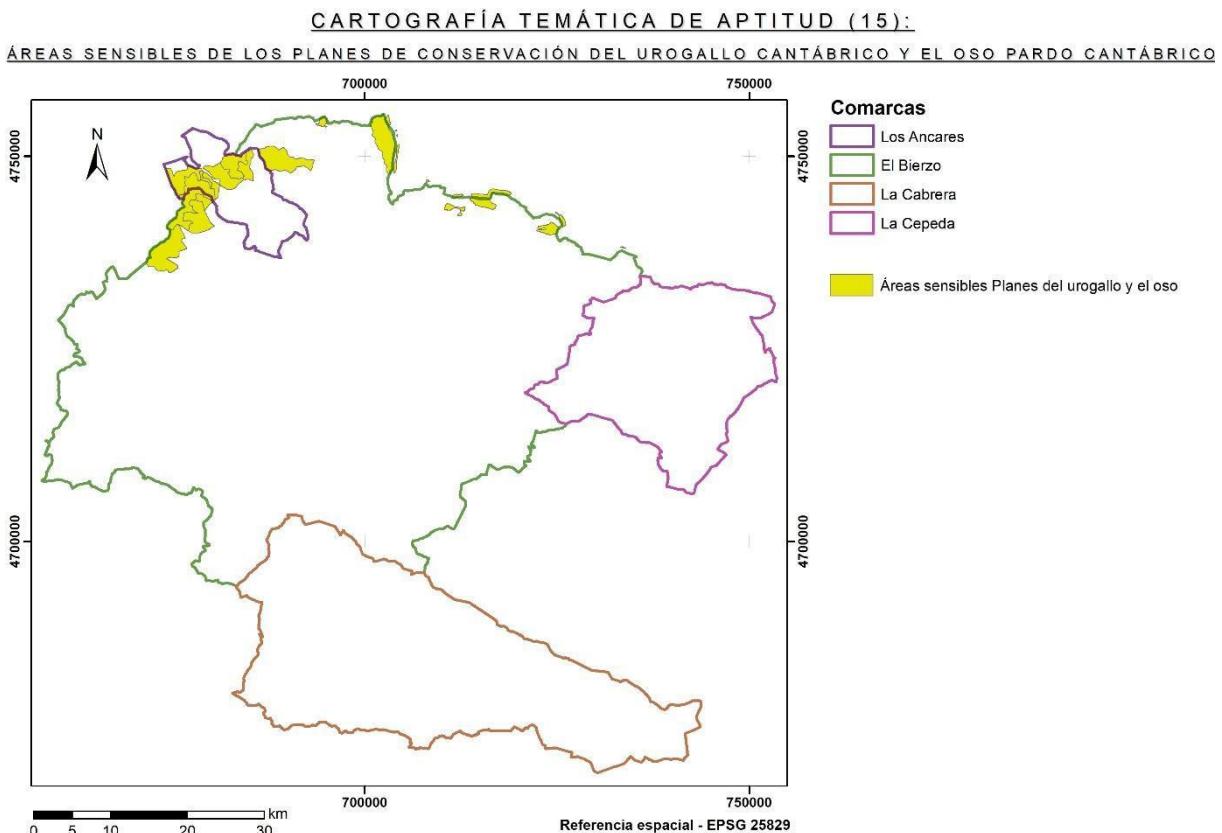


Figura 8.1-15.- Cartografía temática de aptitud (15): áreas sensibles de los Planes de conservación del urogallo cantábrico y el oso pardo cantábrico. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

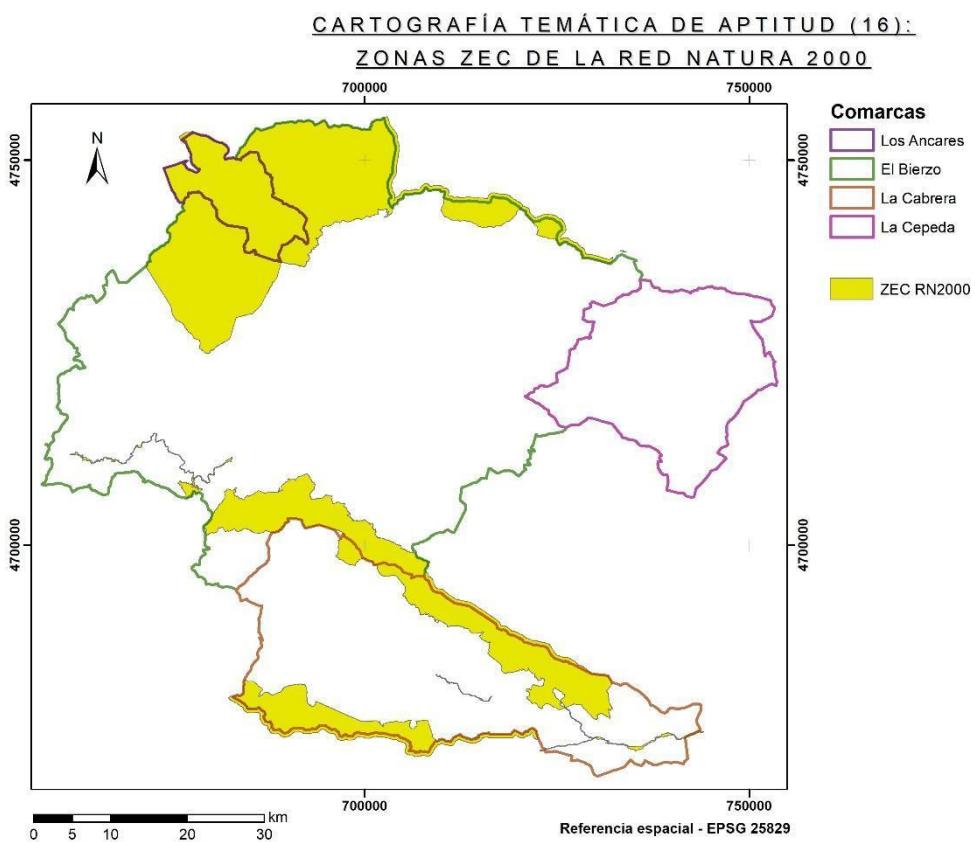


Figura 8.1-16.- Cartografía temática de aptitud (16): zonas ZEC de la Red Natura 2000. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

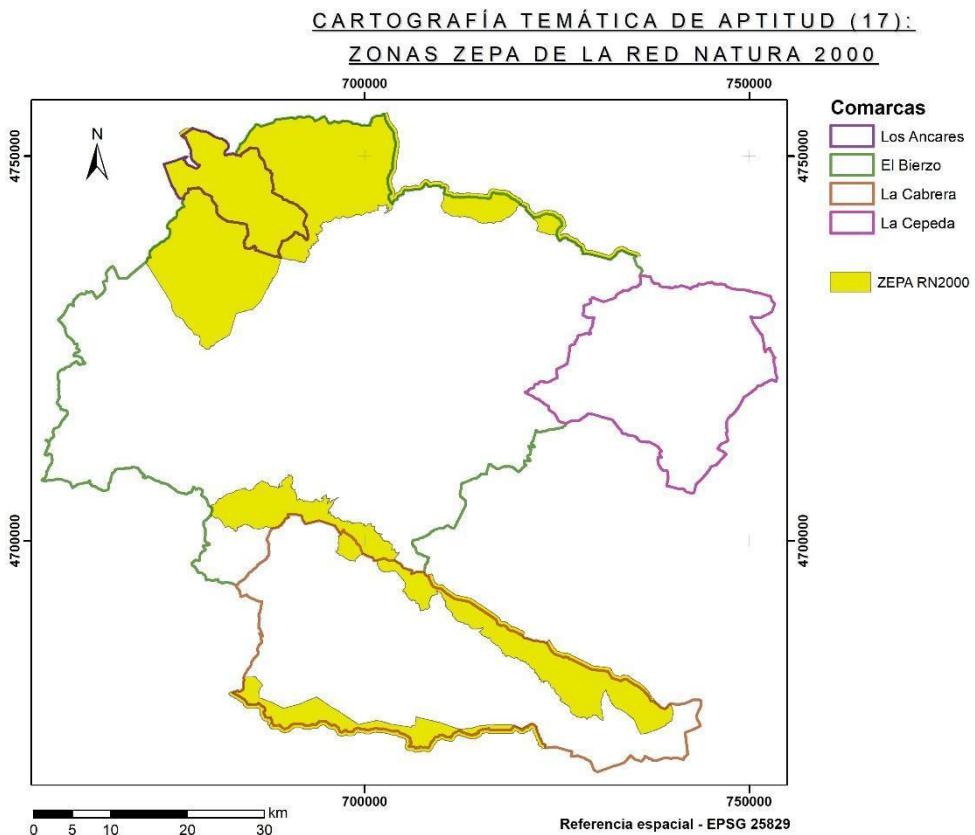


Figura 8.1-17.- Cartografía temática de aptitud (17): zonas ZEPA de la Red Natura 2000. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

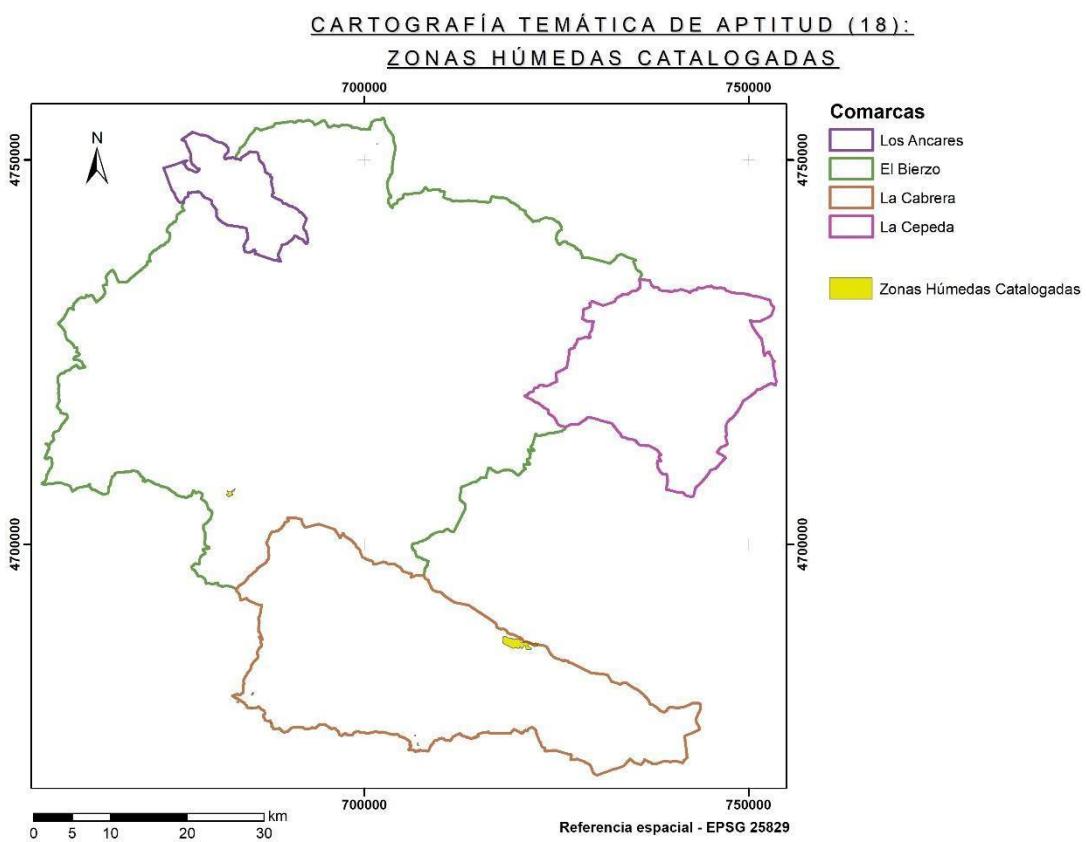


Figura 8.1-18.- Cartografía temática de aptitud (18): Zonas Húmedas Catalogadas (ZHC). Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

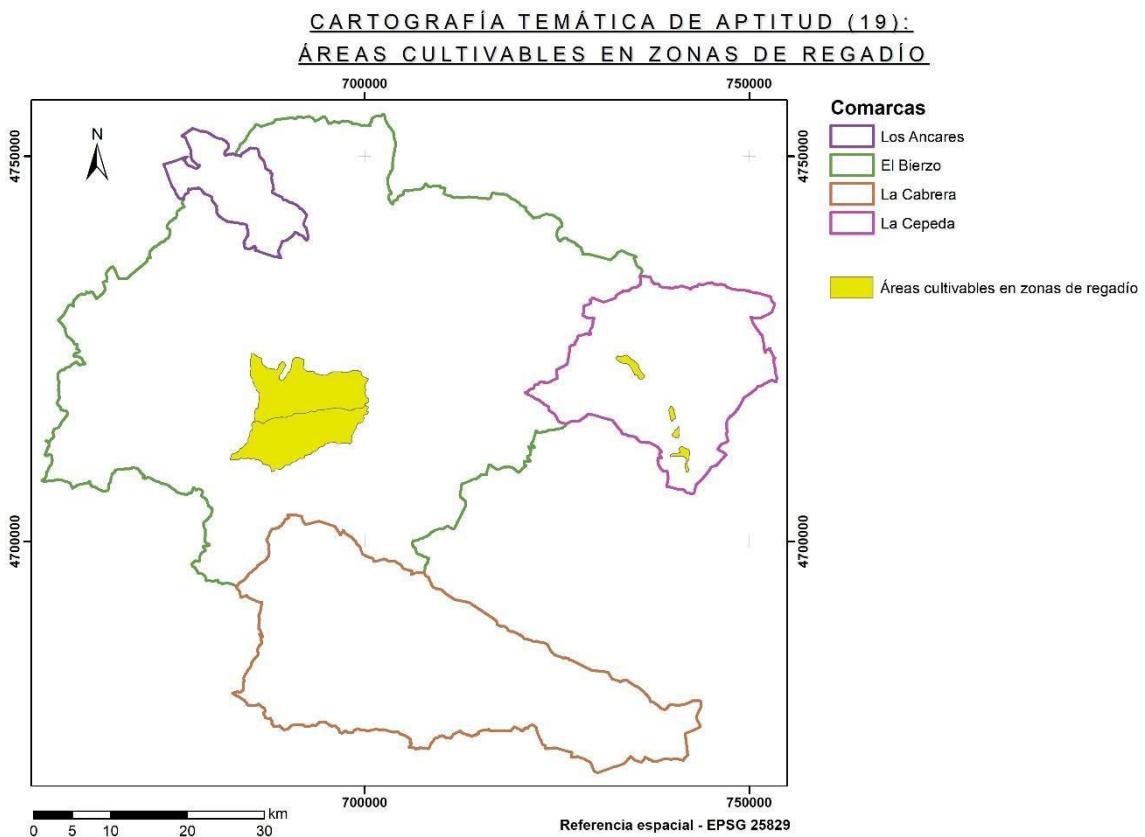


Figura 8.1-19.- Cartografía temática de aptitud (19): áreas cultivables en zonas de regadío. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

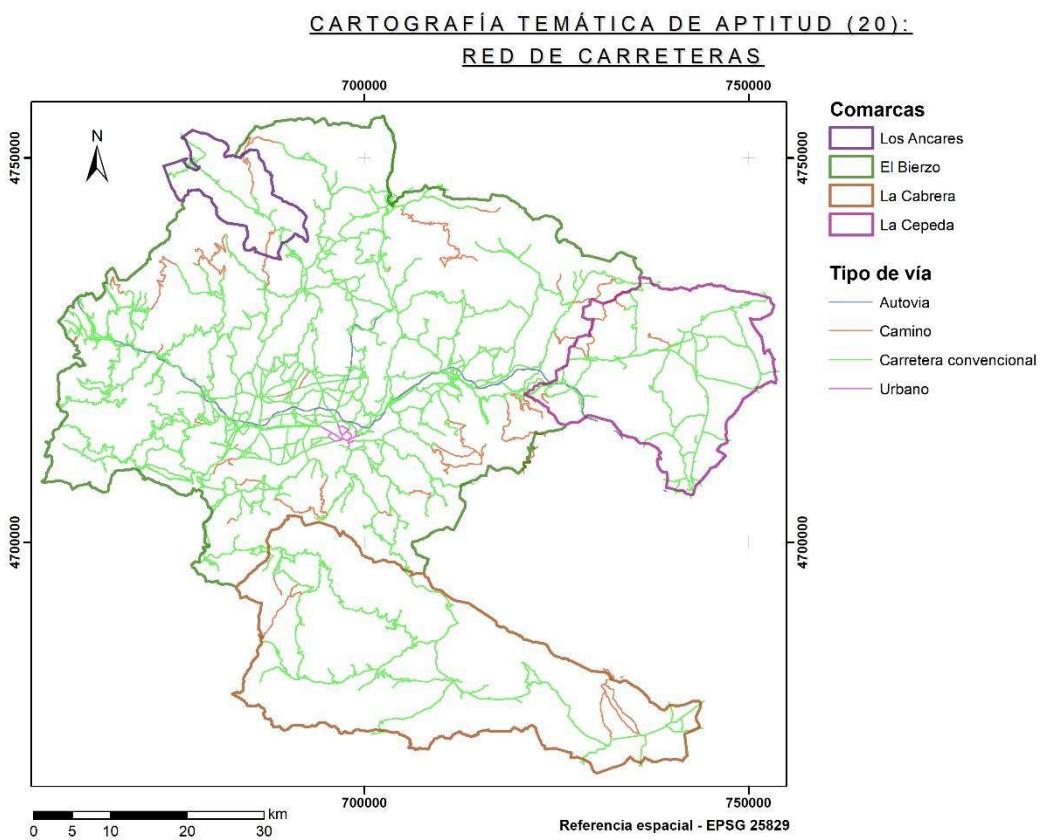


Figura 8.1-20.- Cartografía temática de aptitud (20): red de carreteras. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

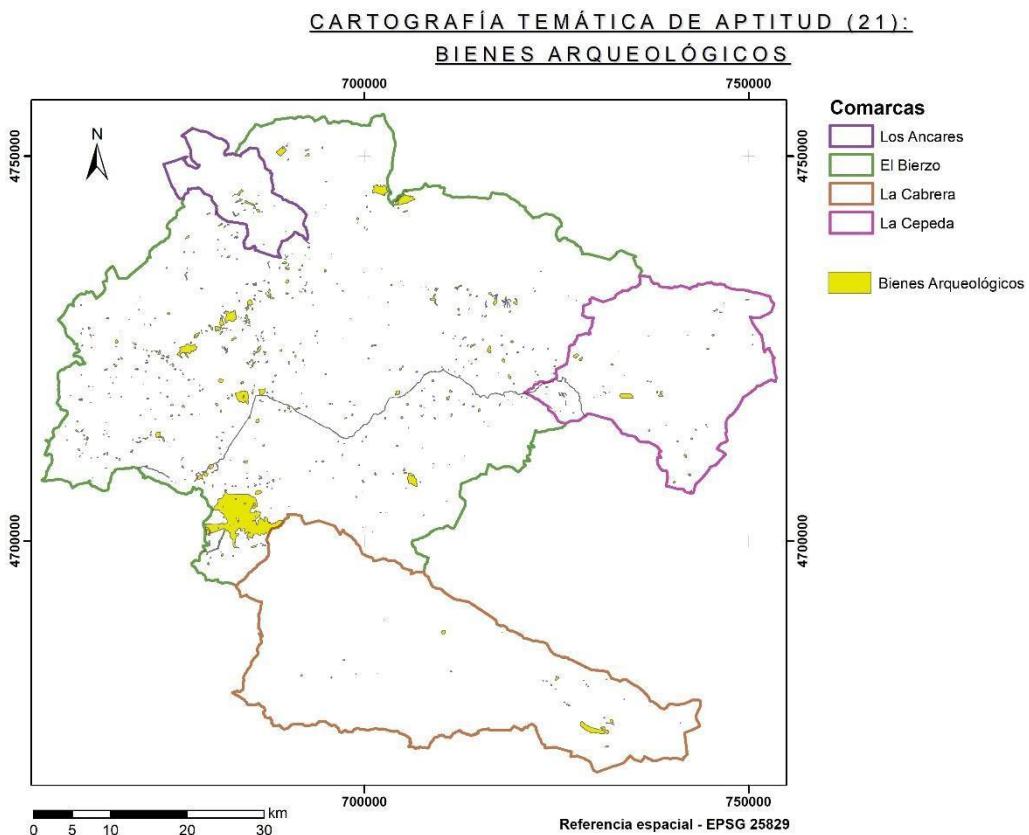


Figura 8.1-21.- Cartografía temática de aptitud (21): Bienes Arqueológicos. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

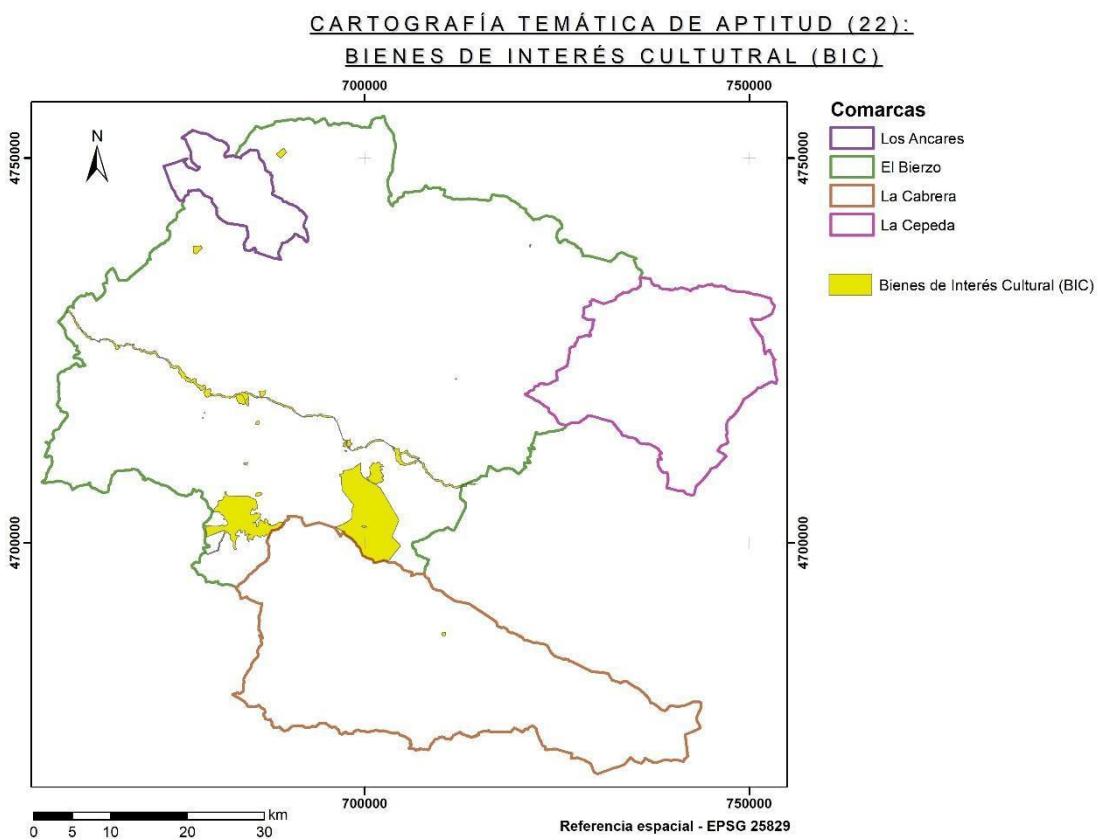


Figura 8.1-22.- Cartografía temática de aptitud (22): Bienes de Interés Cultural (BIC). Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

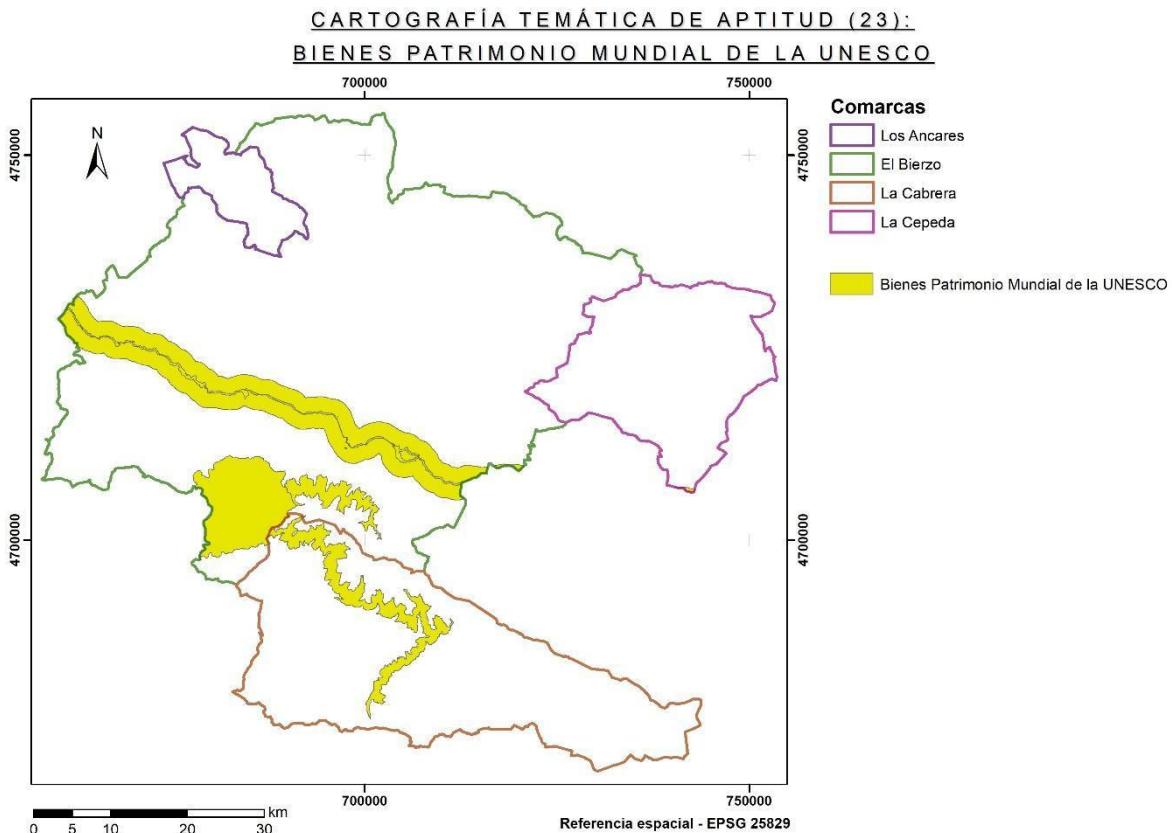


Figura 8.1-23.- Cartografía temática de aptitud (23): Bienes Patrimonio Mundial de la UNESCO. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

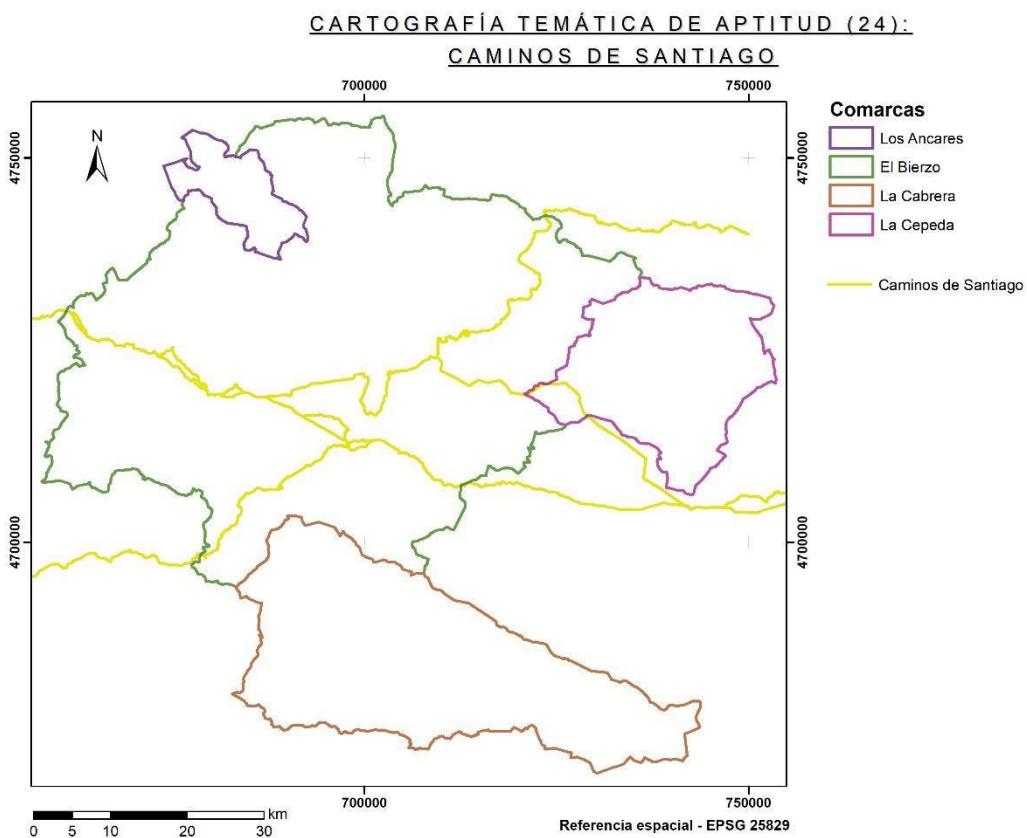


Figura 8.1-24.- Cartografía temática de aptitud (24): Caminos de Santiago (Camino Francés, Camino de Invierno, Camino Olvidado y Camino del Manzanal). Fuente: elaboración propia a partir de López-Palacios (2022); CNIG (2023).

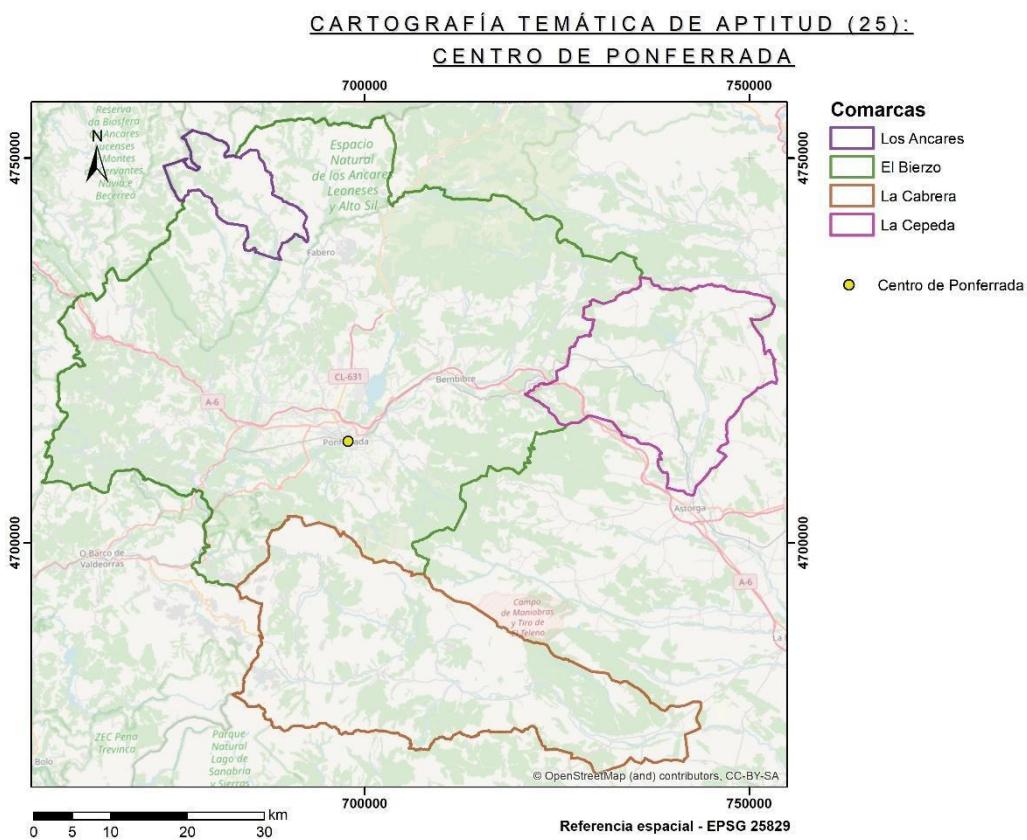


Figura 8.1-25.- Cartografía temática de aptitud (25): centro de Ponferrada.

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (26):
CONJUNTO DE ÁREAS RESTRINGIDAS POR LEGISLACIÓN ANTE PARQUES EÓLICOS

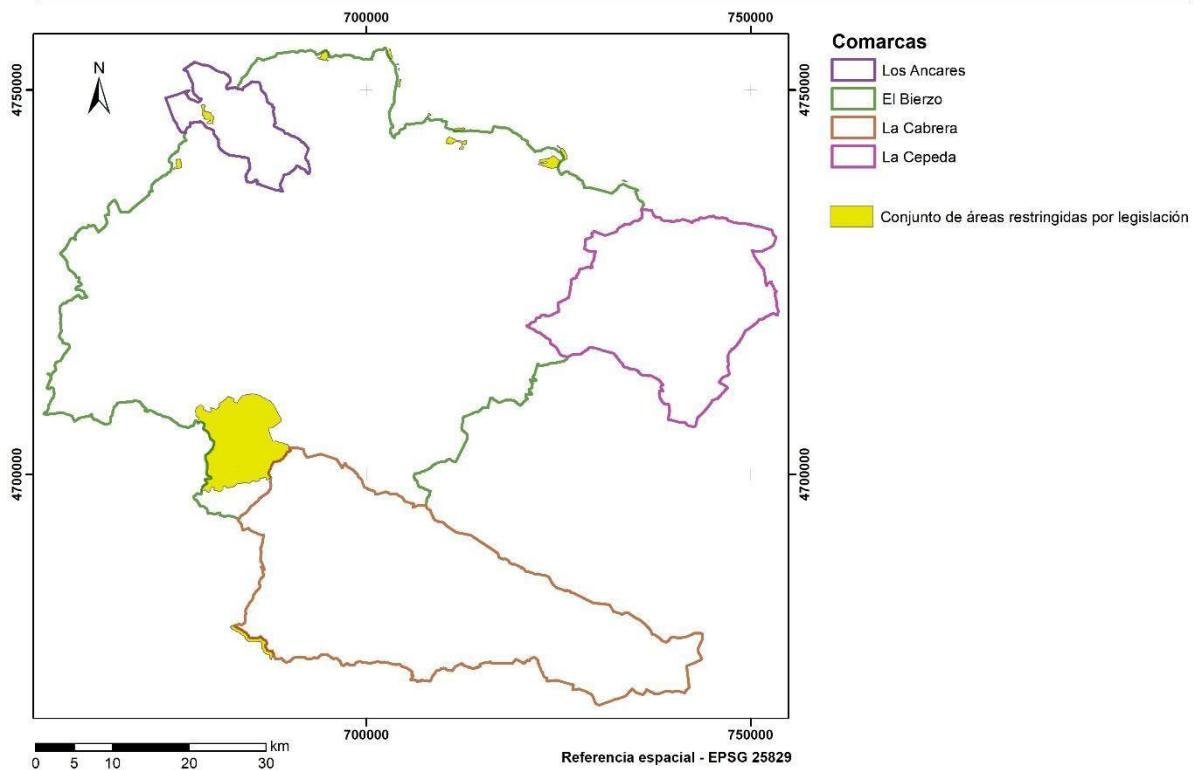


Figura 8.1-26.- Cartografía temática de aptitud (26): conjunto de áreas restringidas por legislación autonómica y nacional ante parques eólicos. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (27):
TECTÓNICA: FALLAS Y CONTACTOS

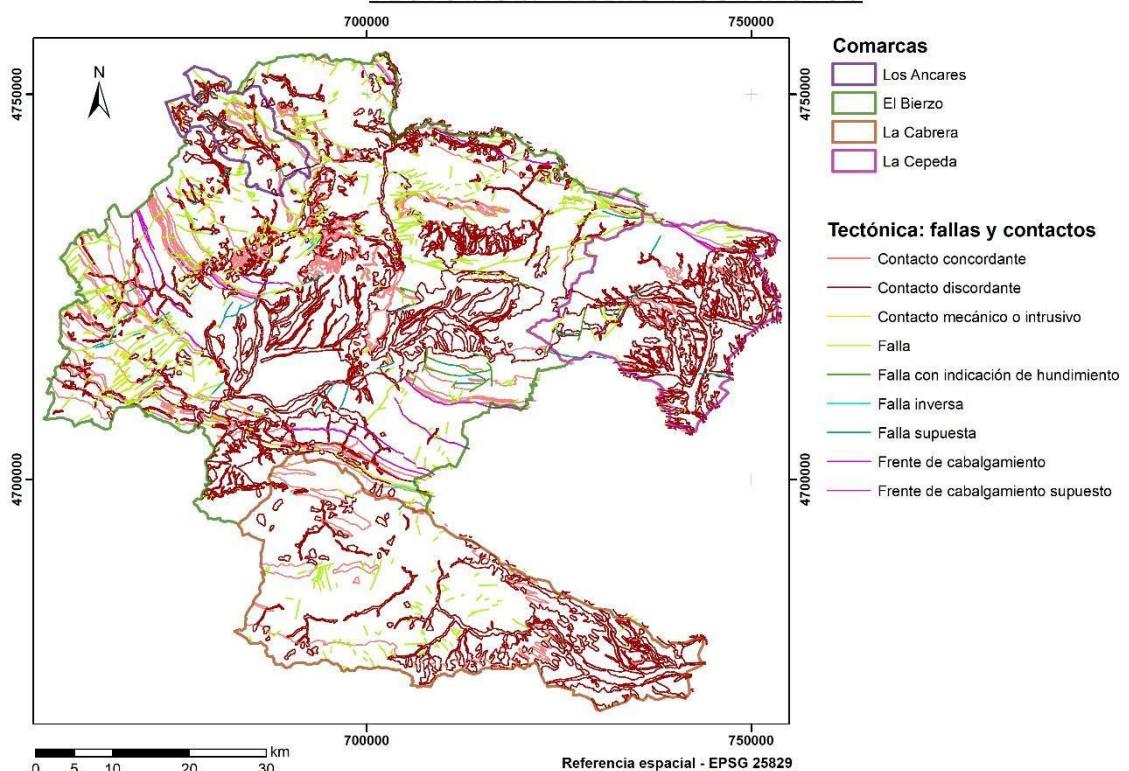


Figura 8.1-27.- Cartografía temática de aptitud (27): tectónica: fallas y contactos. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (28):
INVENTARIO DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (IELIG)**

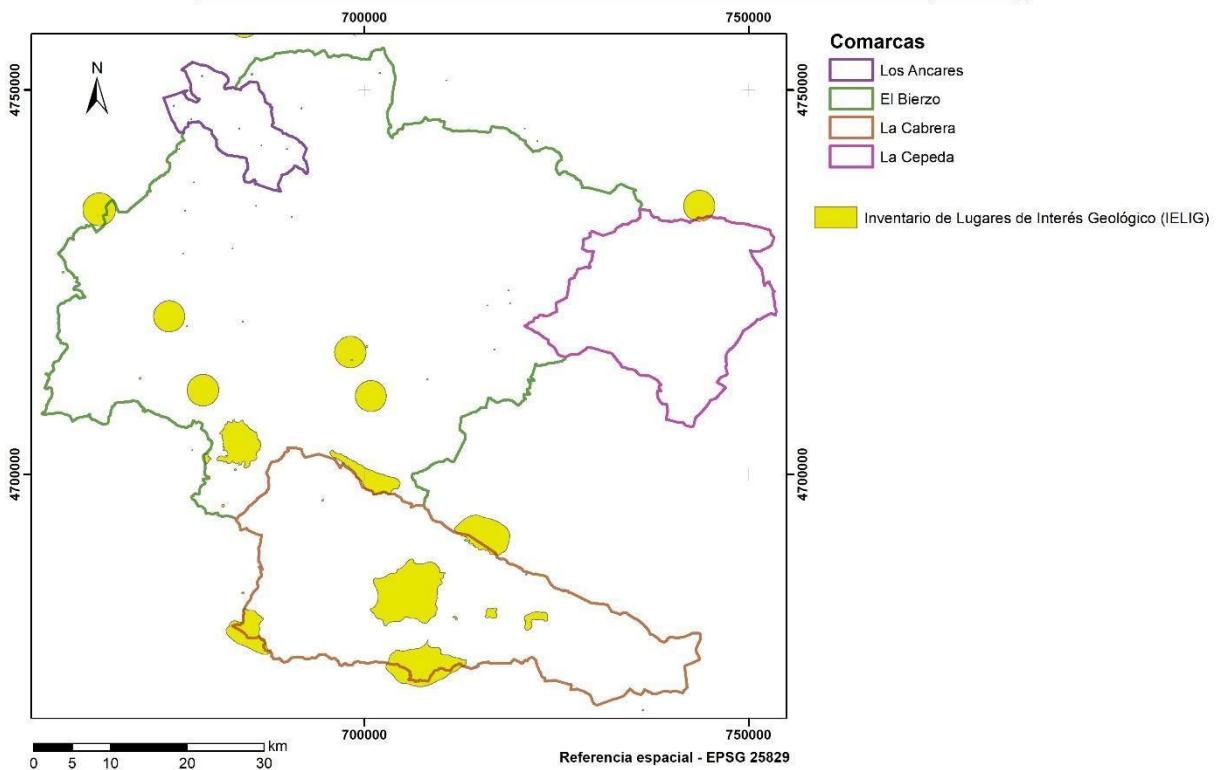


Figura 8.1-28.- Cartografía temática de aptitud (28): Inventario de Lugares de Interés Geológico (IELIG).

Fuente: elaboración propia a partir de [IGME \(2023\)](#).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (29):
LÍNEAS FERROVIARIAS**

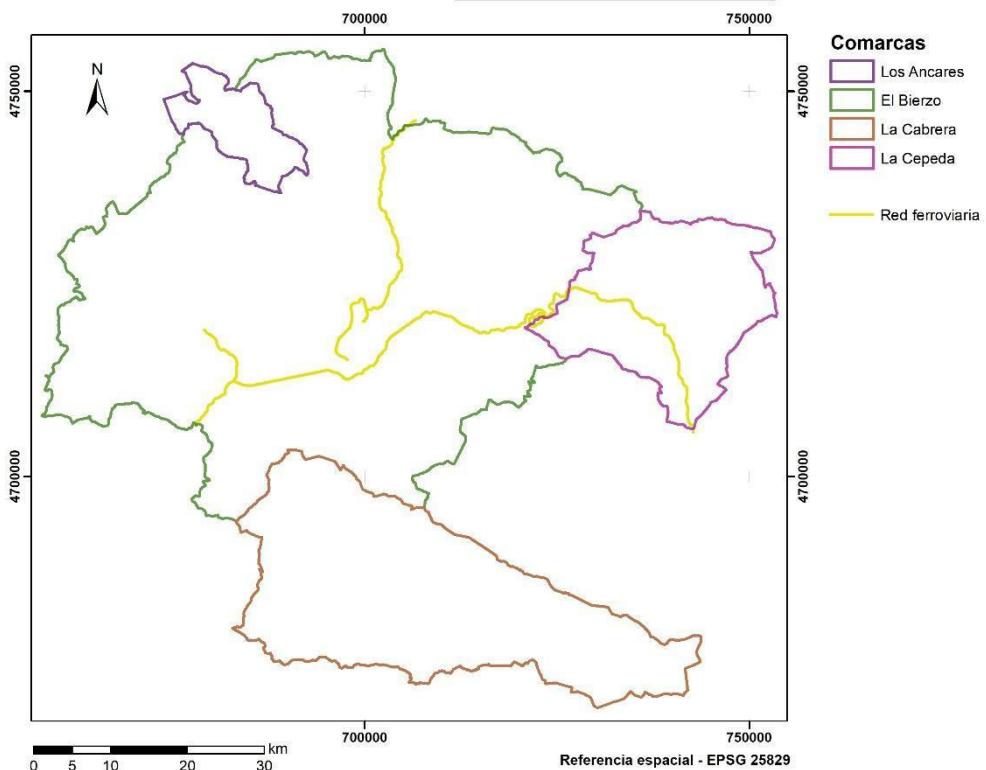


Figura 8.1-29.- Cartografía temática de aptitud (29): líneas ferroviarias. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

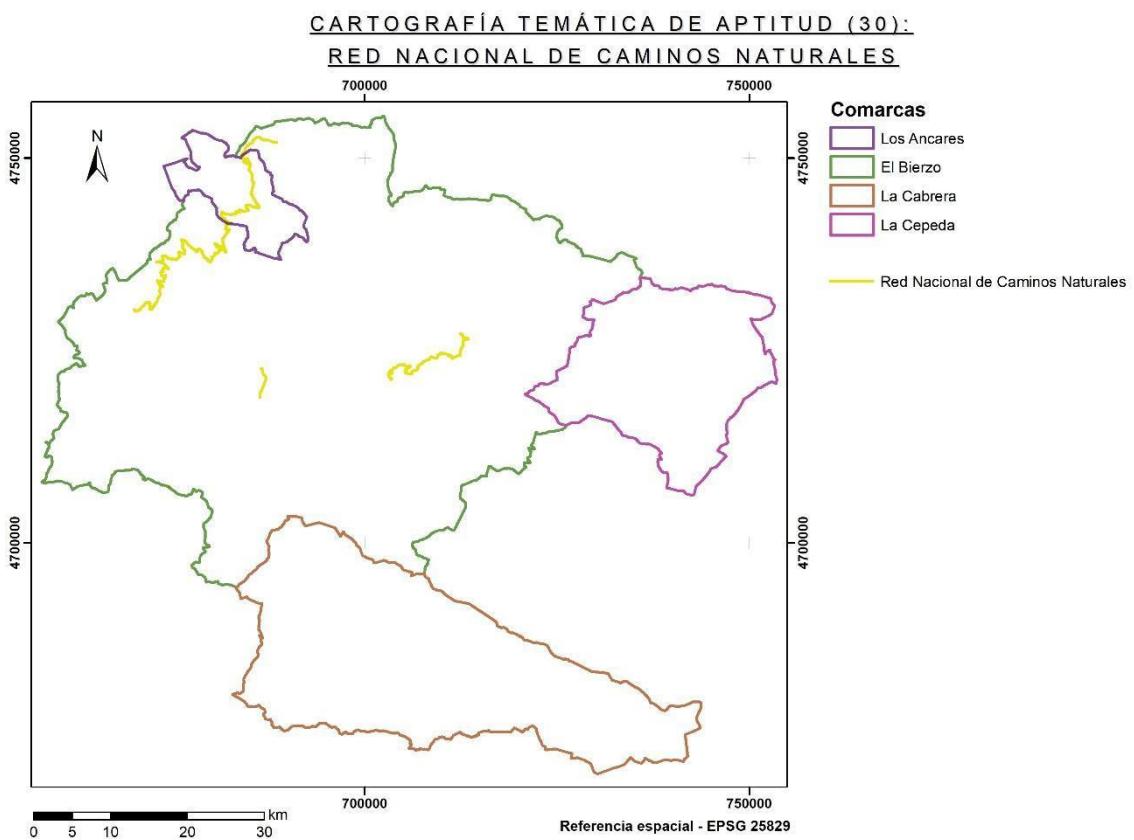


Figura 8.1-30.- Cartografía temática de aptitud (30): Red Nacional de Caminos Naturales. Fuente: elaboración propia a partir de MAPA (2023).

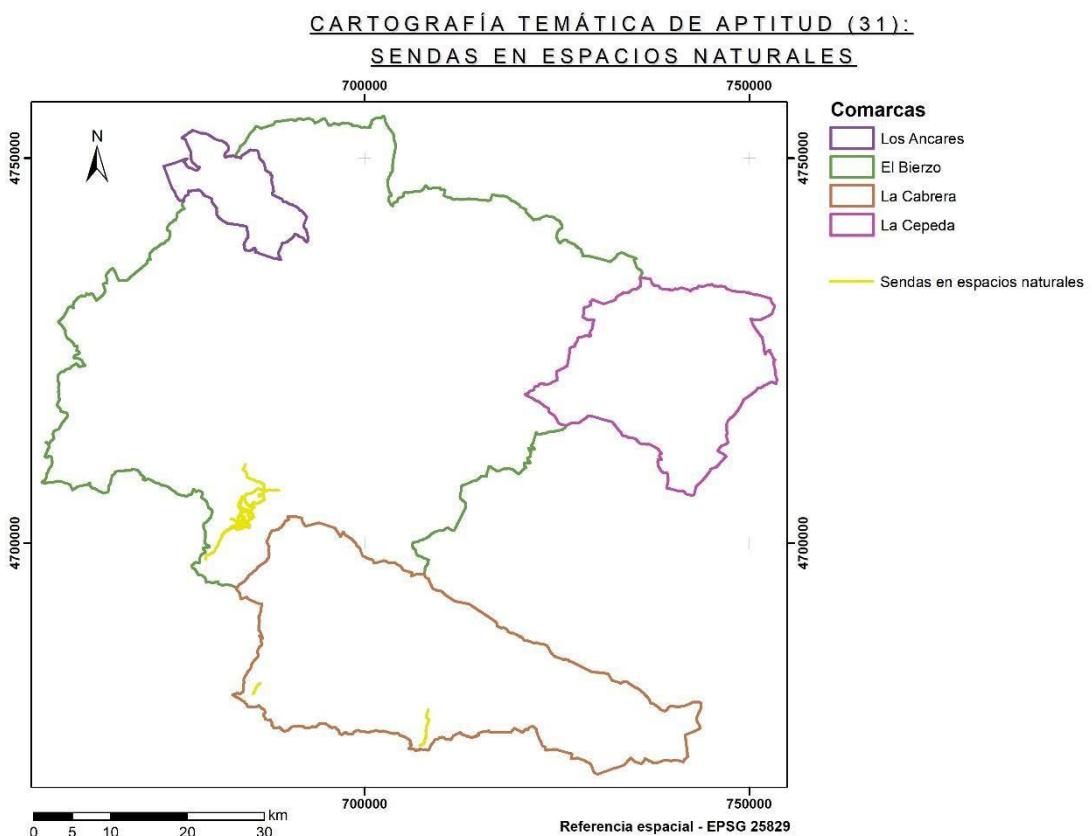


Figura 8.1-31.- Cartografía temática de aptitud (31): sendas en espacios naturales. Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (32):
SIOSE 2014: USOS INCOMPATIBLES NO URBANOS**

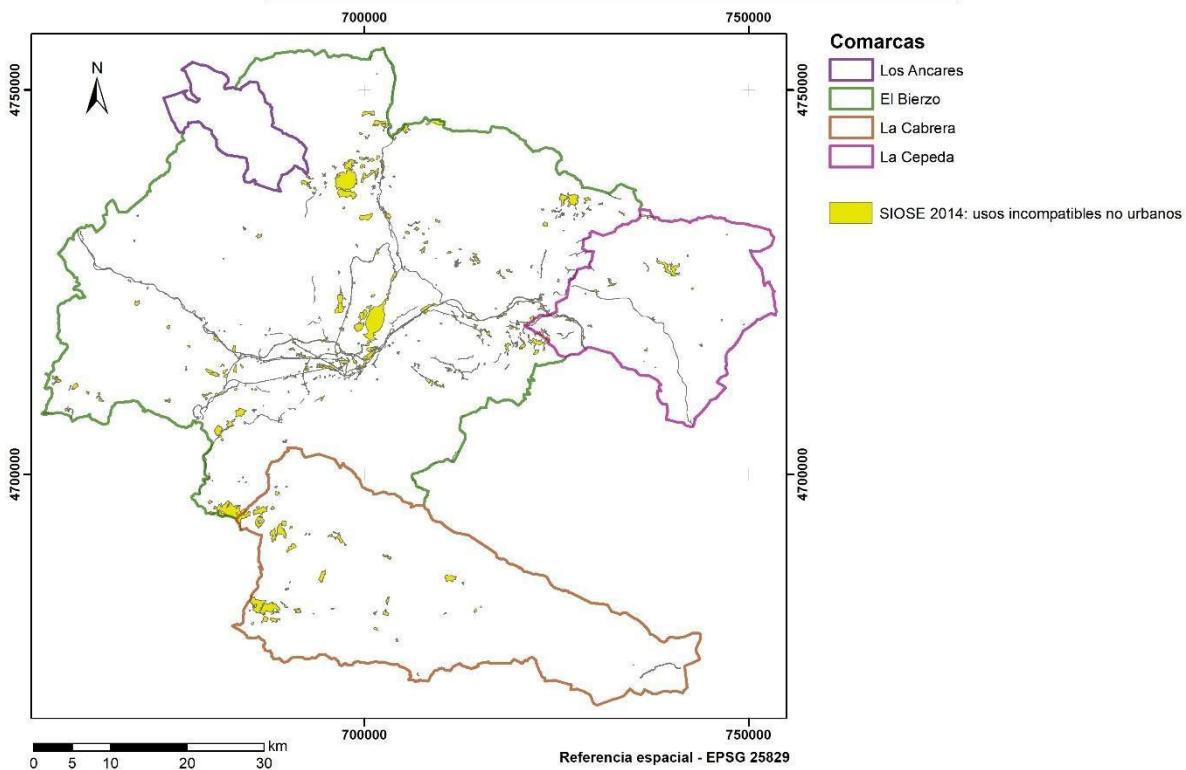


Figura 8.1-32.- Cartografía temática de aptitud (32): SIOSE 2014: usos incompatibles no urbanos. Fuente: elaboración propia a partir de [CNIG \(2023\)](#).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE APTITUD (33):
SIOSE 2014: USOS INCOMPATIBLES URBANOS**

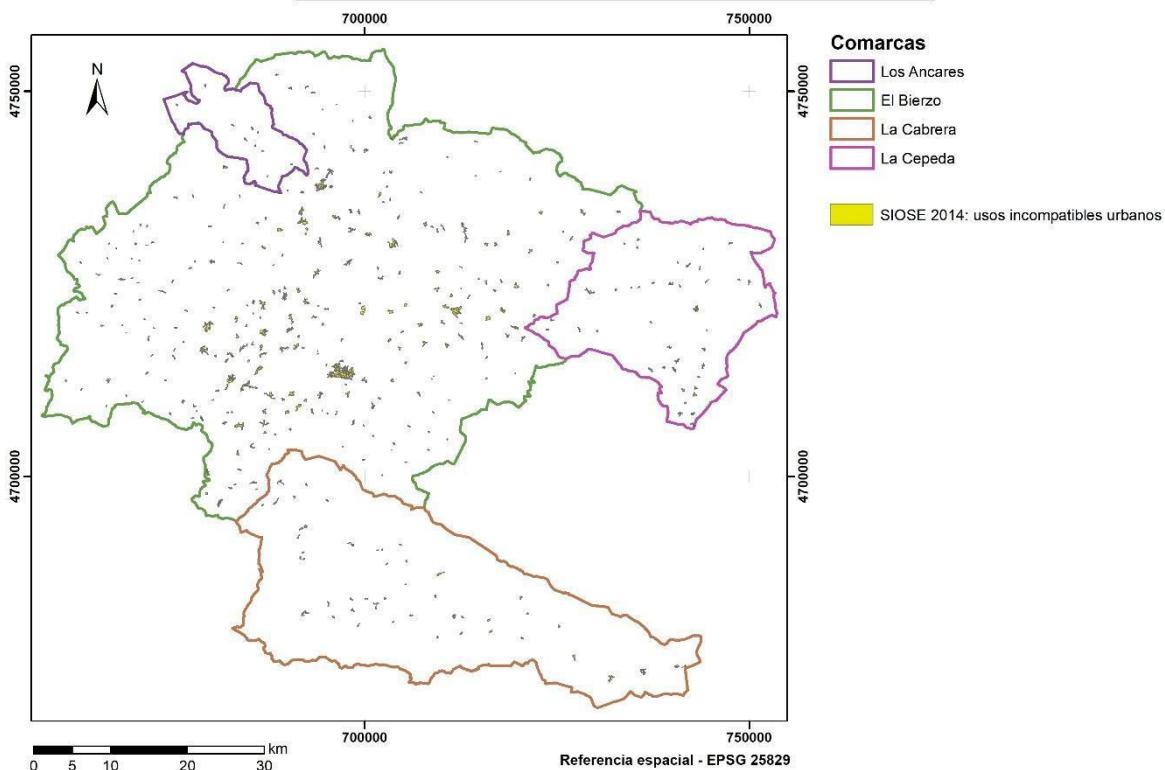


Figura 8.1-33.- Cartografía temática de aptitud (33): SIOSE 2014: usos incompatibles urbanos, rurales y residenciales. Fuente: elaboración propia a partir de [CNIG \(2023\)](#).

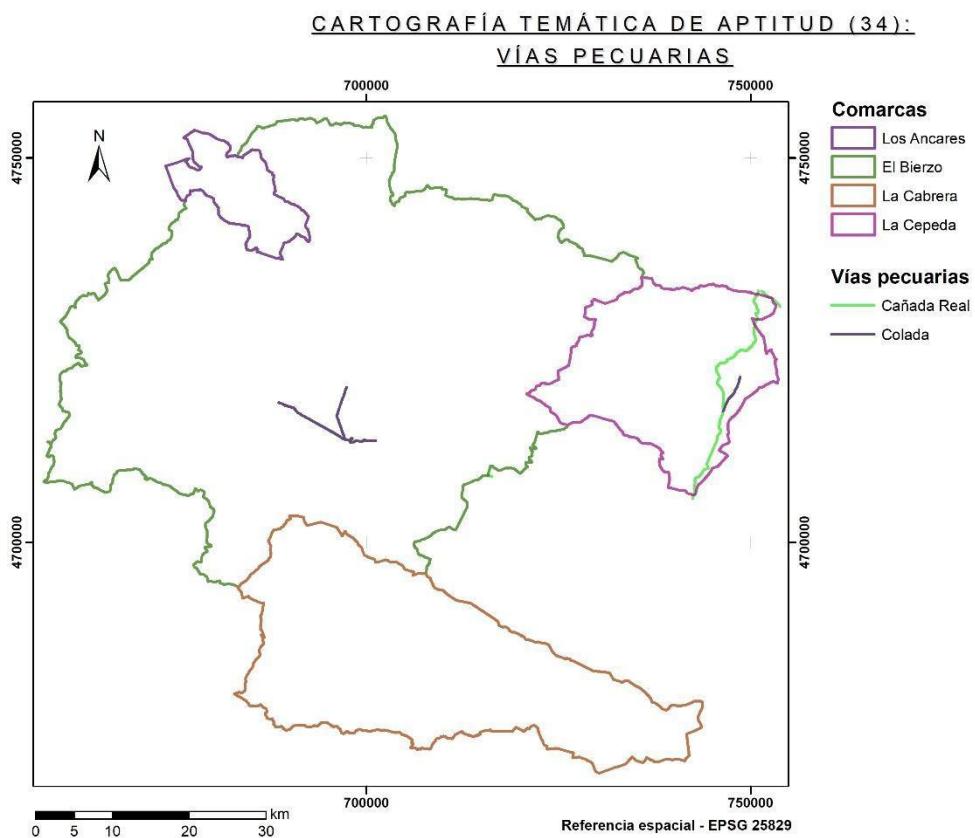


Figura 8.1-34.- Cartografía temática de aptitud (34): vías pecuarias. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

8.2. Cartografía temática de impacto

Se presenta la cartografía temática de las 21 capas de impacto, siguiendo el mismo orden que en la biblioteca de variables de impacto, en las siguientes Figuras 8.2-1 a 8.2-21:

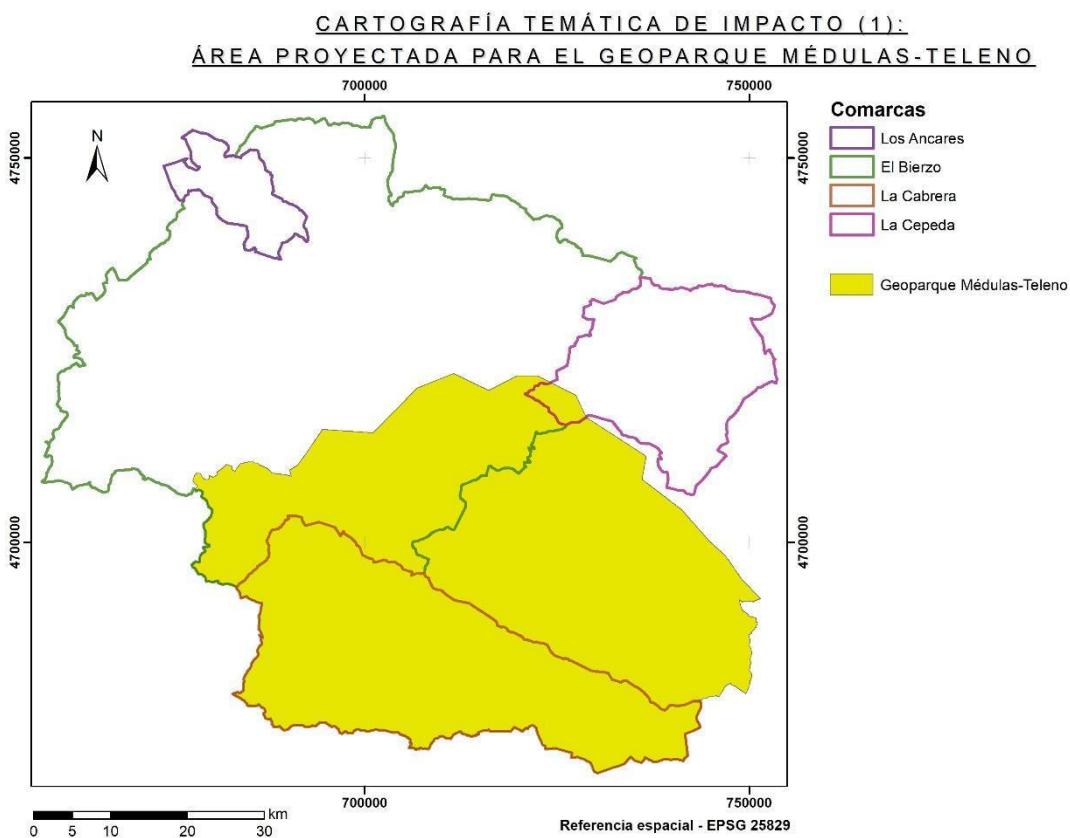


Figura 8.2-1.- Cartografía temática de impacto (1): área proyectada para el Geoparque Médulas-Teleno. Fuente: elaboración propia a partir de IEC (2020).

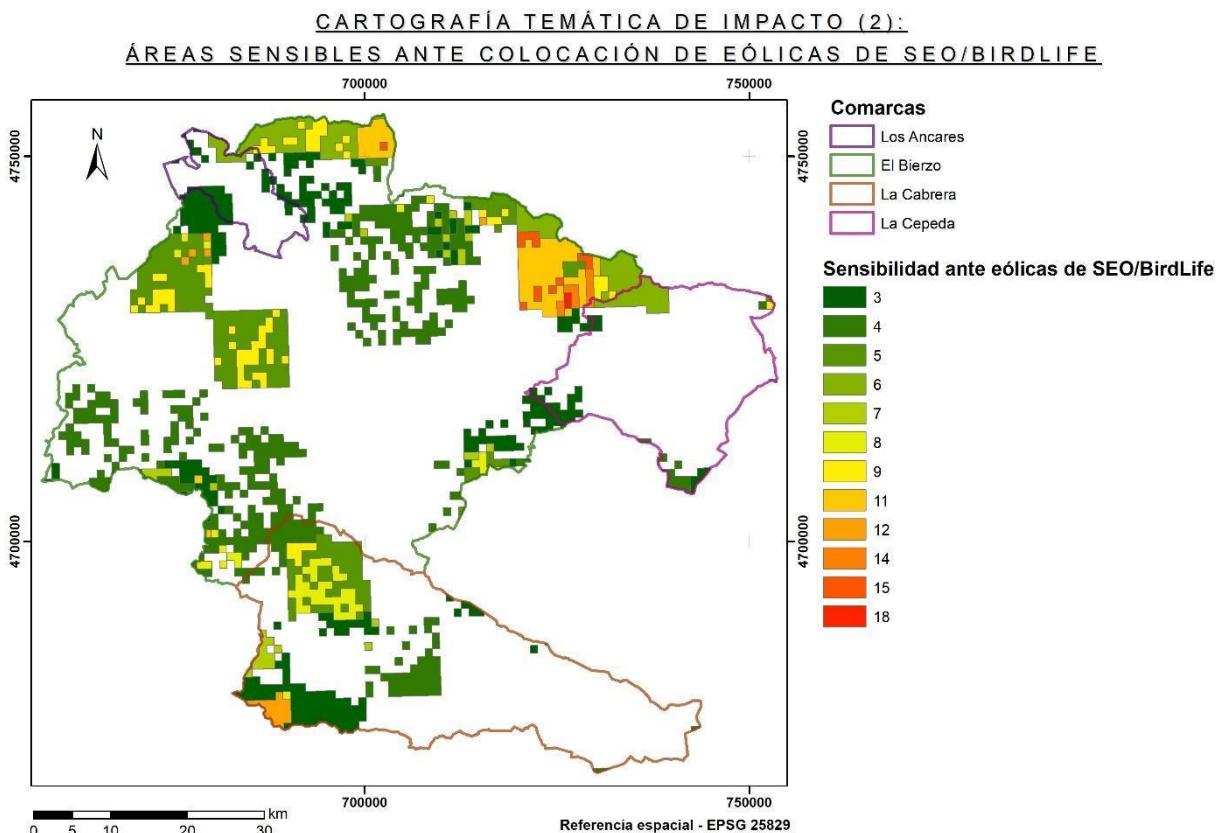


Figura 8.2-2.- Cartografía temática de impacto (2): áreas sensibles ante colocación de eólicas de SEO/BirdLife. Fuente: elaboración propia a partir de SEO/BirdLife (2023).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (3):
ÁREAS VEGETALES DE GRAN IMPORTANCIA (VIPAs)**

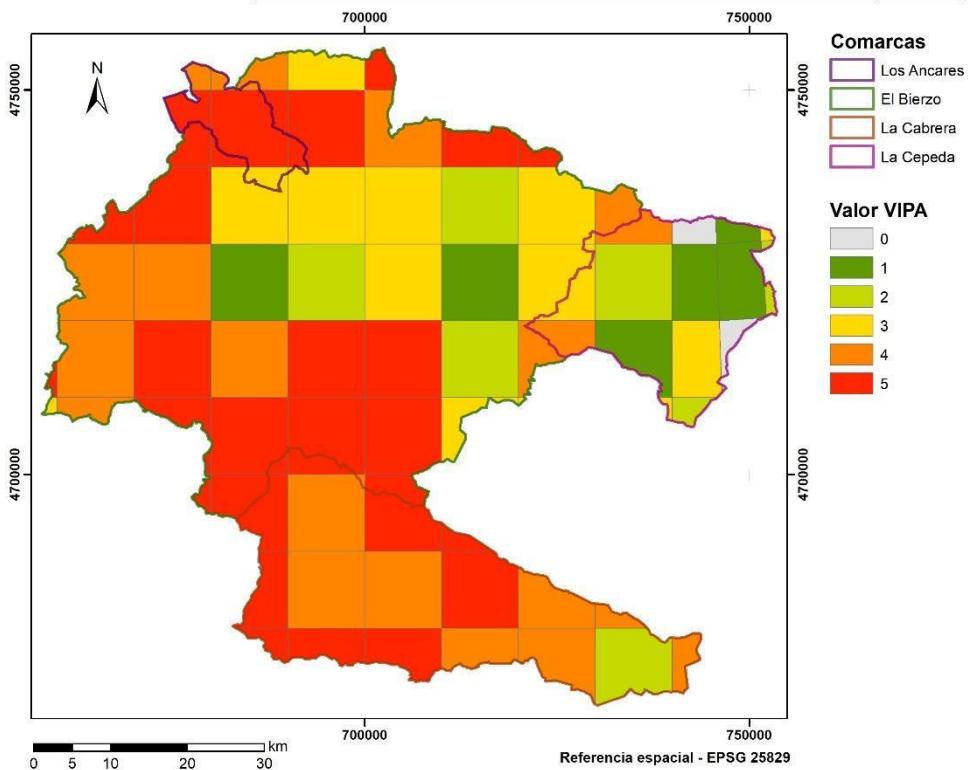


Figura 8.2-3.- Cartografía temática de impacto (3): Áreas Vegetales de Gran Importancia (VIPAs). Fuente: elaboración propia a partir de [Alfaro-Saiz et al. \(2023\)](#).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (4):

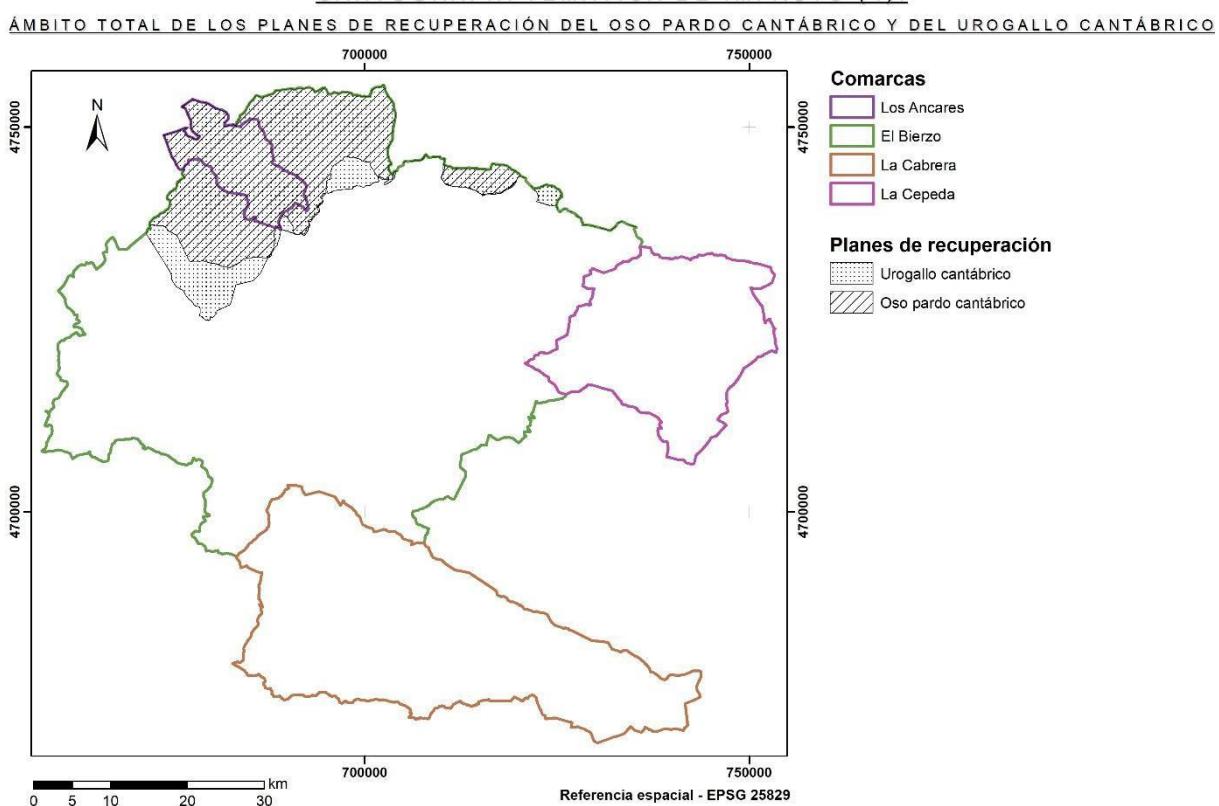


Figura 8.2-4.- Cartografía temática de impacto (4): ámbito total de los Planes de recuperación del oso pardo cantábrico y del urogallo cantábrico. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (5):
COTOS CINEGÉTICOS ASOCIADOS A PRESENCIA DE LOBO IBÉRICO**

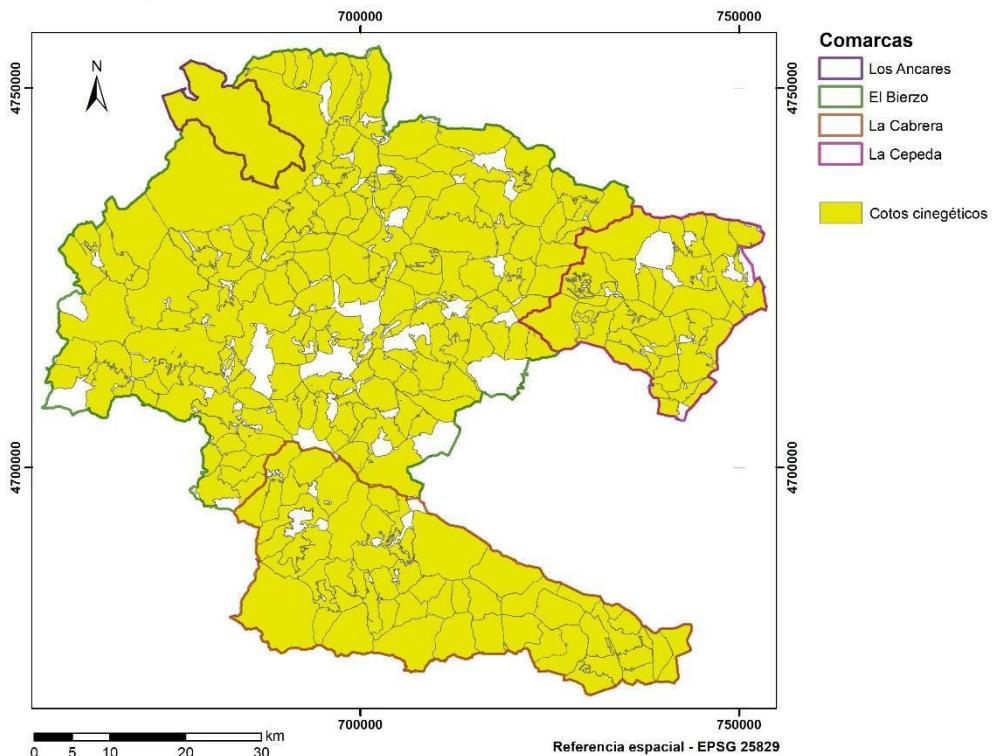


Figura 8.2-5.- Cartografía temática de impacto (5): cotos cinegéticos asociados a presencia de lobo ibérico.

Fuente: elaboración propia a partir de JCYL (2023b).

**CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (6):
CUENCAS VISUALES (TERRENOS VISIBLES) DESDE n PUNTOS CLAVE**

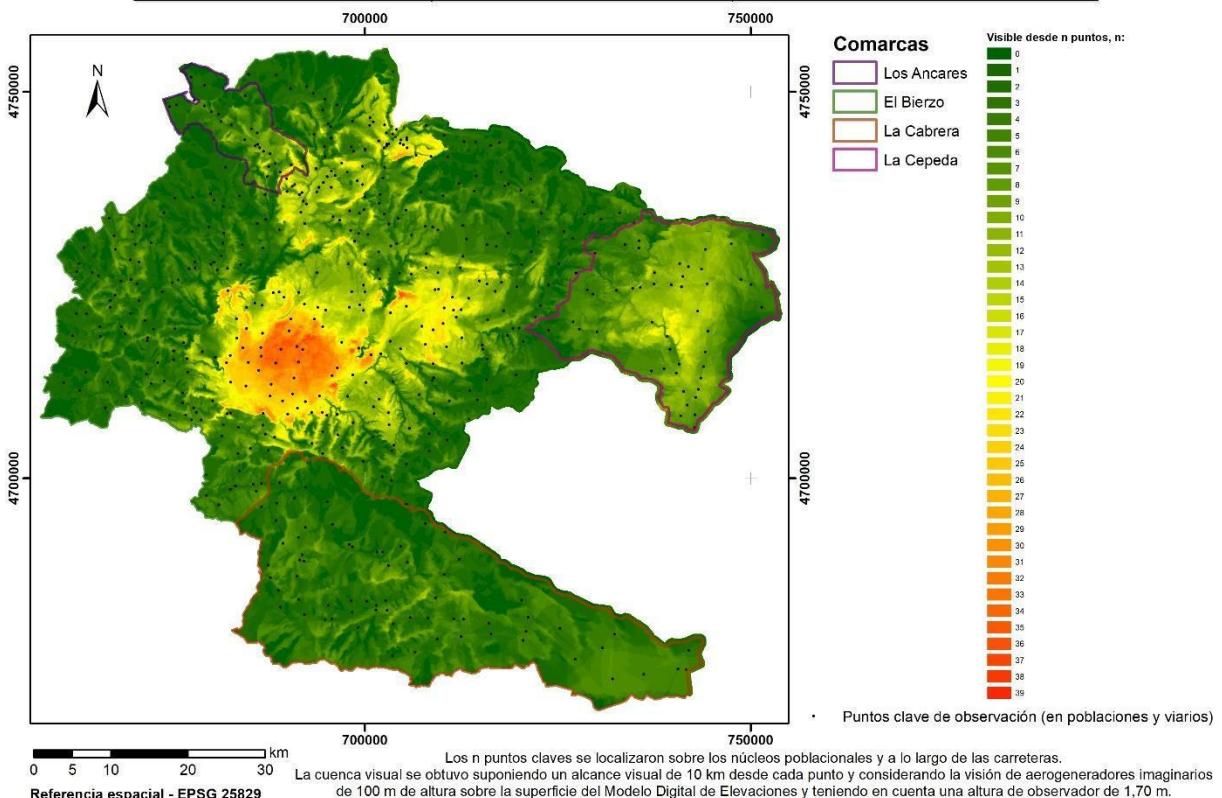


Figura 8.2-6.- Cartografía temática de impacto (6): cuencas visuales (terrenos visibles) desde n puntos clave.

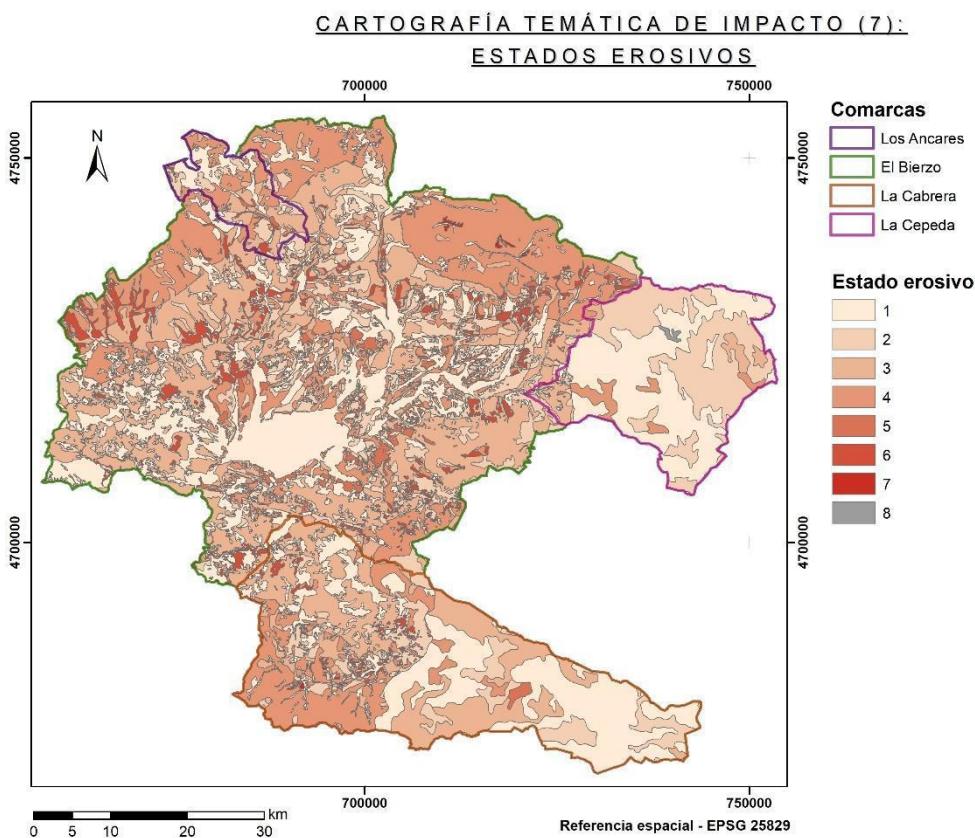


Figura 8.2-7.- Cartografía temática de impacto (7): estados erosivos. Fuente: elaboración propia a partir de MITECO (2023a).

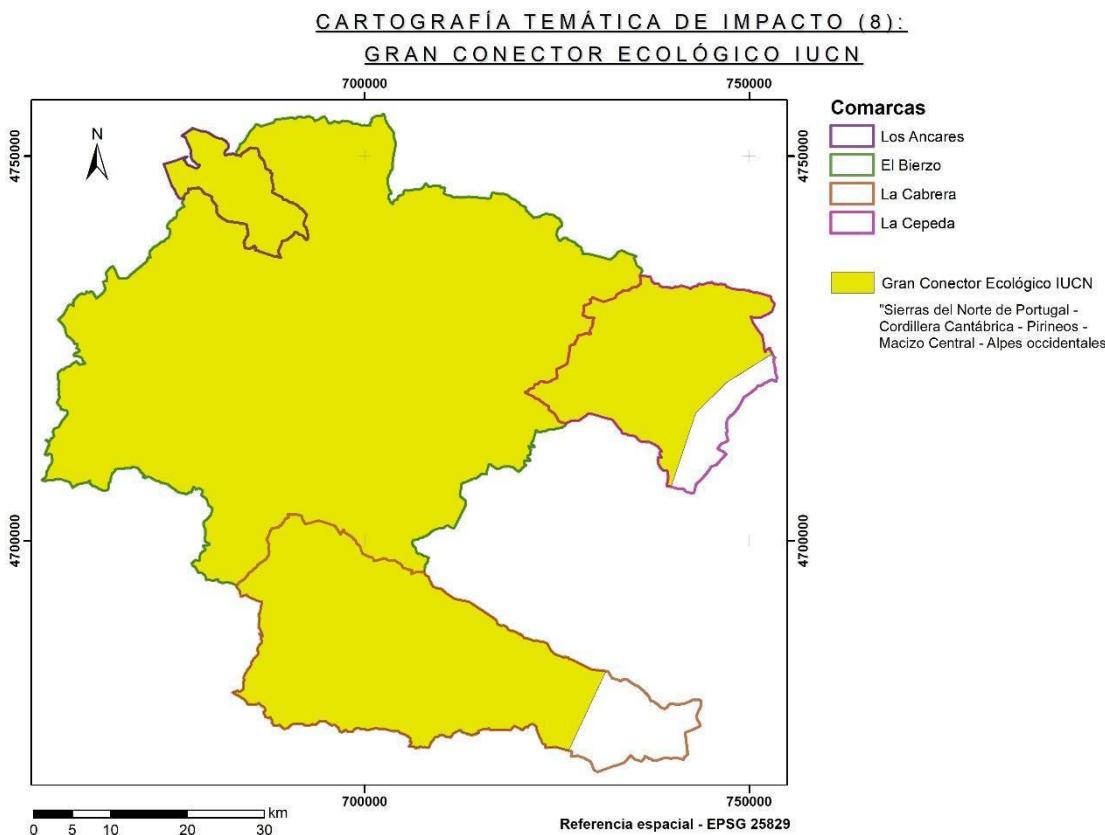


Figura 8.2-8.- Cartografía temática de impacto (8): Gran Conector Ecológico IUCN. Fuente: elaboración propia a partir de UICN (2013).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (9):
HÁBITAT ACTUAL Y DE POTENCIAL EXPANSIÓN DEL OSO PARDO CANTÁBRICO

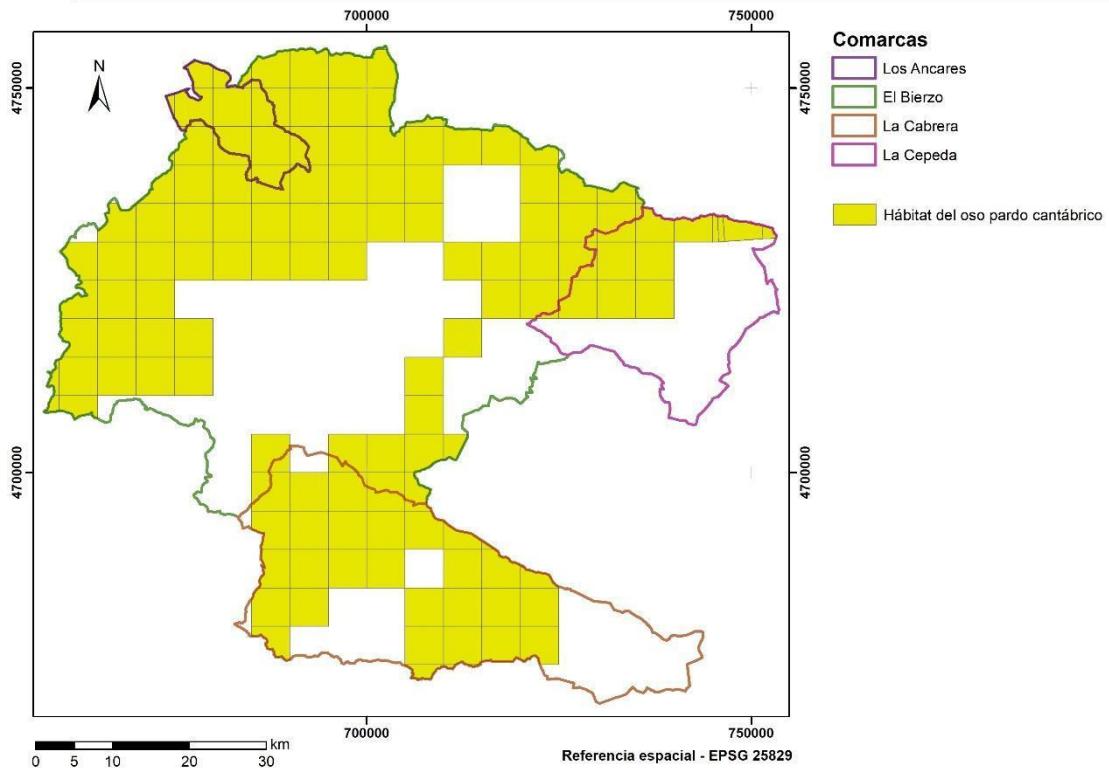


Figura 8.2-9.- Cartografía temática de impacto (9): hábitat actual y de potencial expansión del oso pardo cantábrico. Fuente: elaboración propia a partir de [Martin et al. \(2012\)](#); [Ezquerro-Boticario y Pinto \(2020\)](#).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (10):
HÁBITAT ACTUAL Y DE POTENCIAL EXPANSIÓN DEL UROGALLO CANTÁBRICO

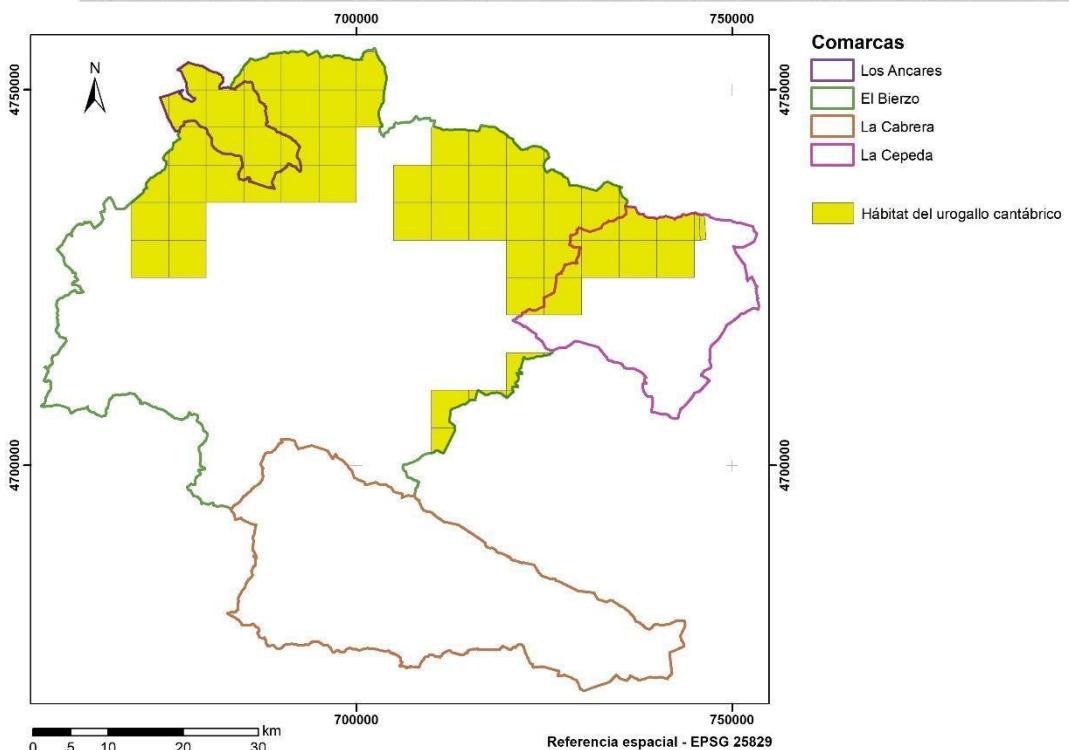


Figura 8.2-10.- Cartografía temática de impacto (10): hábitat actual y de potencial expansión del urogallo cantábrico. Fuente: elaboración propia a partir de [Quevedo-de-Anta y Bañuelos-Martínez \(2008\)](#); [Ezquerro-Boticario y Pinto \(2020\)](#); [González et al. \(2021\)](#); [Pérez-García \(2021\)](#).

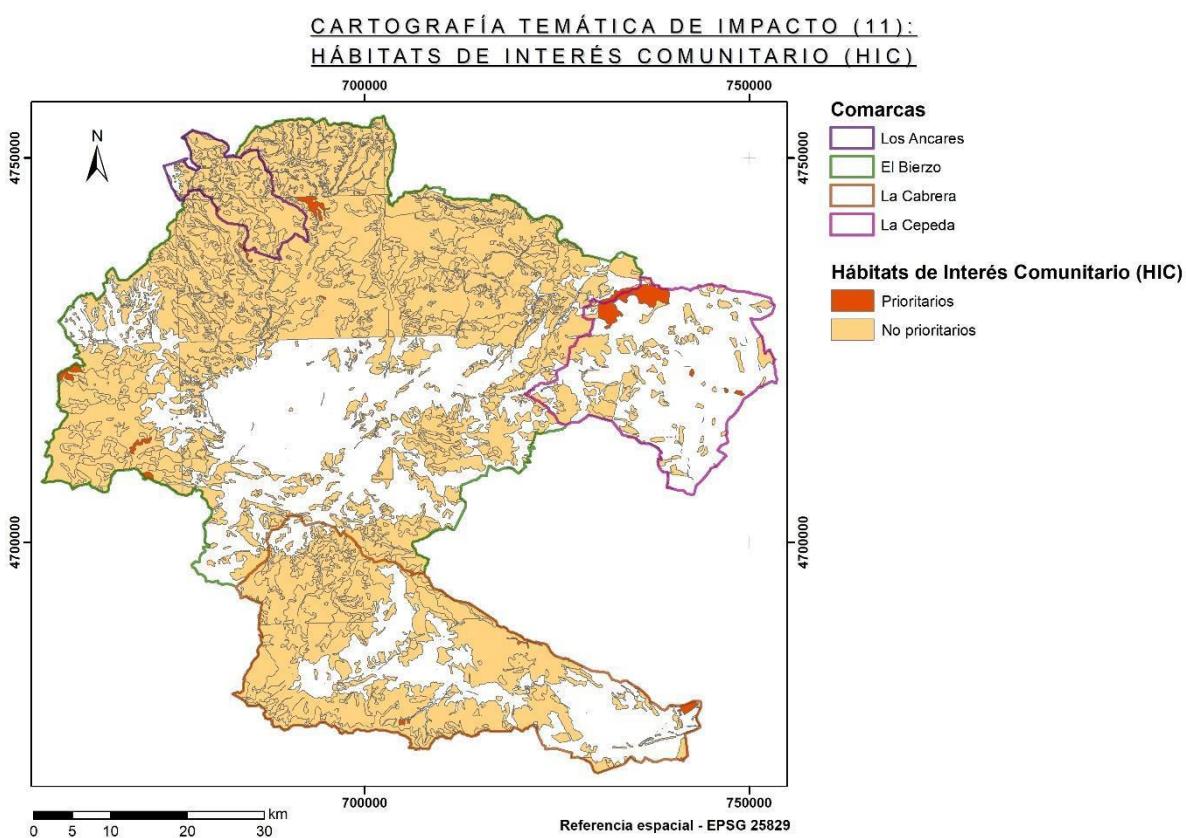


Figura 8.2-11.- Cartografía temática de impacto (11): Hábitats de Interés Comunitario (HIC). Fuente: elaboración propia a partir de [MITECO \(2023a\)](#).

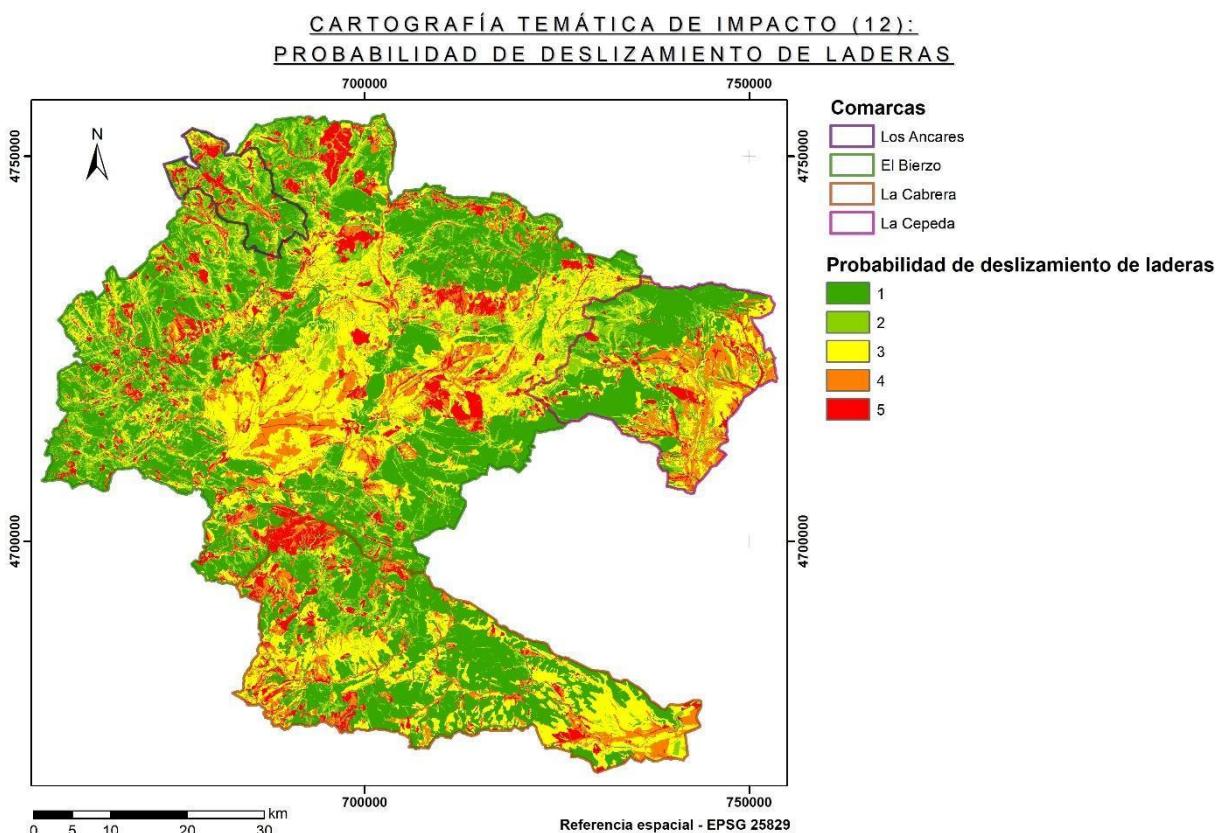


Figura 8.2-12.- Cartografía temática de impacto (12): probabilidad de deslizamiento de laderas. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023a\)](#).

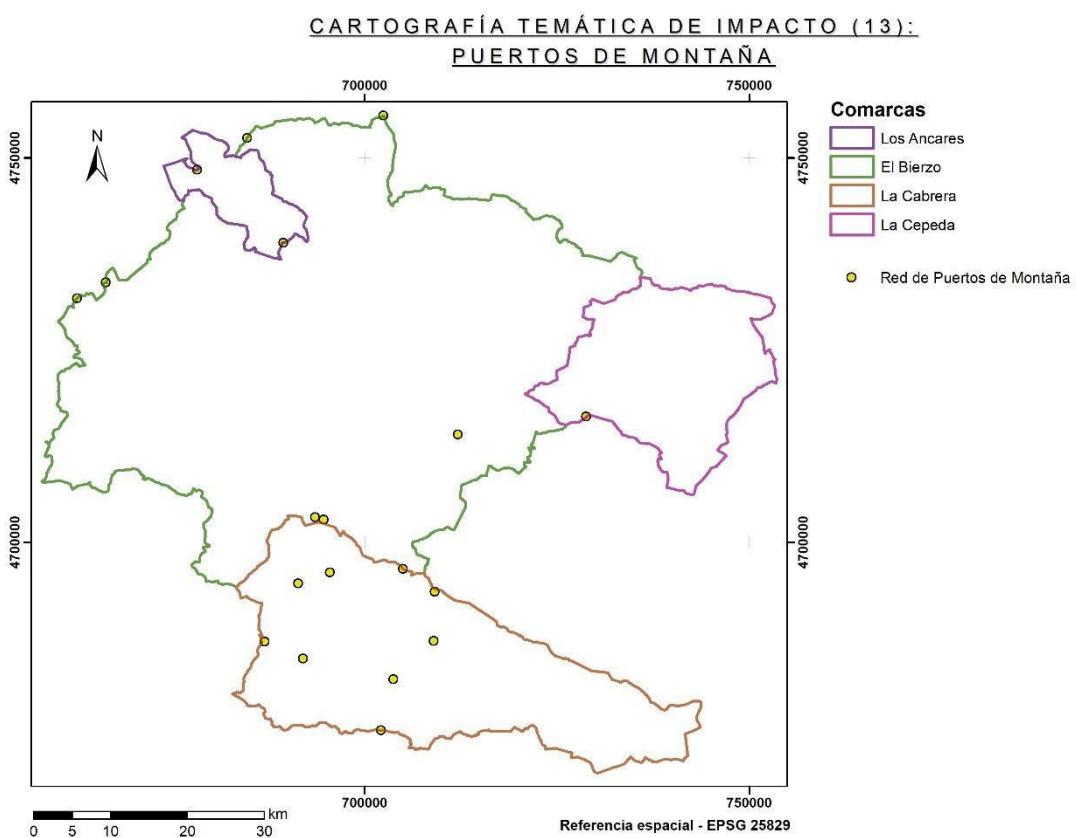


Figura 8.2-13.- Cartografía temática de impacto (13): puertos de montaña. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

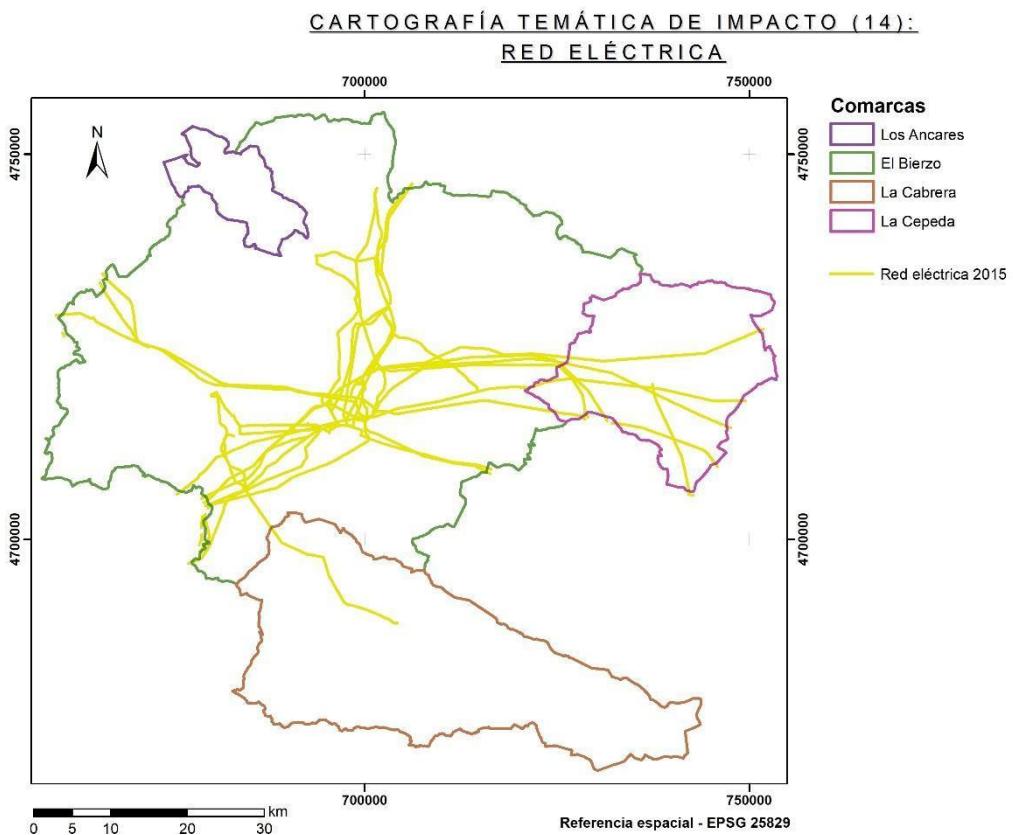


Figura 8.2-14.- Cartografía temática de impacto (14): red eléctrica. Fuente: elaboración propia a partir de [CNIG \(2023\)](#).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (15):
SENSIBILIDAD DE AVES PLANEADORAS DE LA JCYL RESPECTO A INSTALACIONES EÓLICAS

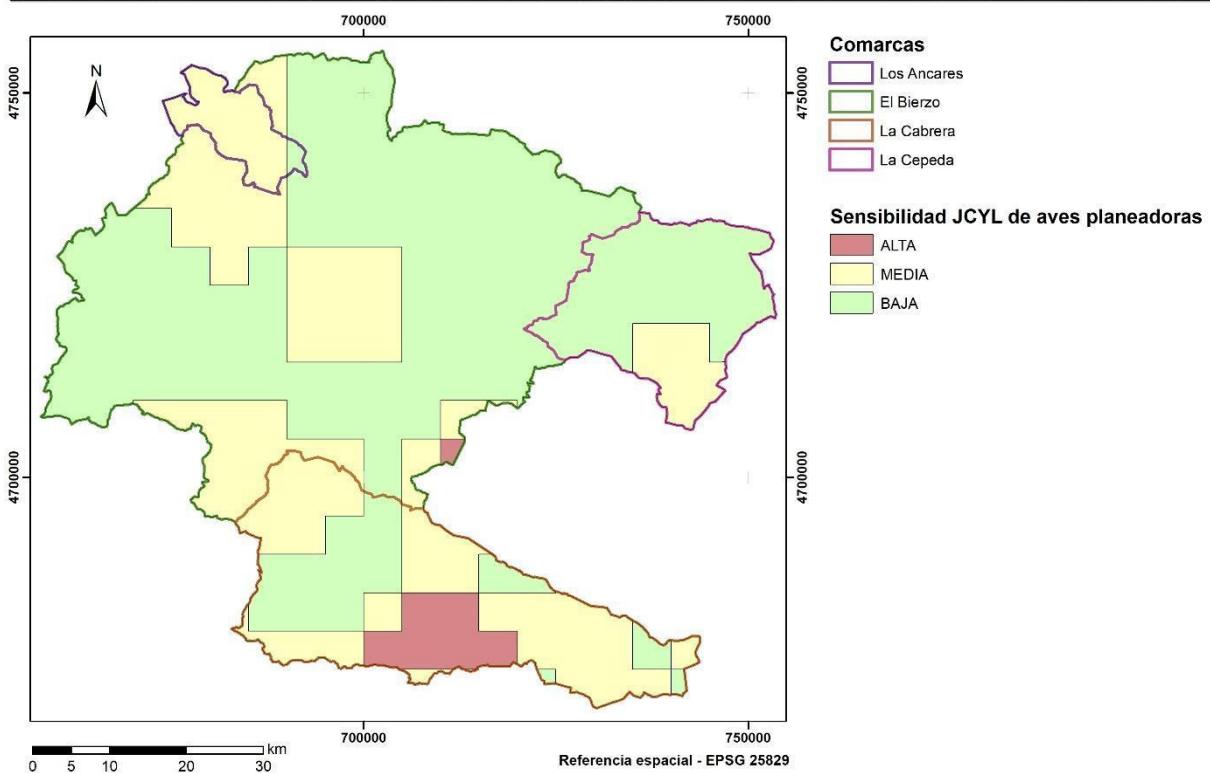


Figura 8.2-15.- Cartografía temática de impacto (15): sensibilidad de aves planeadoras de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (16):
SENSIBILIDAD DE MUP DE LA JCYL RESPECTO A INSTALACIONES EÓLICAS

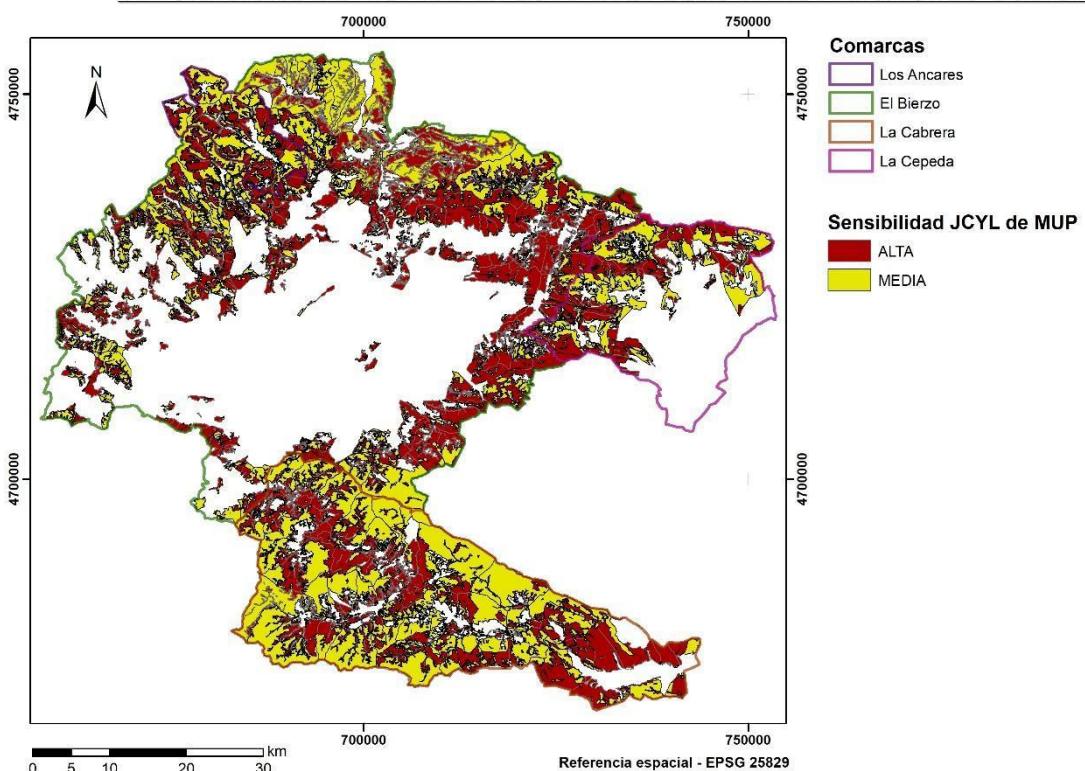


Figura 8.2-16.- Cartografía temática de impacto (16): sensibilidad de Montes de Utilidad Pública (MUP) de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas. Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

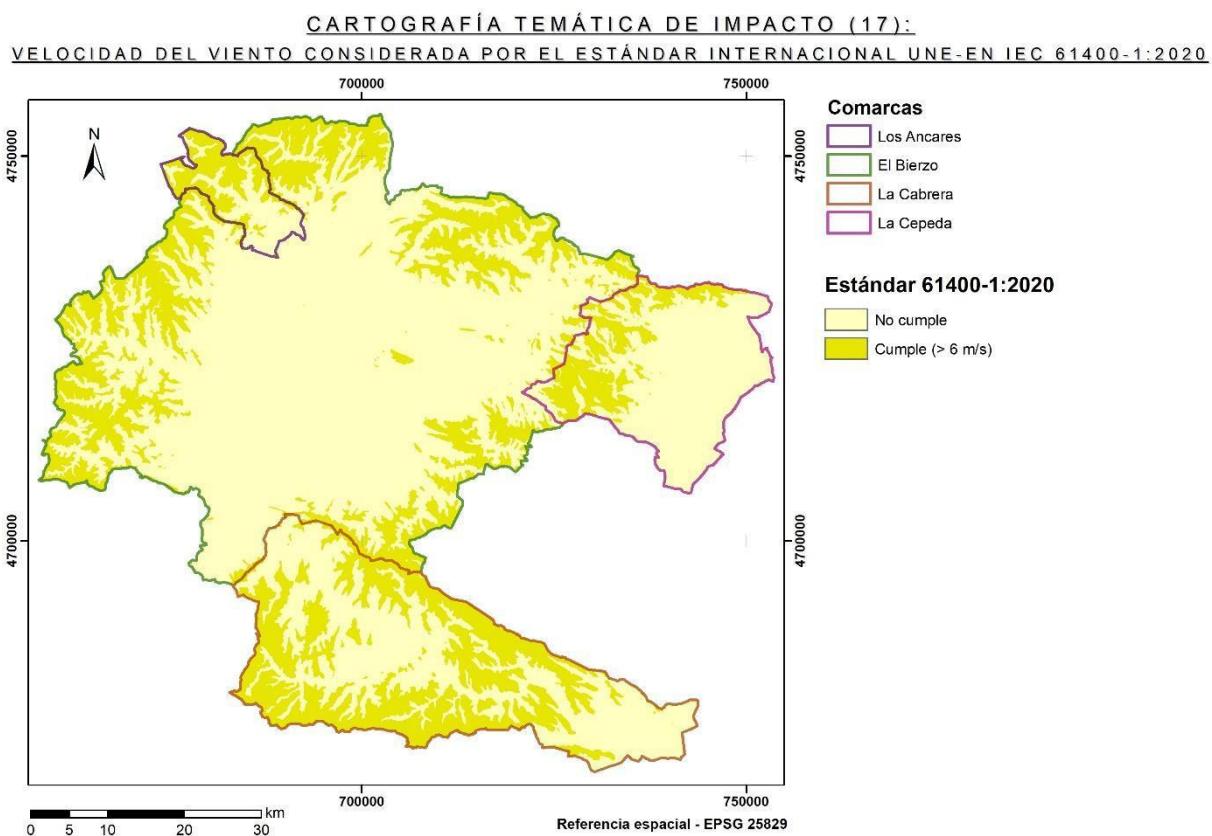


Figura 8.2-17.- Cartografía temática de impacto (17): velocidad del viento considerada por el estándar internacional UNE-EN IEC 6144-1:2020. Fuente: elaboración propia a partir de [CENER \(2023\)](#).

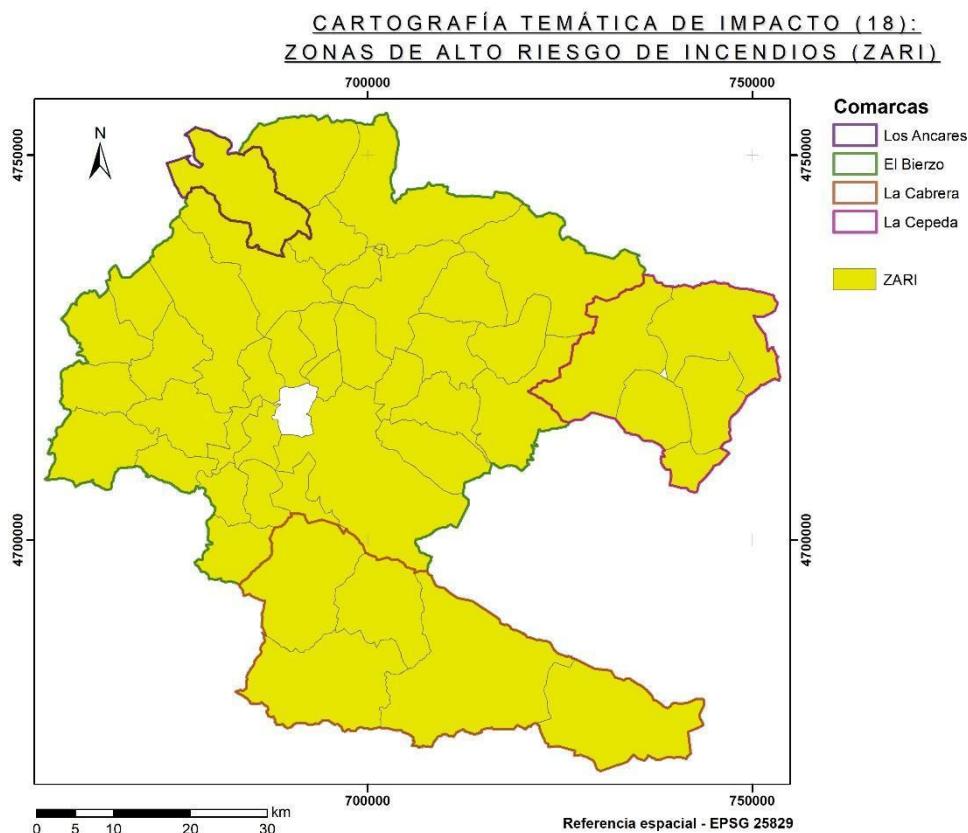


Figura 8.2-18.- Cartografía temática de impacto (18): Zonas de Alto Riesgo de Incendios (ZARI). Fuente: elaboración propia a partir de [JCYL \(2023b\)](#).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (19):

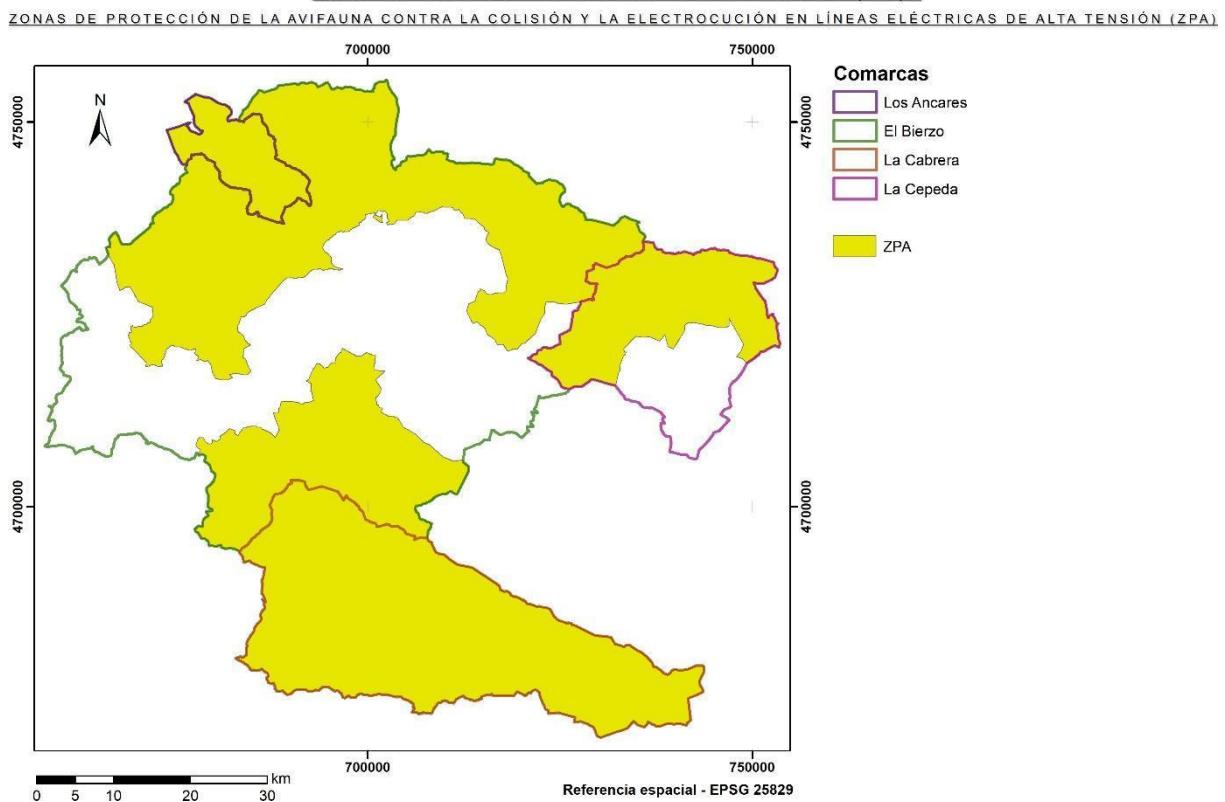


Figura 8.2-19.- Cartografía temática de impacto (19): Zonas de Protección de la Avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión (ZPA). Fuente: elaboración propia a partir de [MITECO \(2023a\)](#).

CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE IMPACTO (20):

ZONAS IMPORTANTES PARA LOS MAMÍFEROS DE ESPAÑA (ZIM)

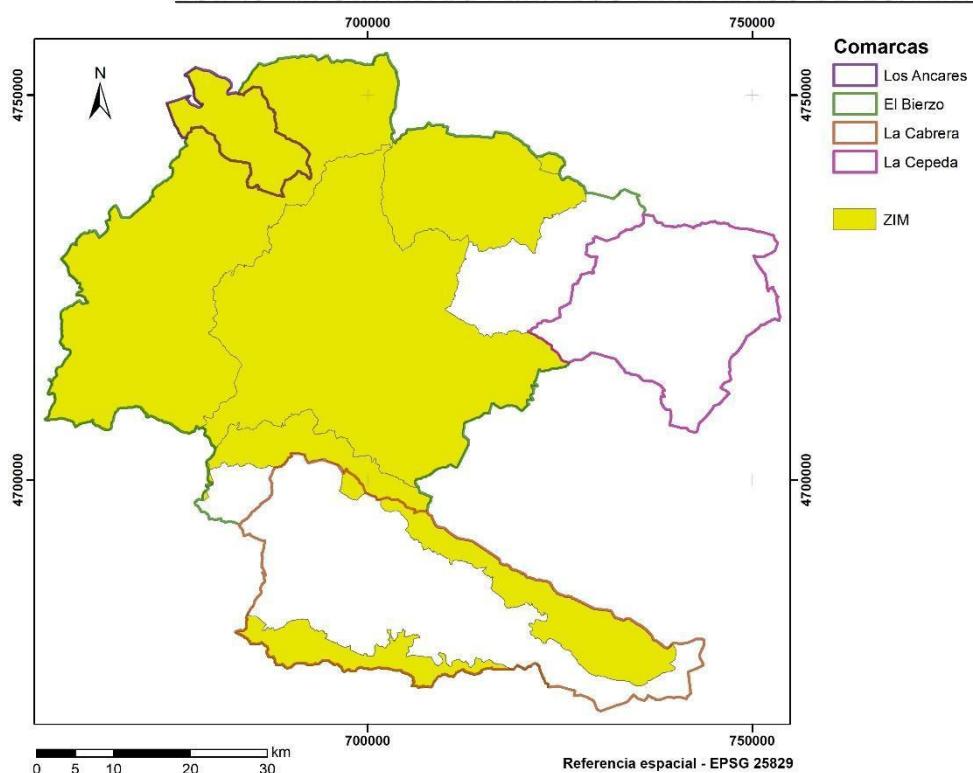


Figura 8.2-20.- Cartografía temática de impacto (20): Zonas Importantes para los Mamíferos de España (ZIM).
Fuente: elaboración propia a partir de [SECEM \(2016\)](#).

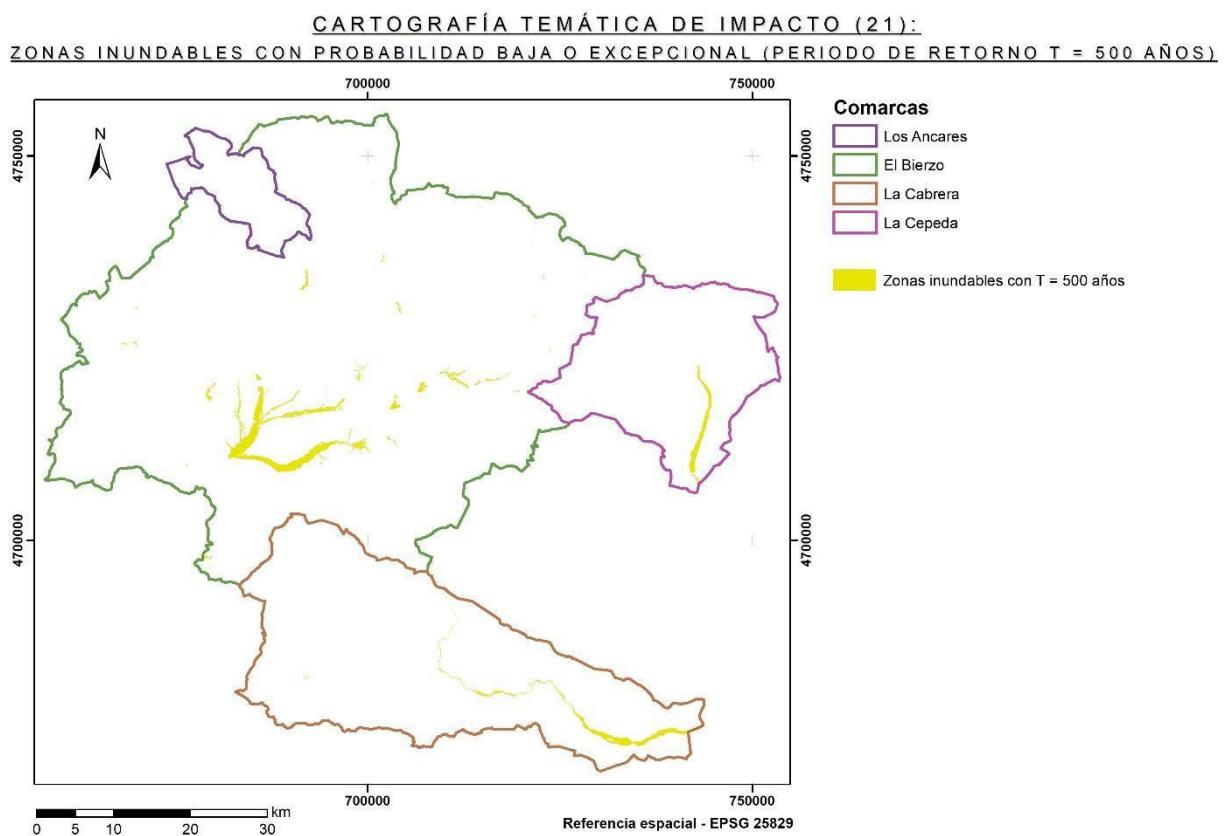


Figura 8.2-21.- Cartografía temática de impacto (21): zonas inundables de probabilidad baja o excepcional (periodo de retorno T = 500 años). Fuente: elaboración propia a partir de MITECO (2023b).

9. Anexo III: Encuesta al comité de expertos para la jerarquización de las variables de aptitud

De las múltiples metodologías para la jerarquización de pesos de las variables de aptitud con valores no solamente excluyentes (MITECO, 2020), se decidió justificar mediante una encuesta a expertos (Baban y Parry, 2001; Belmonte *et al.*, 2013). La encuesta, elaborada con Google Forms, se puede apreciar en la Figura 9-1:

Importancia de variables sobre la aptitud para la implantación de complejos eólicos (aerogeneradores)

Este cuestionario se enmarca en el Trabajo Fin de Grado "Capacidad de Acogida de las Comarcas de los Ancares, el Bierzo, la Cabrera y la Cepeda (León) para albergar Megaproyectos de Producción Energética Eólica".

El objetivo del cuestionario radica en jerarquizar una serie de variables de aptitud para ordenarlas por peso a la hora de dar mayores valores de aptitud (en sus rangos no excluyentes). Estos valores de importancia de cada variable se utilizarán para determinar la aptitud del territorio para albergar grandes instalaciones eólicas.

Se aproxima un tiempo de respuesta de entre 10 y 15 minutos.

El plazo de respuestas será del 18 al 23 de enero, ambos días incluidos.

Nombre y Apellidos *

Tu respuesta

Dedicación profesional o ámbito de trabajo *

Tu respuesta

¿Perteneces a alguna asociación? ¿A cuál? *

Tu respuesta

¿Perteneces a alguna entidad u organismo público? ¿A cuál? *

Tu respuesta

Género *

- Masculino
- Femenino
- Otro
- Prefiero no decirlo

Edad *

- 24 años o menos
- 25 - 40 años
- 41 años o más
- Prefiero no decirlo

Cuestionario

Instrucciones:

Para cada variable, deberá responderse a la siguiente pregunta:

¿Cuánto consideras que cada una de las siguientes variables debería influir a la hora de proyectar sobre el territorio una gran instalación de producción eólica o a la hora de realizar una ordenación de eólicas en el territorio?

Se presentan listadas las variables una a una, separadas por temática en 3 apartados (A. Variables relacionadas con el viento, B. Variables relacionadas con los espacios naturales y la biodiversidad y C. Variables relacionadas con los usos actuales del suelo y las infraestructuras).

Cada variable se presenta con su título y con una breve descripción de su relación con la implantación de aerogeneradores.

Debe seleccionarse para cada variable un valor de influencia o importancia a la hora de localizar aerogeneradores: el valor 1 indica la consideración del menor grado de influencia. El valor 7 indica la consideración del mayor grado de influencia. El valor 4 indica la consideración más intermedia.

A la hora de puntuar cada variable, debe tenerse en cuenta que todas y cada una de ellas van a ser utilizadas para generar el modelo de ordenación de eólicas (mapa de puntuación o aptitud del territorio para albergar un uso eólico). Todas cuentan con un umbral de seguridad o excluyencia que siempre va a estar presente (por ejemplo, imposibilidad de implantar eólicas a menos de 200 m de masas de agua). La puntuación fruto de este cuestionario servirá para jerarquizar el peso de los rangos no excluyentes (siguiendo este ejemplo, dar un peso de importancia a las distancias de más de 200 m a masas de agua, que no suponen la imposibilidad de eólicas, sí sumará más aptitud para la implantación de aerogeneradores cuanta más distancia exista a esas masas de agua si se considera una variable influyente).

Se recomienda primero leer todo el listado de variables para generar una idea inicial de la influencia de cada una de ellas y ya después puntuarlas.

NO es necesario seleccionar una puntuación para todas las variables: en caso de no querer contestar o no estar seguro (NS/NC), basta con no seleccionar ninguna puntuación para esa variable. Si por error se selecciona una cifra y se quiere dejar en blanco (NS/NC), se puede clicar bajo esa variable en "Borrar selección". Mejor dar una respuesta solo en aquellos casos en los que se esté seguro, no pasa nada por no decantarse por un valor en alguna variable. También podéis preguntarme si tenéis alguna duda sobre el significado de alguna variable, sobre su influencia a la hora de implantar eólicas o acerca de la diferencia entre varias variables.

Contacto (Rodrigo): rarevg00@estudiantes.unileon.es

P.D.: La numeración de la lista de variables no es ordinal (por ejemplo aparecerá antes la nº5 que la nº 1) y contiene saltos (por ejemplo no hay una variable nº 10), no importa, es por una cuestión de orden en mi trabajo.

Comenzamos:

A. Variables relacionadas con el viento:

5. Velocidad del viento media anual (a mayor velocidad, mayor energía producible)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

1. Distancia a aerogeneradores ya instalados (generan turbulencias del viento en su proximidad)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

2. Fracción de cabida cubierta (Fcc%) en entornos forestales (a mayor Fcc%, más turbulencias en el viento)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

4. Pendiente (a mayor pendiente, turbulencias con el movimiento de las aspas y dificultad en la construcción de vías)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

3. Altitudes elevadas (a mayor altitud, insuficiente densidad del aire y mayores costes de transporte)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

14. Distancia a Reservas de la Biosfera (protección ecosistémica y de tradiciones)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

16. Distancia a zonas ZEC/LIC de Red Natura 2000 (protección ecosistémica y de quirópteros o murciélagos)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

17. Distancia a zonas ZEPA de Red Natura 2000 (protección de avifauna)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

14. Distancia a Reservas de la Biosfera (protección ecosistémica y de tradiciones)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

16. Distancia a zonas ZEC/LIC de Red Natura 2000 (protección ecosistémica y de quirópteros o murciélagos)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

17. Distancia a zonas ZEPA de Red Natura 2000 (protección de avifauna)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

8. Distancia a Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBAs)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

9. Distancia al Corredor Ecológico del Cantábrico (conectividad ecosistémica y autopistas salvajes)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

7. Distancia a las áreas críticas de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

15. Distancia a las áreas sensibles de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

11. Distancia a masas de agua naturales y artificiales (preservación ecosistémica, obstáculo para la construcción y el transporte)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

13. Distancia a la red fluvial (ríos, arroyos) (preservación ecosistémica, obstáculo para la construcción y el transporte)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

18. Distancia a Zonas Húmedas Catalogadas (protección ecosistémica)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

C. Variables relacionadas con los usos actuales del suelo y las infraestructuras:

19. Distancia a Áreas cultivables en zonas de regadío (protección de áreas con potencial aprovechamiento agrícola)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

28. Distancia a Lugares de Interés Geológico (LIG)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

21. Distancia a bienes arqueológicos (como enclaves de extracción aurífera)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

22. Distancia a Bienes de Interés Cultural (BICs)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

23. Distancia a Bienes patrimonio Mundial de la UNESCO

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

24. Distancia a los Caminos de Santiago (camino Francés, de Invierno, Olvidado y del Manzanal) (impacto visual o paisajista)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

34. Distancia a vías pecuarias (Cañadas Reales y Coladas) (impacto visual o paisajista)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

30. Distancia a la Red Nacional de Caminos Naturales (impacto visual o paisajista)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

31. Distancia a sendas en espacios naturales (impacto visual o paisajista)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

20. Distancia a autopistas, autovías y carreteras convencionales (implantar eólicas a más distancia implica menos impacto visual pero también requerirá la construcción de nuevos viarios)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

29. Distancia a líneas ferroviarias (impacto visual o paisajista)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

33. Áreas urbanas, rurales y residenciales (ruido, interferencia de ondas de radio, impacto visual, ocupación del área perিurbana de esparcimiento)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

25. Distancia al centro de la ciudad de Ponferrada (ruido, interferencia de ondas de radio, impacto visual, ocupación del área perিurbana de esparcimiento)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

27. Distancia a fallas y contactos tectónicos (inestabilidad en el terreno de construcción)

1 2 3 4 5 6 7

Mínima importancia Máxima importancia

(Hay más variables tenidas en cuenta, aunque en categorías de aptitud solamente excluyente o de impacto, no incluidas en el cuestionario al no considerarse jerarquizables):

- Áreas con flora amenazada y protejida de la Junta de Castilla y León.
- Áreas Vegetales de Gran Importancia (VIPAs).
- Ámbito total de los Planes de recuperación del oso pardo cantábrico y del urogallo cantábrico.
- Hábitat actual y de potencial expansión del oso pardo cantábrico -*Ursus arctos pyrenaicus*.
- Hábitat actual y de potencial expansión del urogallo cantábrico -*Tetrao urogallus cantabricus*.
- Hábitats de Interés Comunitario (HIC) (Directiva Hábitat 92/43/CEE) (incluyendo prioritarios y no prioritarios).
- Cotos cinegéticos asociados a presencia de lobo (antes de regulación del LESPRE).
- Áreas sensibles ante colocación de eólicas de SEO BirdLife.
- Gran Conector Ecológico UICN: Sierras del Norte de Portugal - Cordillera Cantábrica - Pirineos - Macizo Central - Alpes Occidentales.
- Sensibilidad de Aves Planeadoras de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas.
- Sensibilidad de Montes de Utilidad Pública de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas.
- Zonas de Protección de la Avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión (ZPA).
- Zonas Importantes para los Mamíferos de España (ZIM).
- Áreas restringidas por legislación nacional y autonómica ante parques eólicos.
- Usos incompatibles no urbanos SIOSE (extracción minera, industrial, infraestructura de residuos, infraestructura de suministro, instalación agrícola y/o ganadera).
- Área proyectada ante la posible declaración del Geoparque Médulas-Teleno.
- Cuencas visuales (territorios visibles) desde puntos clave de núcleos de población y carreteras con alcance visual de 10 km y tomando una altura de aerogenerador imaginario de 100 m sobre la superficie del modelo digital de elevaciones y teniendo en cuenta la altura de visión de 1,70 m.
- Estados erosivos del suelo.
- Probabilidad de deslizamientos en laderas.
- Distancia a pueblos de montaña (ganado trashumante).
- Distancia a la red eléctrica.
- Velocidad del viento considerada por el estándar internacional UNE-EN IEC 61400-1:2020.
- Zonas de Alto Riesgo de Incendios (ZARI).
- Zonas inundables de probabilidad baja o excepcional (periodo de retorno T=500 años).

¿Añadirías alguna otra variable de aptitud? ¿Cuál(es)? ¿Qué puntuación de importancia (del 1 al 7) darías a esa(s) nueva(s) variable(s)?

Tu respuesta

Figura 9-1.- Encuesta.

El cuestionario fue respondido (sin tener en cuenta respuestas anónimas, consideradas outliers), por 19 expertos en diferentes temáticas relacionadas y conocedores de la situación local de las comarcas a estudio con respecto a la industria eólica.

Con respecto al perfil de los participantes, el 64 % correspondió a profesionales del área de las ciencias naturales (ciencias ambientales, biología y botánica), el 18 % al área de las ingenierías (agroalimentaria, forestal e industrial) y el 18 % restante al área de las ciencias sociales (abogacía, sociosanitario), como puede apreciarse en la Figura 9-2:

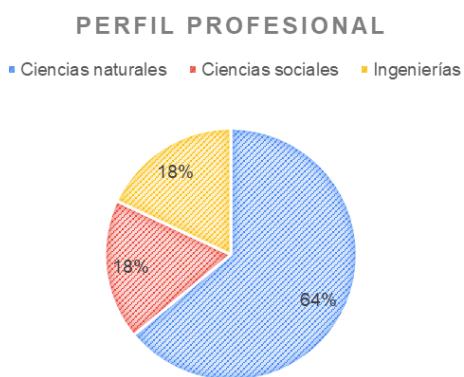


Figura 9-2.- Perfil profesional de los participantes en la encuesta.

En relación al género de los participantes, el 68 % fue masculino y el 32 % fue femenino, como se ve en la Figura 9-3:

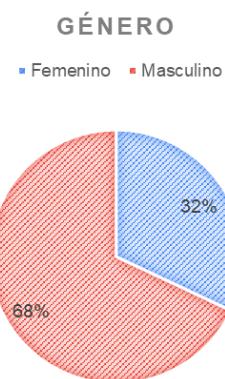


Figura 9-3.- Género de los participantes en la encuesta.

Algunos participantes pertenecían a asociaciones, tales como Alimentos de Calidad del Bierzo, ASCEL, Aragonito Azul, Asociación Berciana de Agricultores, Asociación Cultural Vlear, Asociación Desarrollo Rural Bierzo Cabrera, Asociación Luna Verde, Asociación Meteorológica del Noroeste Peninsular, Asociación Valle Esgueva, Balterius 98, Bierzo Aire Limpio, BIOMA, Cabrera Despierta, Ecologistas en Acción, GEDEMOL, Mesa Eólica Montaña Palentina, PDCC, SECEM y Sociedad Cordobesa en Historia Natural.

Algunos también pertenecían a organismos públicos, como el CSIC, la Estación Biológica de Doñana, el Real Jardín Botánico de Córdoba, la Universidad de León y la Xunta de Galicia.

En la **Tabla 9-1** se muestran los resultados de sus respuestas, mediante un factor medio de importancia con valor entre 1 y 7 de cada variable de aptitud con valores no excluyentes a ponderar. El valor de importancia se utilizó para jerarquizar las variables de manera ordinal. En aquellos casos de empate, el nivel más alto en la jerarquización se otorgó por criterio del autor del trabajo, de acuerdo a la bibliografía consultada.

Tabla 9-1.- Resultados de jerarquización de las 31 variables de aptitud con valores no excluyentes tras la encuesta.

Prioridad en la jerarquización	Variable de aptitud	Factor medio de importancia
1	Distancia a la Red de Espacios Naturales protegidos (REN)	6,95
2	Distancia a zonas ZEPA de Red Natura 2000	6,90
3	Distancia a las áreas críticas de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico	6,85
4	Distancia a zonas ZEC/LIC de Red Natura 2000	6,85
5	Distancia a Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBAs)	6,65
6	Distancia al Corredor Ecológico del Cantábrico	6,60
7	Distancia a las áreas sensibles de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico	6,60
8	Distancia a Zonas Húmedas Catalogadas	6,50
9	Distancia a Reservas de la Biosfera	6,45
10	Distancia a Bienes patrimonio Mundial de la UNESCO	6,10
11	Distancia a Lugares de Interés Geológico (LIG)	5,85
12	Distancia a la red fluvial	5,80
13	Distancia a árboles notables o singulares	5,75
14	Distancia a masas de agua naturales y artificiales	5,75

15	Distancia a Bienes de Interés Cultural (BICs)	5,70
16	Distancia a bienes arqueológicos	5,50
17	Distancia a la Red Nacional de Caminos Naturales	5,50
18	Distancia a sendas en espacios naturales	5,35
19	Distancia a los Caminos de Santiago (camino Francés, de Invierno, Olvidado y del Manzanal)	5,30
20	Altitudes elevadas	5,11
21	Áreas urbanas, rurales y residenciales	5,10
22	Pendiente	5,00
23	Velocidad del viento media anual	4,89
24	Distancia al centro de la ciudad de Ponferrada	4,75
25	Distancia a vías pecuarias	4,65
26	Distancia a Áreas cultivables en zonas de regadío	4,50
27	Distancia a aerogeneradores ya instalados	4,50
28	Fracción de cabida cubierta en entornos forestales	4,44
29	Distancia a fallas y contactos tectónicos	4,21
30	Distancia a autopistas, autovías y carreteras convencionales	2,42
31	Distancia a líneas ferroviarias	2,33

Por otro lado, los participantes generaron numerosas propuestas acerca de nuevas variables de aptitud que podrían ser incluidas. Dado el alcance de este trabajo, no pudieron ser incluidas. Sin embargo, se demuestra la importancia de la participación pública con respecto a la ordenación de renovables, la cual debería ser un pilar fundamental en los trabajos de zonificación de las Administraciones nacional y autonómica.

Por último, se presenta a modo de ejemplo un resultado gráfico de las respuestas de varios apartados de la encuesta en Google Forms, con lo que se pueden apreciar tendencias de valoración de distintas variables ([Figura 9-4](#)):



Figura 9-4.- Ejemplo con resultados de respuestas de los participantes.

10. Anexo IV: Matrices de aptitud y de impacto

10.1. Matriz de aptitud

Se presenta la matriz de aptitud en la Tabla 10.1-1:

Tabla 10.1-1.- Matriz de aptitud (cada variable de aptitud, por orden de jerarquización, con sus correspondientes valores).

APTITUD	+31	+30	+29	+28	+27	+26	+25	+24	+23	+22	+21	+20	+19	+18	+17	+16	+15	+14	+13	+12	+11	+10	+9	+8	+7	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0	-∞ (- 1000)
Distancia a la Red de Espacios Naturales protegidos (REN) (m)	> 5000	4870	4741	4612	4483	4354	4225	4096	3967	3838	3709	3580	3451	3322	3193	3064	2935	2806	2677	2548	2419	2290	2161	2032	1903	1774	1645	1516	1387	1258	1129	1000	≤ 100
Distancia a zonas ZEPA de Red Natura 2000 (m)	> 5000	5000	4870	4741	4612	4483	4354	4225	4096	3967	3838	3709	3580	3451	3322	3193	3064	2935	2806	2677	2548	2419	2290	2161	2032	1903	1774	1645	1516	1387	1258	1129	0
Distancia a las áreas críticas de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico (m)	> 100	97-	93-	90-	86-	83-	79-	76-	72-	69-	66-	62-	59-	55-	52-	48-	45-	41-	38-	34-	31-	28-	24-	21-	17-	14-	10-	7-10	3-7	0-3	≤ 0		
Distancia a zonas ZEC/LIC de Red Natura 2000 (m)	> 5000	4857	4714	4571	4429	4286	4143	4000	3857	3714	3571	3429	3286	3143	3000	2857	2714	2571	2429	2286	2143	2000	1857	1714	1571	1429	1286	1143	1000	≤ 100			
Distancia a Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBAs) (m)	> 100	96-	93-	89-	85-	81-	78-	74-	70-	67-	63-	59-	56-	52-	48-	44-	41-	37-	33-	30-	26-	22-	19-	15-	11-	7-11	4-7	0-4	≤ 0				
Distancia al Corredor Ecológico del Cantábrico (m)	> 1000	981-	962-	942-	923-	904-	885-	865-	846-	827-	808-	788-	769-	750-	731-	712-	692-	673-	654-	635-	615-	596-	577-	558-	538-	519-	500-	≤ 500					

Distancia a las áreas sensibles de conservación de los Planes de recuperación del urogallo cantábrico y del oso pardo cantábrico (m)						> 100	96- 100	92- 96	88- 92	84- 88	80- 84	76- 80	72- 76	68- 72	64- 68	60- 64	56- 60	52- 56	48- 52	44- 48	40- 44	36- 40	32- 36	28- 32	24- 28	20- 24	16- 20	12- 16	8-12	4-8	0-4	≤ 0
Distancia a Zonas Húmedas Catalogadas (m)						> 600	592- 600	583- 592	575- 583	567- 575	558- 567	550- 558	542- 542	533- 533	525- 533	517- 525	508- 517	500- 508	492- 500	483- 492	475- 483	467- 475	458- 467	450- 458	442- 450	433- 442	425- 433	417- 425	408- 417	400- 408	400	
Distancia a Reservas de la Biosfera (m)						> 5000	4826- 5000	4652- 4826	4478- 4652	4304- 4478	4130- 4304	3957- 4130	3783- 3957	3609- 3783	3435- 3609	3261- 3435	3087- 3261	2913- 3087	2739- 2913	2565- 2739	2391- 2565	2217- 2391	2043- 2217	1870- 2043	1696- 1870	1522- 1696	1348- 1522	1174- 1348	1000- 1174	≤ 1000		
Distancia a Bienes Patrimonio Mundial de la UNESCO (m)						> 600	573- 600	545- 573	518- 545	491- 518	464- 491	436- 464	409- 436	382- 409	355- 382	327- 355	300- 327	273- 300	245- 273	218- 245	191- 218	164- 191	136- 164	109- 136	82- 109	55- 82	27- 55	0-27	≤ 0			
Distancia a Lugares de Interés Geológico (LIG) (m)						> 100	95- 100	90- 95	86- 90	81- 86	76- 81	71- 76	67- 71	62- 67	57- 62	52- 57	48- 52	43- 48	38- 43	33- 38	29- 33	24- 29	19- 24	14- 19	10- 14	5-10	0-5	≤ 0				
Distancia a la red fluvial (m)						> 600	576- 600	552- 576	528- 552	504- 528	480- 504	456- 480	432- 456	408- 432	384- 408	360- 384	336- 360	312- 336	288- 312	264- 288	240- 264	216- 240	192- 216	168- 192	144- 168	120- 144	120					
Distancia a árboles notables o singulares (m)						> 300	287- 300	274- 287	261- 274	247- 261	234- 247	221- 234	208- 221	195- 208	182- 195	168- 182	155- 168	142- 155	129- 142	116- 129	103- 116	89- 103	76- 89	63- 76	50- 63	50						
Distancia a masas de agua naturales y artificiales (m)						> 600	578- 600	556- 578	533- 556	511- 533	489- 511	467- 489	444- 467	422- 444	400- 422	378- 400	356- 378	333- 356	311- 333	289- 311	267- 289	244- 267	222- 244	200- 222	≤ 20							
Distancia a Bienes de Interés						> 600	574- 600	547- 574	521- 547	494- 521	468- 494	441- 468	415- 441	388- 415	362- 388	335- 362	309- 335	282- 309	256- 282	229- 256	203- 229	176- 203	150- 176	150	≤ 150							

Cultural (BICs) (m)																										
Distancia a bienes arqueológicos (m)									> 600	575- 600	550- 575	525- 550	500- 525	475- 500	450- 475	425- 450	400- 425	375- 400	350- 375	325- 350	300- 325	275- 300	250- 275	225- 250	200- 225	≤ 200
Distancia a la Red Nacional de Caminos Naturales (m)									> 300	290- 300	280- 290	270- 280	260- 270	250- 260	240- 250	230- 240	220- 230	210- 220	200- 210	190- 200	180- 190	170- 180	160- 170	150- 160	≤ 150	
Distancia a sendas en espacios naturales (m)									> 200	191- 200	182- 191	173- 182	164- 173	155- 164	146- 155	138- 146	129- 138	120- 129	111- 120	102- 111	93- 102	84- 93	75- 84	≤ 75		
Distancia a los Caminos de Santiago (camino Francés, de Invierno, Olvidado y del Manzanal) (m)									> 500	473- 500	446- 473	419- 446	392- 419	365- 392	338- 365	312- 338	285- 312	258- 285	231- 258	204- 231	177- 204	150- 177	≤ 150			
Muy altas elevaciones (msnm)									< 1500	1500 -	1542 1542	1583 1583	1625 1625	1667 1667	1708 1708	1750 1750	1792 1792	1833 1833	1875 1875	1917 1917	1958 1958	≥ 200 0				
Distancia a áreas urbanas, rurales y residenciales (m)									> 3000	2773 3000	2545 2773	2318 2545	2091 2318	1864 2091	1636 1864	1409 1636	1182 1409	955- 1182	727- 955	500- 727	≤ 500					
Pendiente (°)									< 3	3-5	5-6	6-8	8-10	10- 12	12- 13	13- 15	15- 17	17- 18	18- 20	≥ 20						
Velocidad del viento media anual a altura de buje de 100 m (m/s)									> 7,0	6,6- 7,0	6,1- 6,6	5,7- 6,1	5,2- 5,7	4,8- 5,2	4,3- 4,8	3,9- 4,3	3,4- 4,3	3- 3,9	3- 3,4	≤ 3,0						
Distancia al centro de la ciudad de Ponferrada (m)									> 5000	4688 5000	4375 4688	4063 4375	3750 4063	3438 3750	3125 3438	2813 3125	2500 2813	≤ 250 0								

Distancia a vías pecuarias (m)										> 200	182- 200	164- 182	146- 164	129- 146	111- 129	93- 111	75- 93	≤ 75	
Distancia a Áreas cultivables en zonas de regadio (m)												> 150	125- 150	100- 125	75- 100	50- 75	25- 50	0-25	≤ 0
Distancia a aerogenerador es ya instalados (m)												> 1200	1000- 1200	800- 1000	600- 800	400- 600	200- 400	≤ 200	
Fracción de cabida cubierta arbórea en entornos forestales (%)												< 20	20- 35	35- 50	50- 65	65- 80	≥ 80		
Distancia a fallas y contactos tectónicos (m)												> 500	340- 500	180- 340	20- 180	20- 180	≤ 20		
Distancia a autopistas, autovías y carreteras convencional es (m)												200- 1000 0	-	> 1000 0			≤ 200		
Distancia a líneas ferroviarias (m)													> 500	200- 500	≤ 200				
Distancia a las áreas restringidas por legislación autonómica y nacional ante parques eólicos (m)															> 0	≤ 0			
Distancia a áreas de flora amenazada															> 0	≤ 0			

10.2. Matriz de impacto

Se presenta la matriz de impacto en la Tabla 10.2-1:

Tabla 10.2-1.- Matriz de impacto (cada variable de impacto, por orden alfabético, con sus correspondientes valores).

IMPACTO	Muy alto -18	Alto -14	Medio -11	Bajo -7	Muy bajo -4	0	Muy bajo +4	Bajo +7	Medio +11	Alto +14	Muy alto +18
Área proyectada ante la posible declaración del Geoparque Médulas-Teleno (distancia, m)	-	-	-	-	≤ 0	> 0	-	-	-	-	-
Áreas sensibles ante colocación de eólicas de SEO/BirdLife (sensibilidad)	≥ 6	4; 5	1; 2; 3	-	-	0	-	-	-	-	-
Áreas Vegetales de Gran Importancia (VIPAs) (valor)	4; 5	2; 3	1	-	-	0	-	-	-	-	-
Ámbito total de los Planes de recuperación del oso pardo cantábrico y del urogallo cantábrico (distancia, m)	≤ 0	-	-	-	-	> 0	-	-	-	-	-
Cotos cinegéticos asociados a presencia de lobo ibérico (distancia, m)	-	-	-	-	≤ 0	> 0	-	-	-	-	-
Cuencas visuales (territorios visibles) desde puntos clave de núcleos de población y carreteras con alcance visual de 10 km y tomando una altura de aerogenerador imaginario de 100 m sobre la superficie del modelo digital de elevaciones y teniendo en cuenta la altura de visión de 1,70 m (nº de lugares desde los que se observa)	-	-	-	≥ 11	1-10	0	-	-	-	-	-
Estados erosivos (valor)	7	6	5	4	3	1; 2; 8	-	-	-	-	-
Gran Conector Ecológico UICN: Sierras del Norte de Portugal - Cordillera Cantábrica - Pirineos - Macizo Central - Alpes Occidentales (distancia, m)	-	≤ 0	-	-	-	> 0	-	-	-	-	-
Hábitat actual y de potencial expansión del oso pardo cantábrico - <i>Ursus arctos pyrenaicus</i> - (distancia, m)	≤ 0	-	-	-	-	> 0	-	-	-	-	-
Hábitat actual, conectividad y áreas de potencial expansión del urogallo cantábrico - <i>Tetrao urogallus cantabricus</i> - (distancia, m)	≤ 0	-	-	-	-	> 0	-	-	-	-	-
Hábitats de Interés Comunitario (HIC) (Directiva Hábitat 92/43/CEE) (tipo)	Prioritarios	-	No prioritarios	-	-	Neutr o	-	-	-	-	-
Probabilidad de deslizamientos en laderas (valor)	5	4	3	2	-	1	-	-	-	-	-
Puertos de montaña (distancia, m)	-	-	-	≤ 300	-	> 300	-	-	-	-	-
Red eléctrica (distancia, m)	-	-	≤ 100	-	-	100-250; > 10000	-	1000-10000	250-1000	-	-

Sensibilidad de Aves Planeadoras de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas (sensibilidad)	Alta	-	Media	-	-	Baja	-	-	-	-	-	-
Sensibilidad de Montes de Utilidad Pública de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas (sensibilidad)	-	-	Alta	Media	-	Neutra	-	-	-	-	-	-
Velocidad del viento considerada por el estándar internacional UNE-EN IEC 61400-1:2020 (m/s)	-	-	-	-	-	< 6	-	≥ 6	-	-	-	-
Zonas de Alto Riesgo de Incendios (ZARI) (distancia, m)	-	-	-	-	≤ 0	> 0	-	-	-	-	-	-
Zonas de Protección de la Avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión (ZPA) (distancia, m)	-	-	≤ 0	-	-	> 0	-	-	-	-	-	-
Zonas Importantes para los Mamíferos de España (ZIM) (distancia, m)	-	≤ 0	-	-	-	> 0	-	-	-	-	-	-
Zonas inundables de probabilidad baja o excepcional (periodo de retorno T=500 años) (distancia, m)	-	-	-	-	≤ 0	> 0	-	-	-	-	-	-

11. Anexo V: Cartografía de valoración de aptitud y de impacto y mapas resultantes de valores de aptitud, de impacto y de capacidad de acogida

11.1. Cartografía de valoración de aptitud

Se presenta la cartografía de las 34 capas de valoración de aptitud, de acuerdo al orden de la matriz de aptitud, en las siguientes Figuras 11.1-1 a 11.1-34:

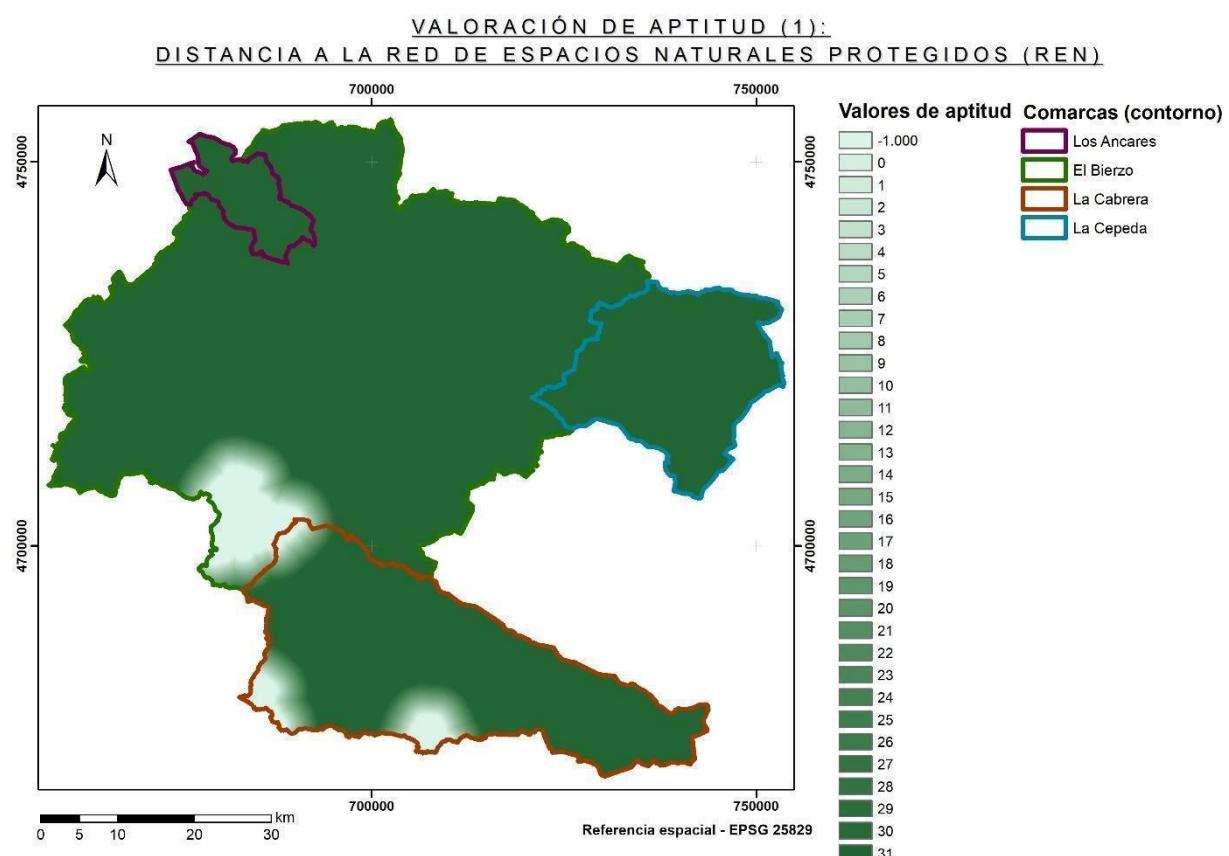


Figura 11.1-1.- Cartografía de valoración de aptitud (1): distancia a la Red de Espacios Naturales protegidos (REN).

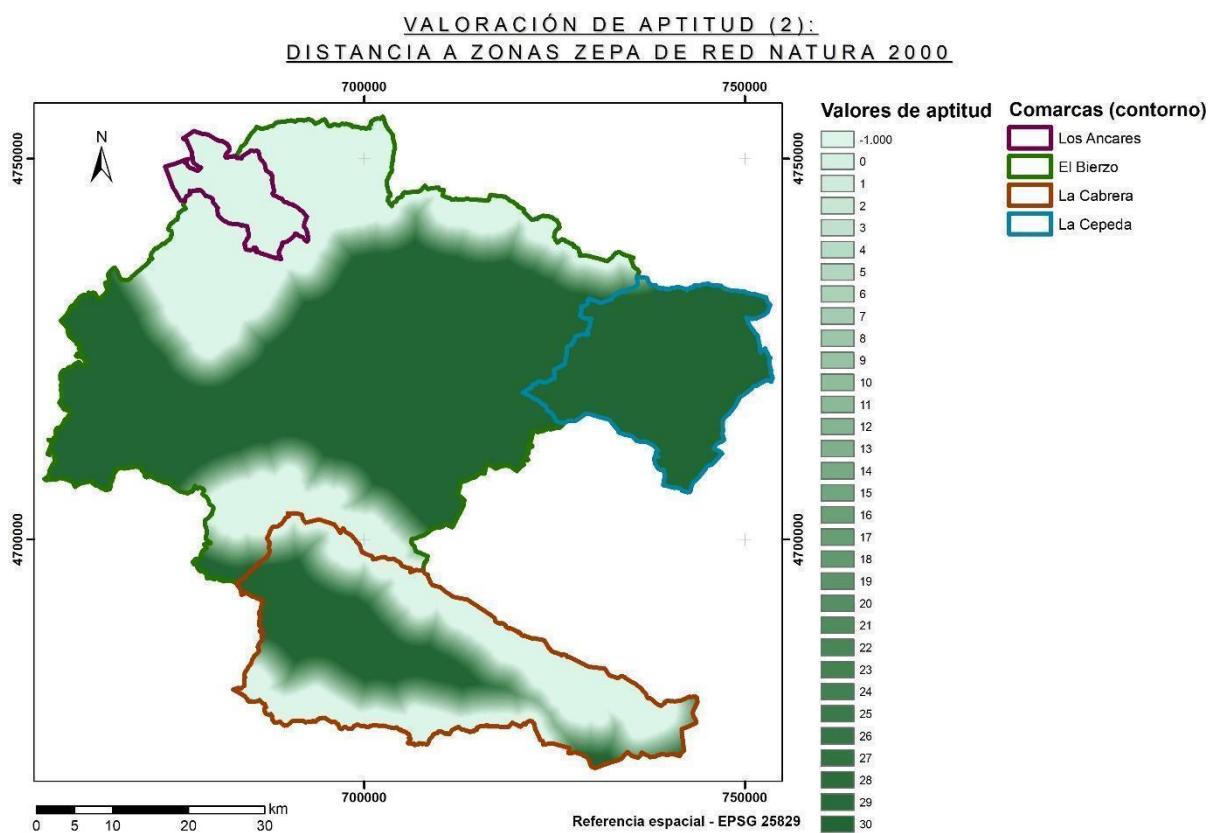


Figura 11.1-2.- Cartografía de valoración de aptitud (2): distancia a zonas ZEPA de Red Natura 2000.

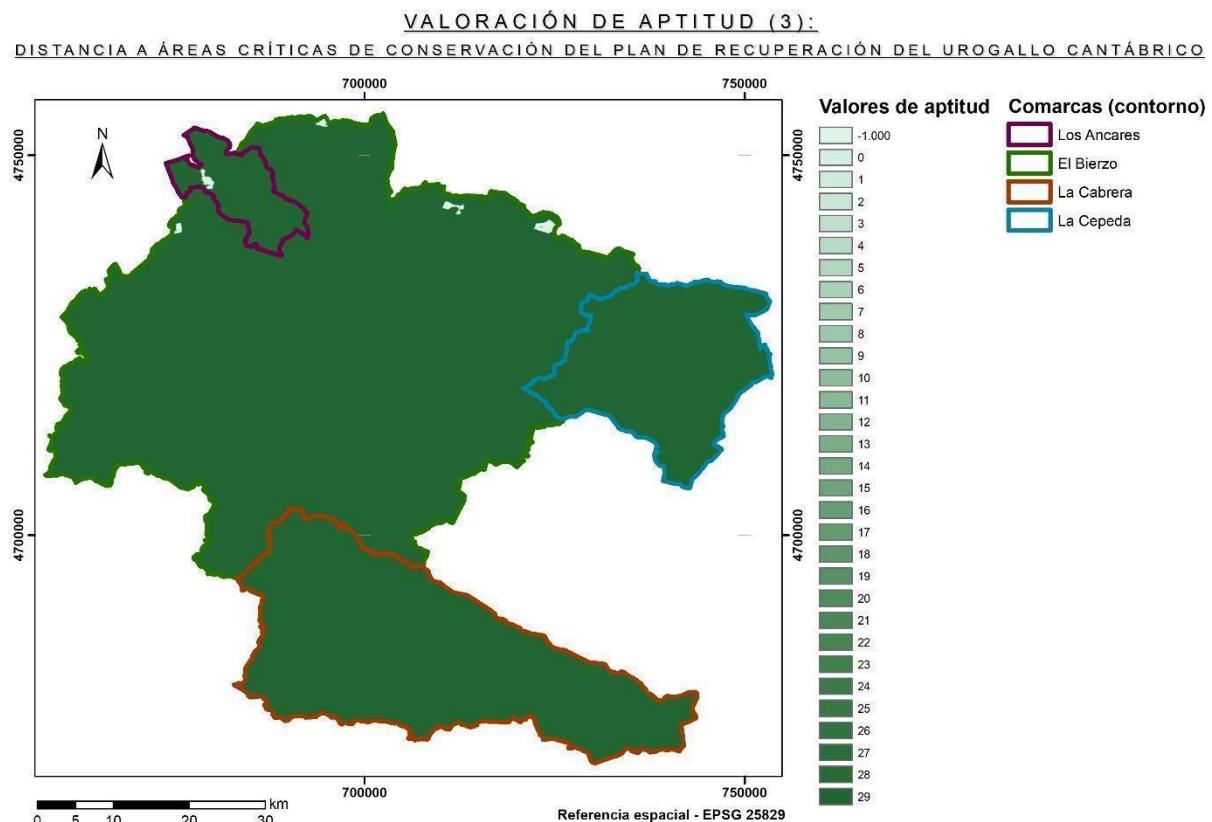


Figura 11.1-3.- Cartografía de valoración de aptitud (3): distancia a áreas críticas de conservación del Plan de recuperación del urogallo cantábrico.

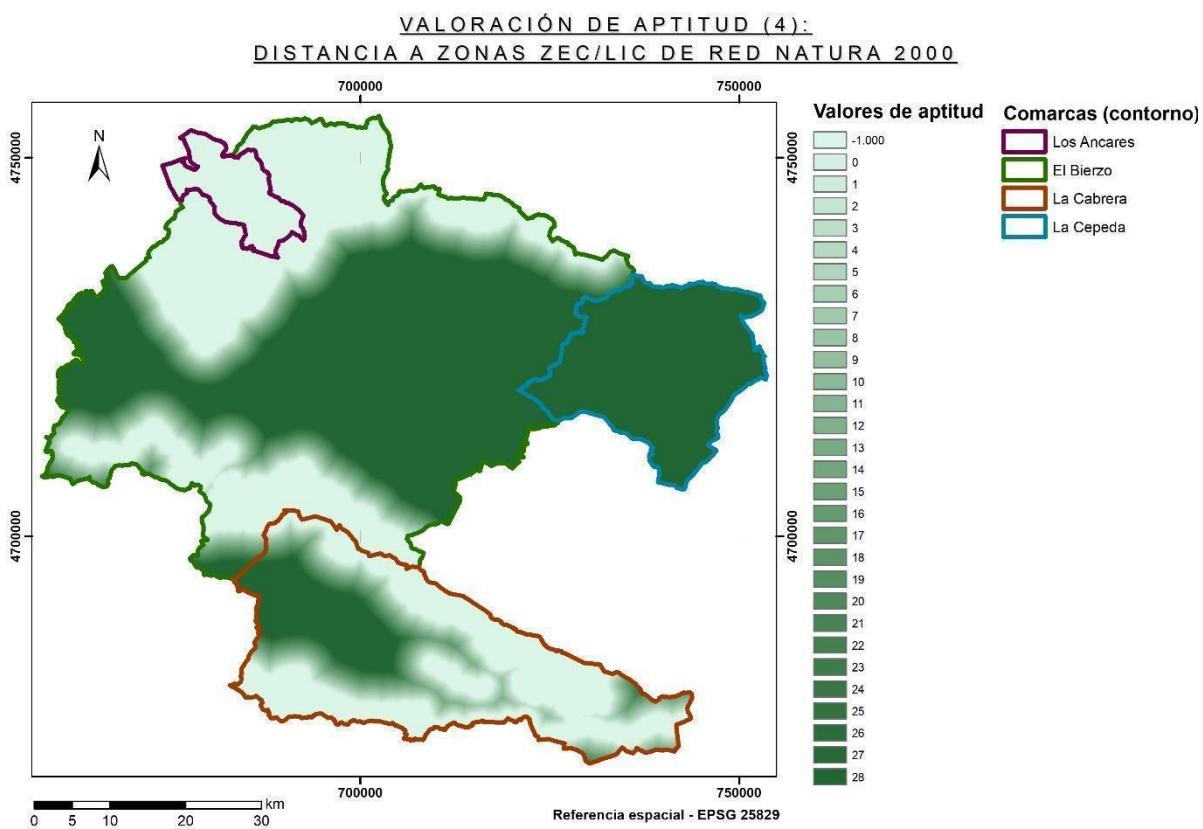


Figura 11.1-4.- Cartografía de valoración de aptitud (4): distancia a zonas ZEC/LIC de Red Natura 2000.

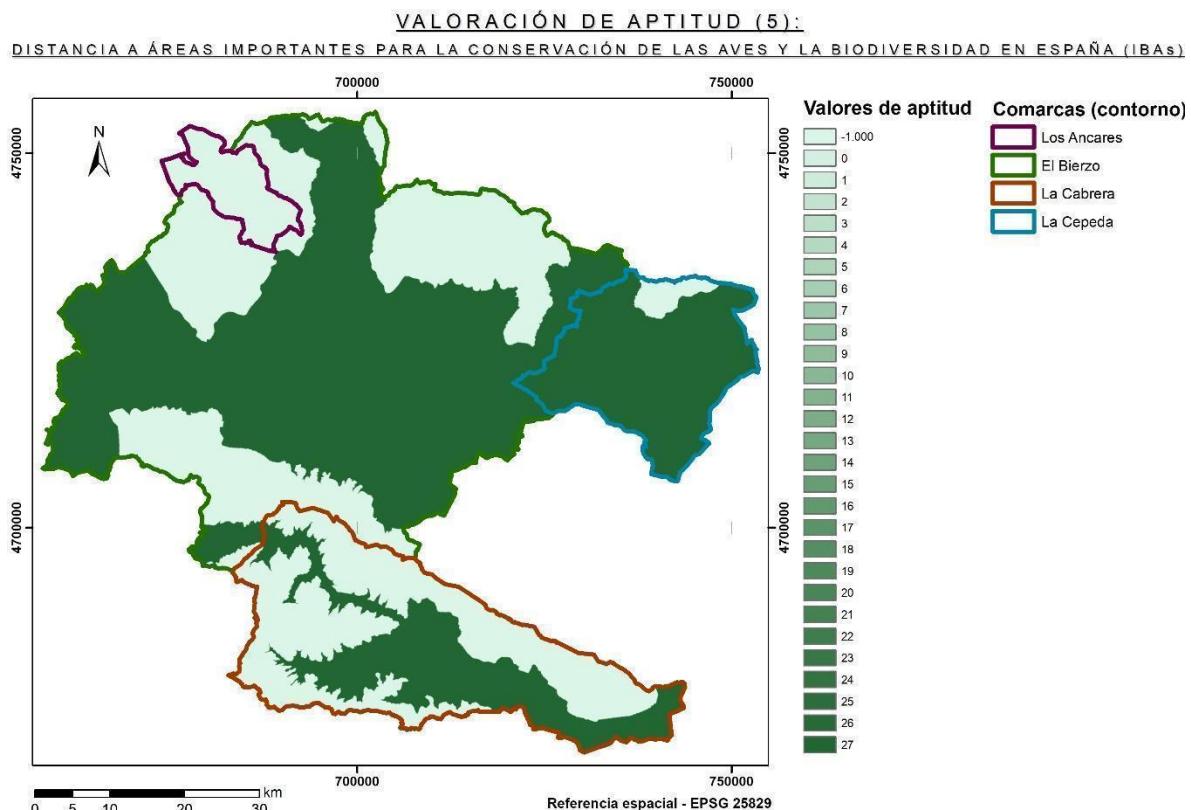


Figura 11.1-5.- Cartografía de valoración de aptitud (5): distancia a Áreas Importantes para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad en España (IBAs).

**VALORACIÓN DE APTITUD (6):
DISTANCIA AL CORREDOR ECOLÓGICO DEL CANTÁBRICO**

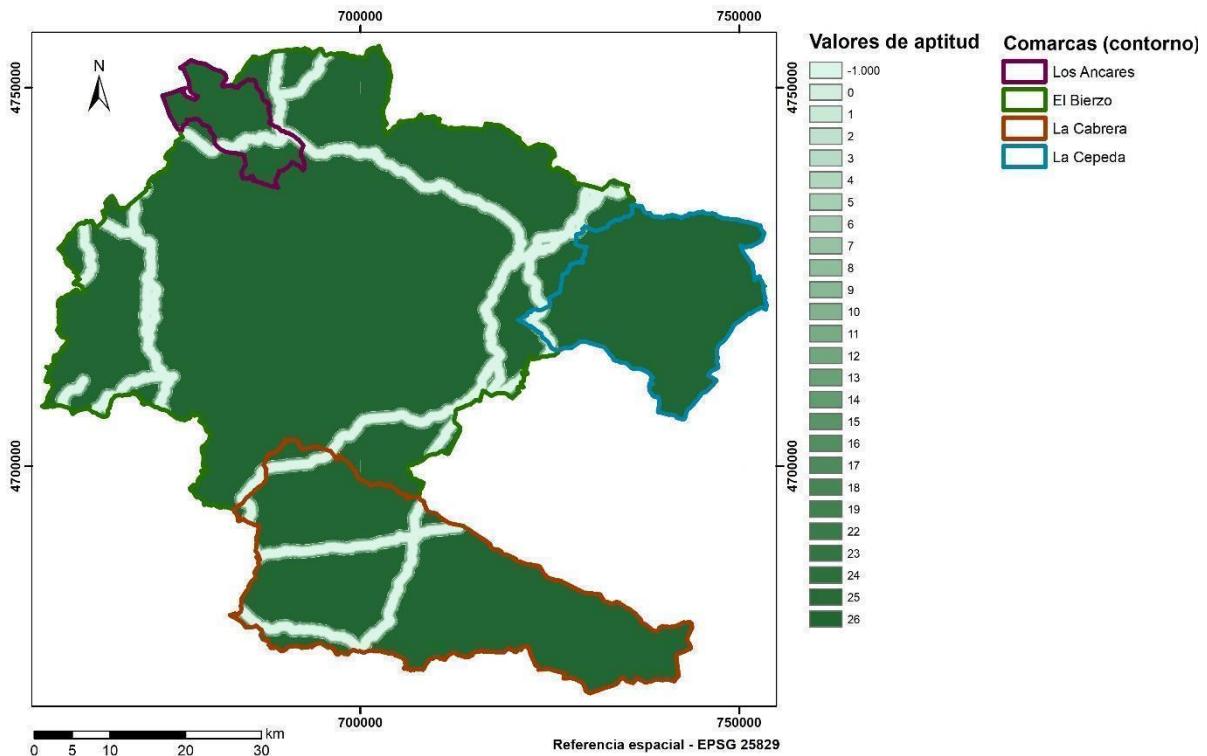


Figura 11.1-6.- Cartografía de valoración de aptitud (6): distancia al Corredor Ecológico del Cantábrico.

**VALORACIÓN DE APTITUD (7):
DISTANCIA A LAS ÁREAS SENSIBLES DE CONSERVACIÓN DE LOS PLANES DE RECUPERACIÓN
DEL UROGALLO CANTÁBRICO Y DEL OSO PARDO CANTÁBRICO**

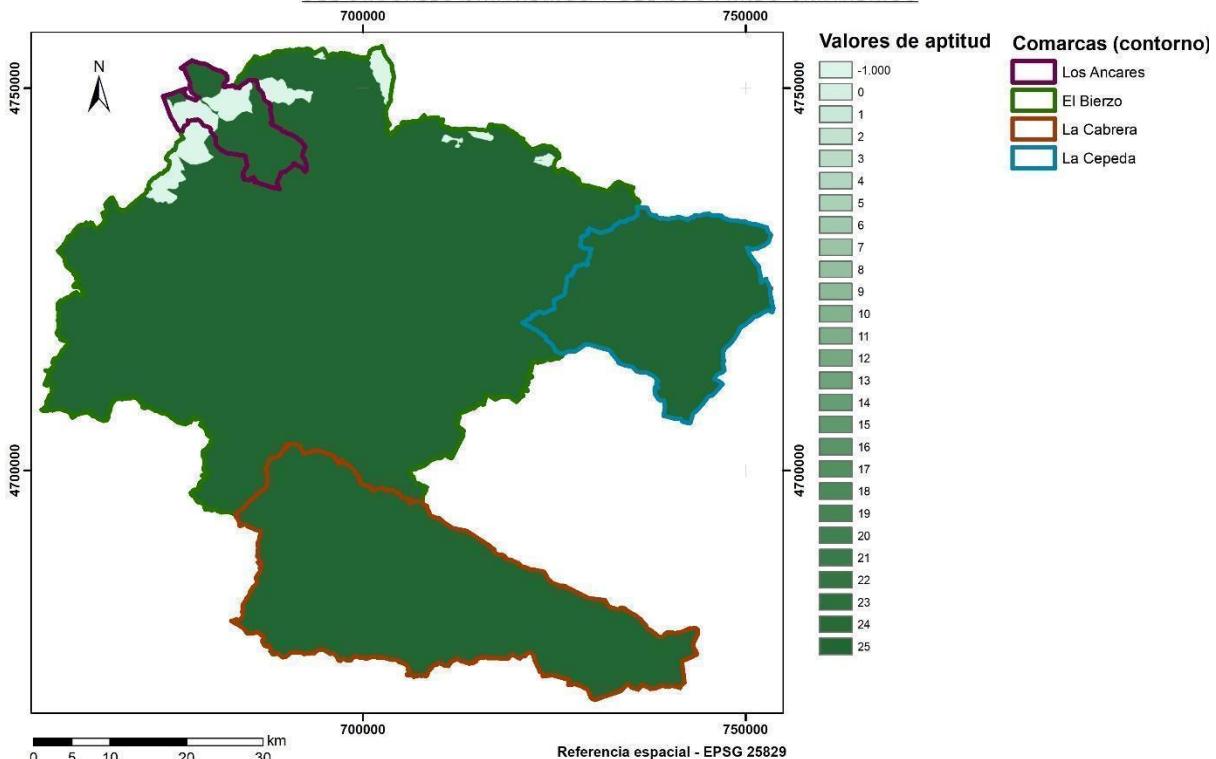


Figura 11.1-7.- Cartografía de valoración de aptitud (7): distancia a las áreas sensibles de conservación de los Planes de recuperación del urogallo cantábrico y del oso pardo cantábrico.

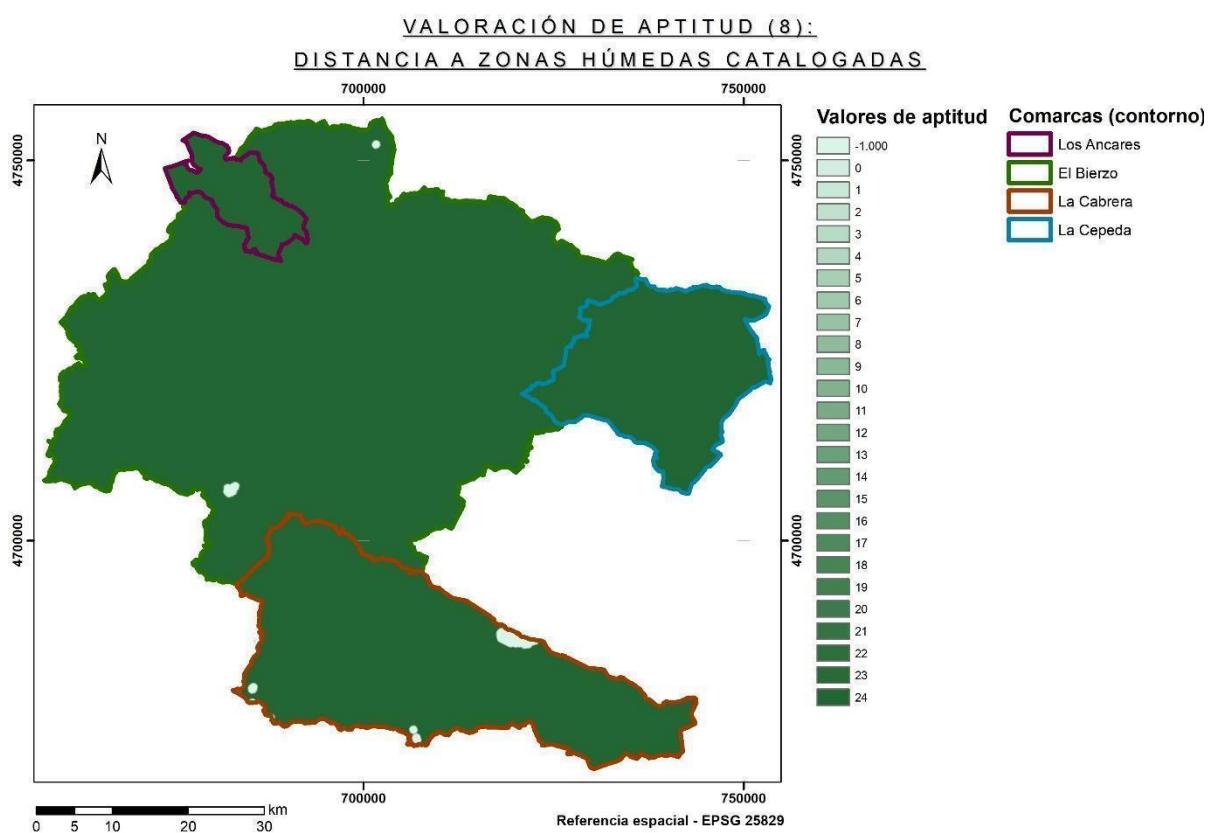


Figura 11.1-8.- Cartografía de valoración de aptitud (8): distancia a Zonas Húmedas Catalogadas.

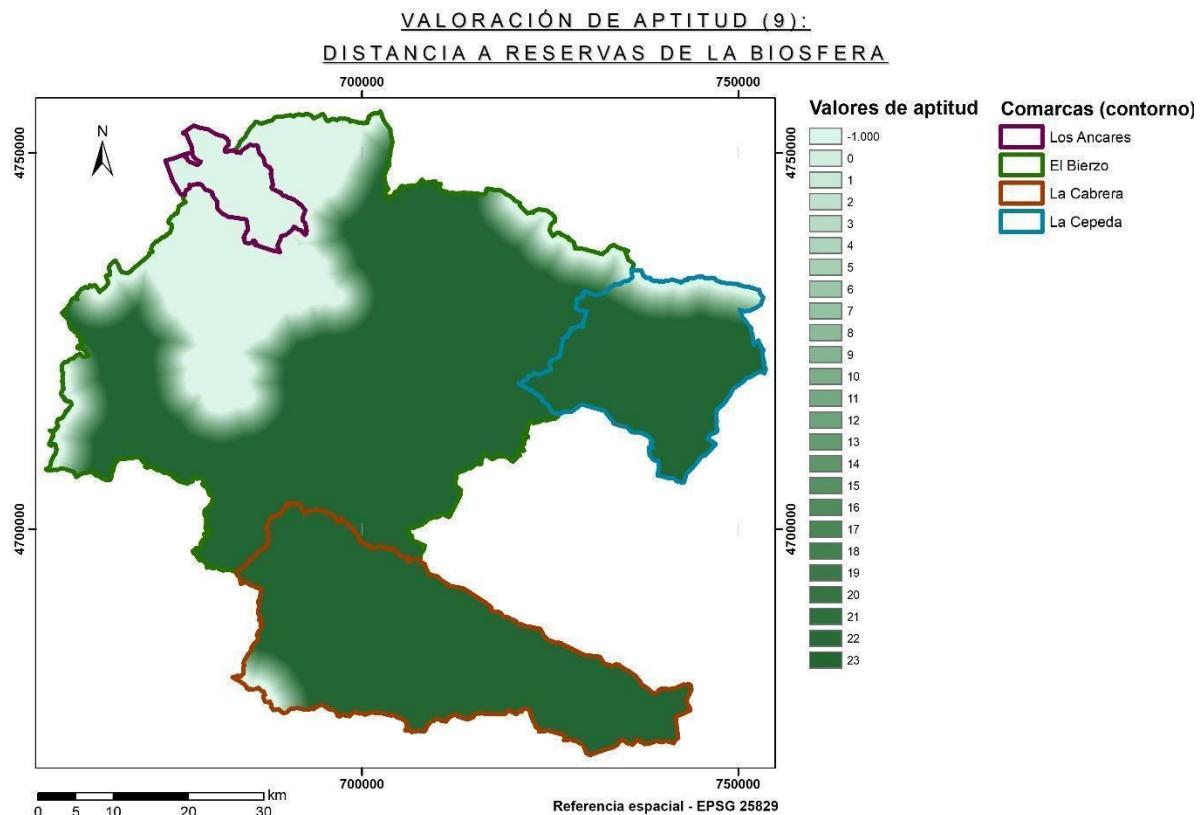


Figura 11.1-9.- Cartografía de valoración de aptitud (9): distancia a Reservas de la Biosfera.

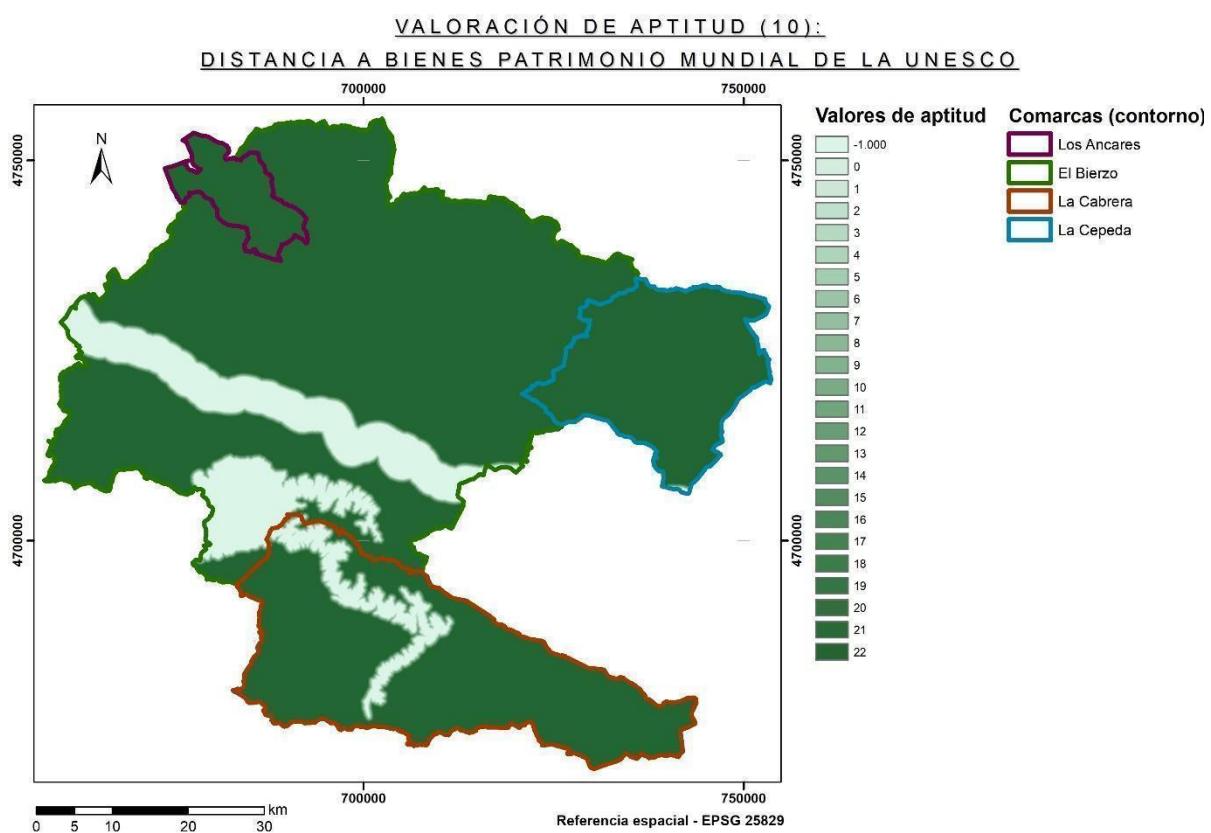


Figura 11.1-10.- Cartografía de valoración de aptitud (10): distancia a Bienes Patrimonio Mundial de la UNESCO.

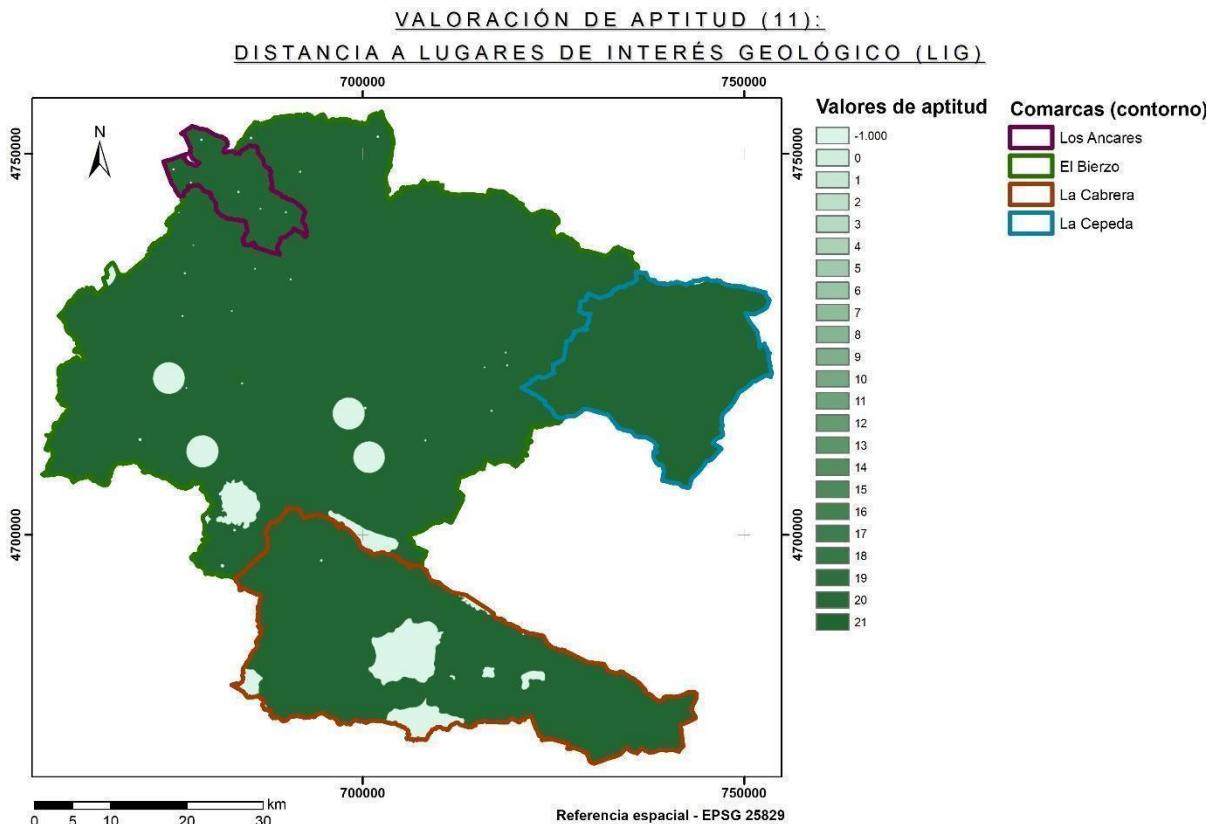


Figura 11.1-11.- Cartografía de valoración de aptitud (11): distancia a Lugares de Interés Geológico.

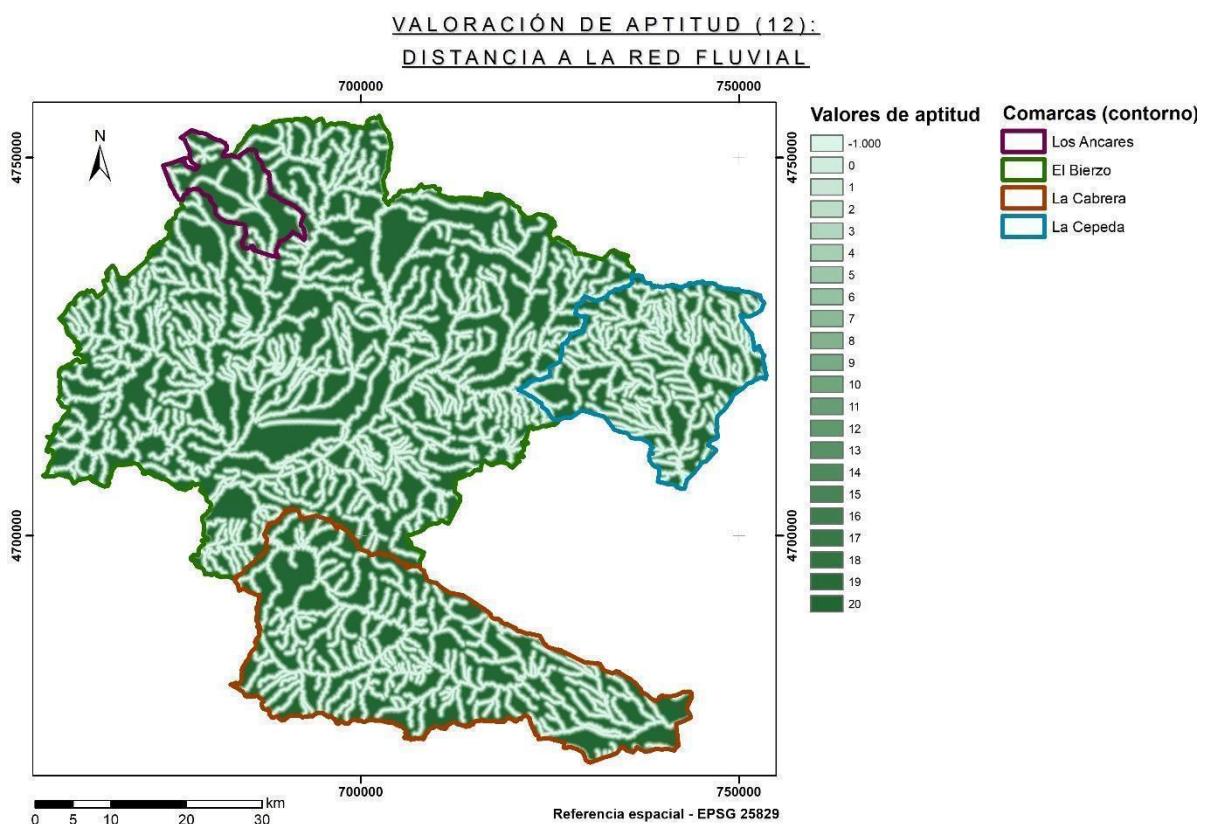


Figura 11.1-12.- Cartografía de valoración de aptitud (12): distancia a la red fluvial.

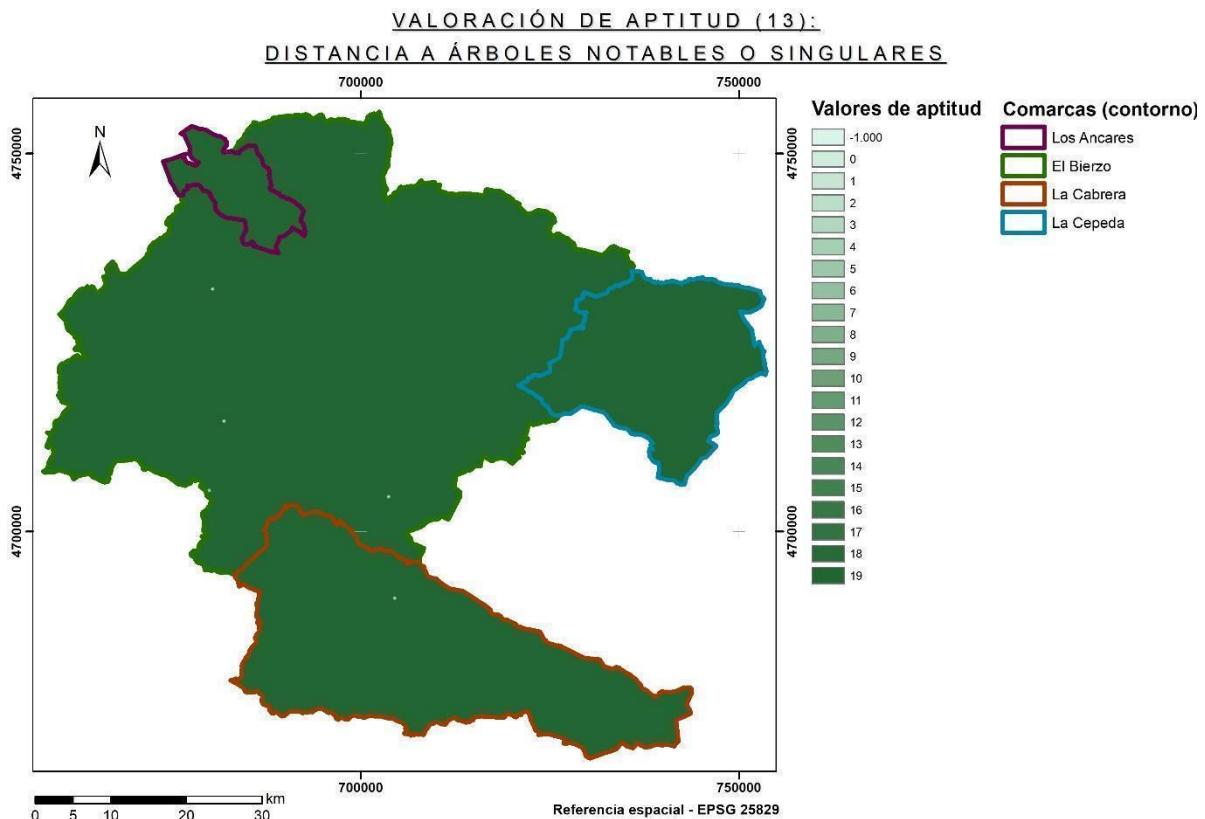


Figura 11.1-13.- Cartografía de valoración de aptitud (13): distancia a árboles notables o singulares.

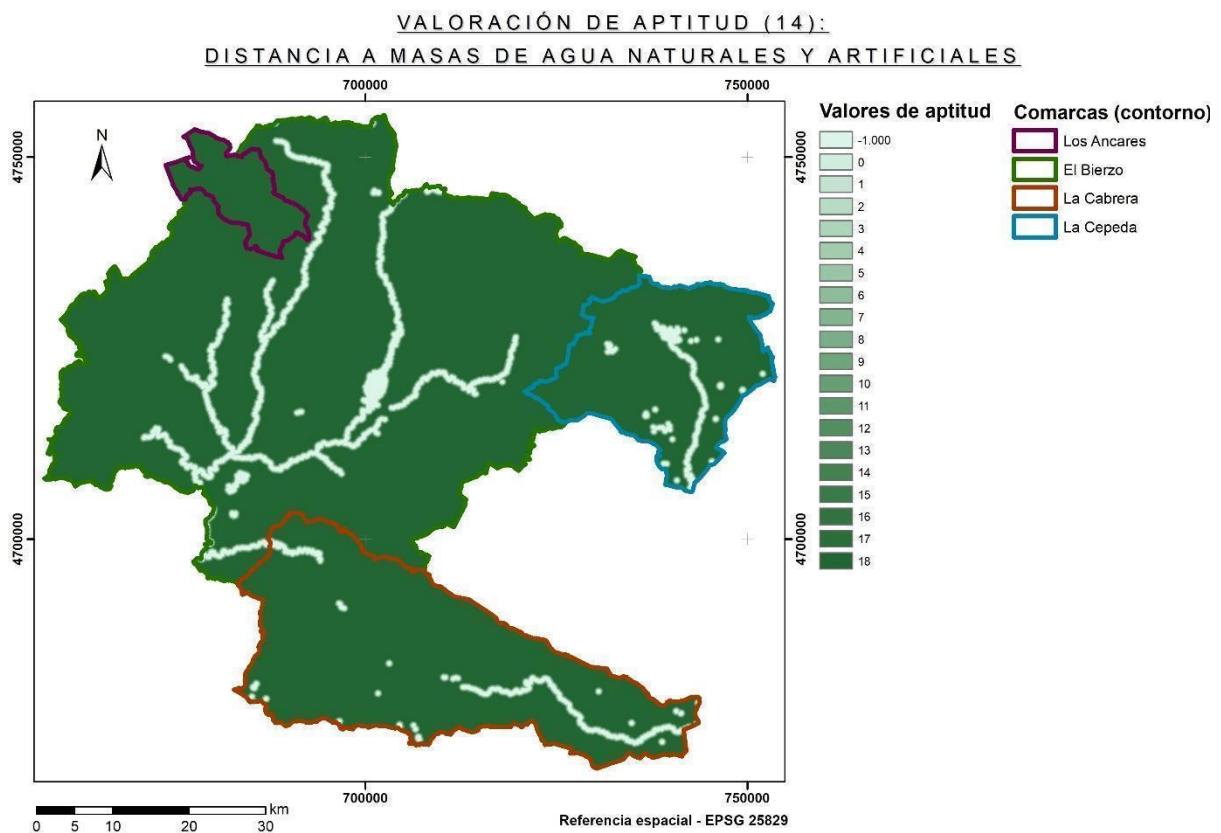


Figura 11.1-14.- Cartografía de valoración de aptitud (14): distancia a masas de agua naturales y artificiales.

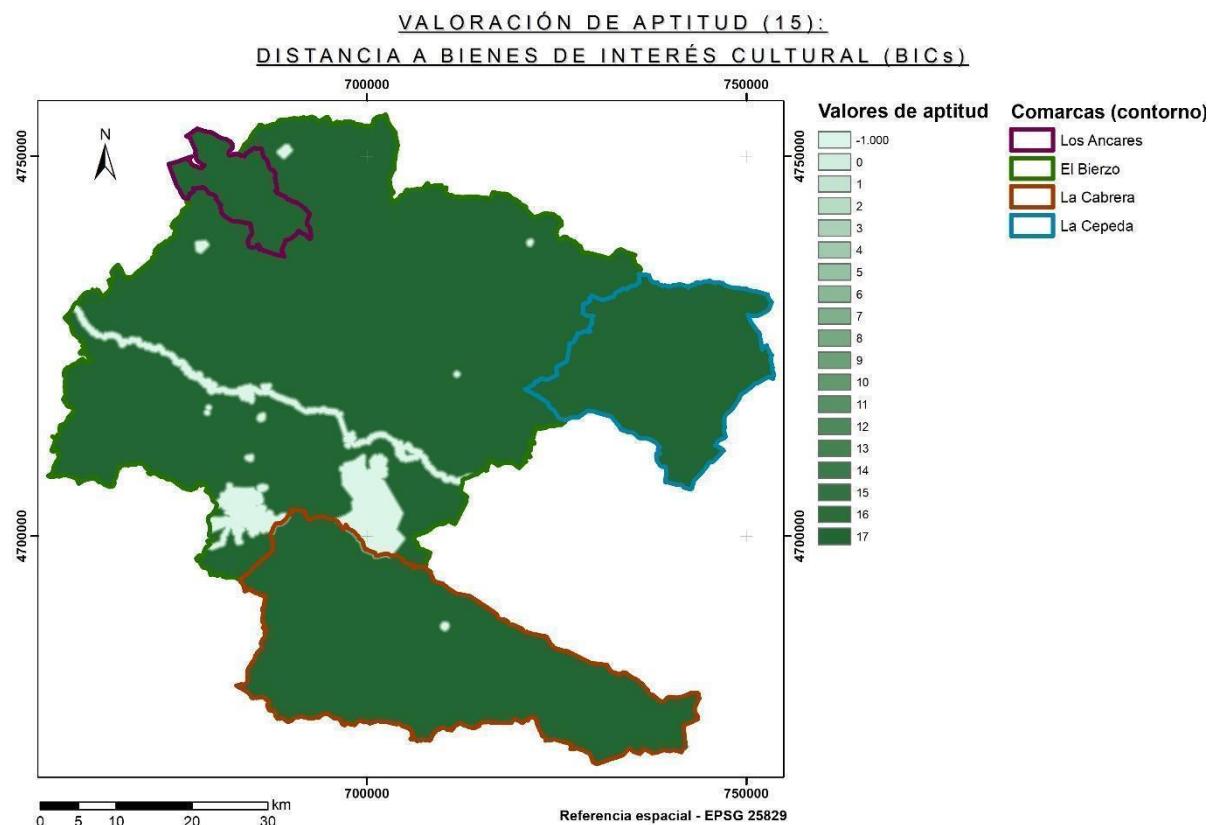


Figura 11.1-15.- Cartografía de valoración de aptitud (15): distancia a Bienes de Interés Cultural (BICs).

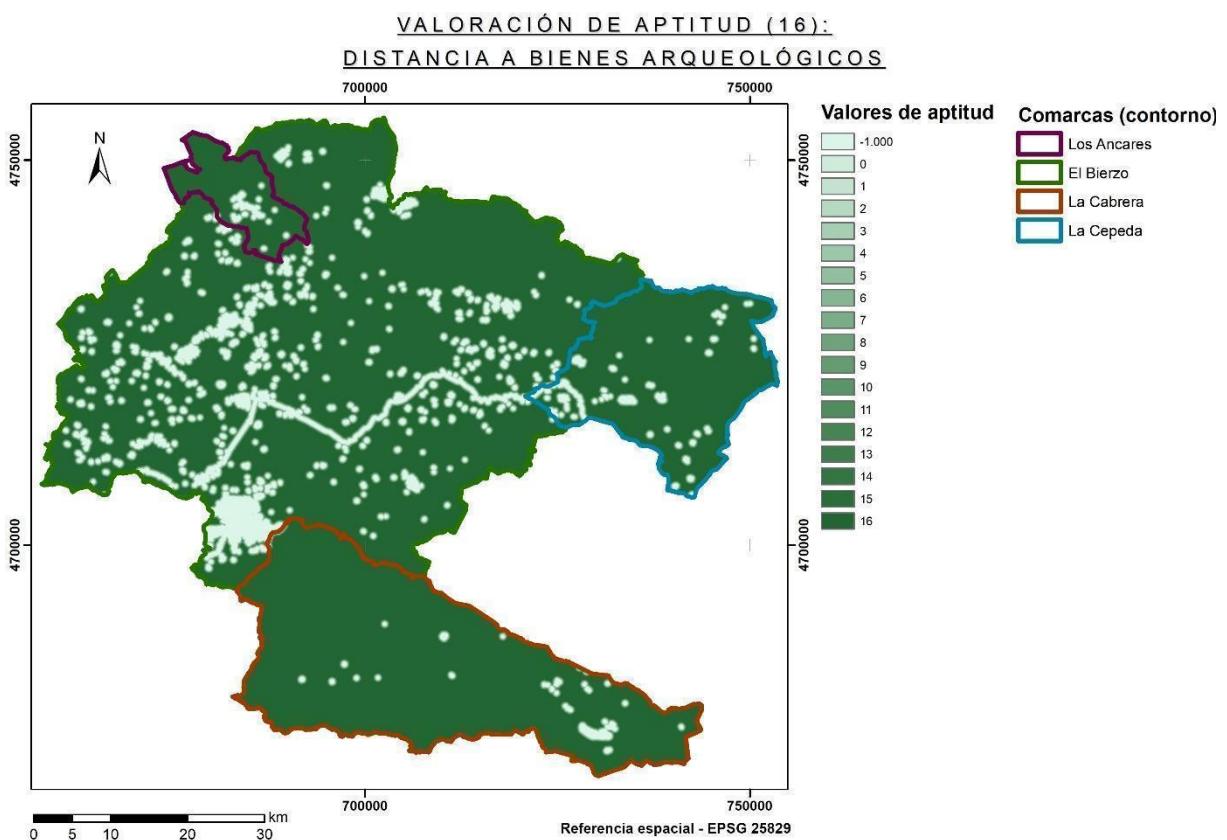


Figura 11.1-16.- Cartografía de valoración de aptitud (16): distancia a bienes arqueológicos.

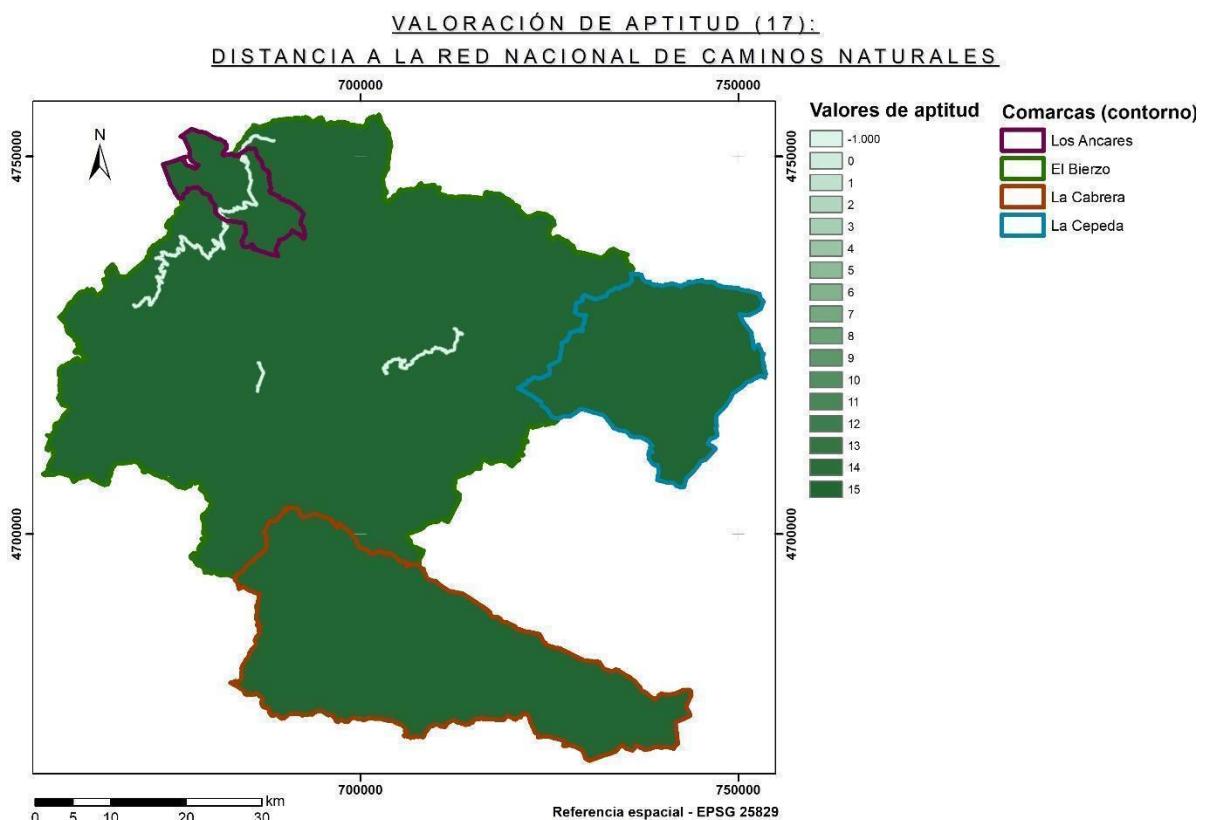


Figura 11.1-4.- Cartografía de valoración de aptitud (17): distancia a la Red Nacional de Caminos Naturales.

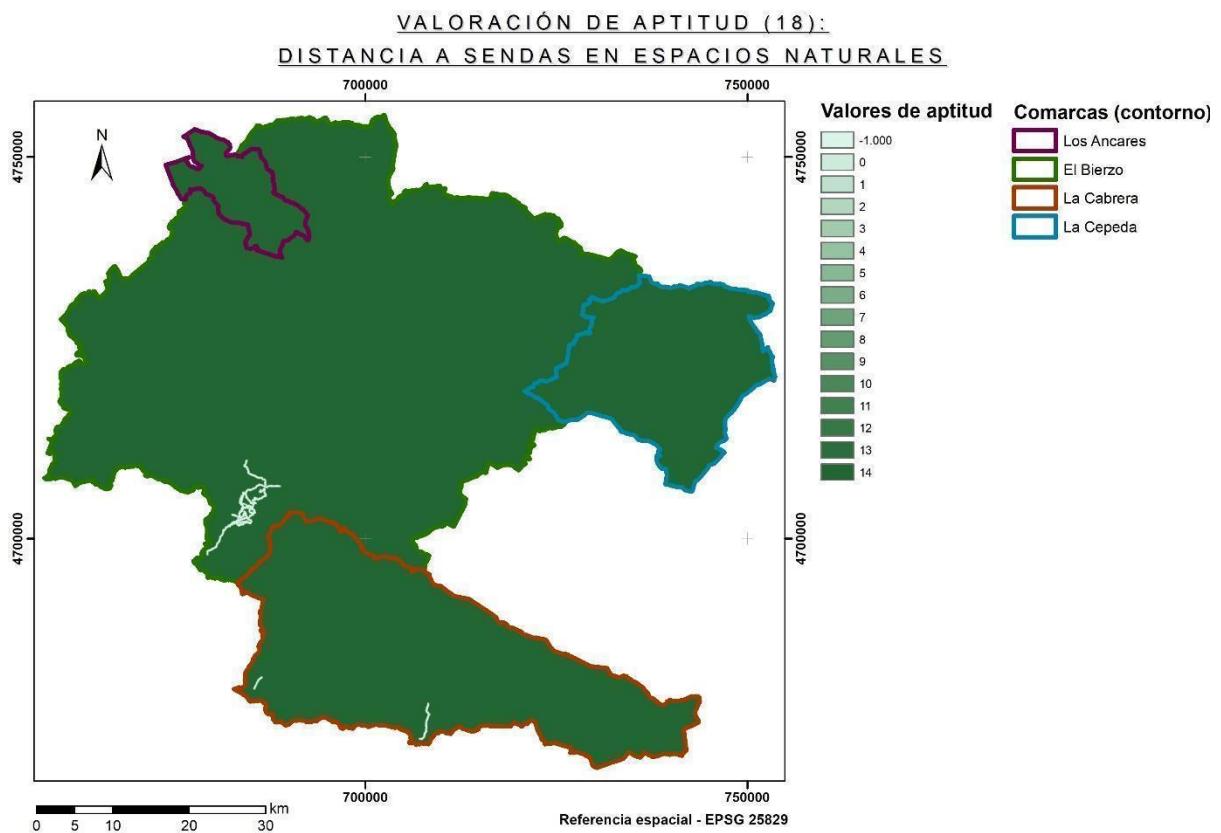


Figura 11.1-18.- Cartografía de valoración de aptitud (18): distancia a sendas en espacios naturales.

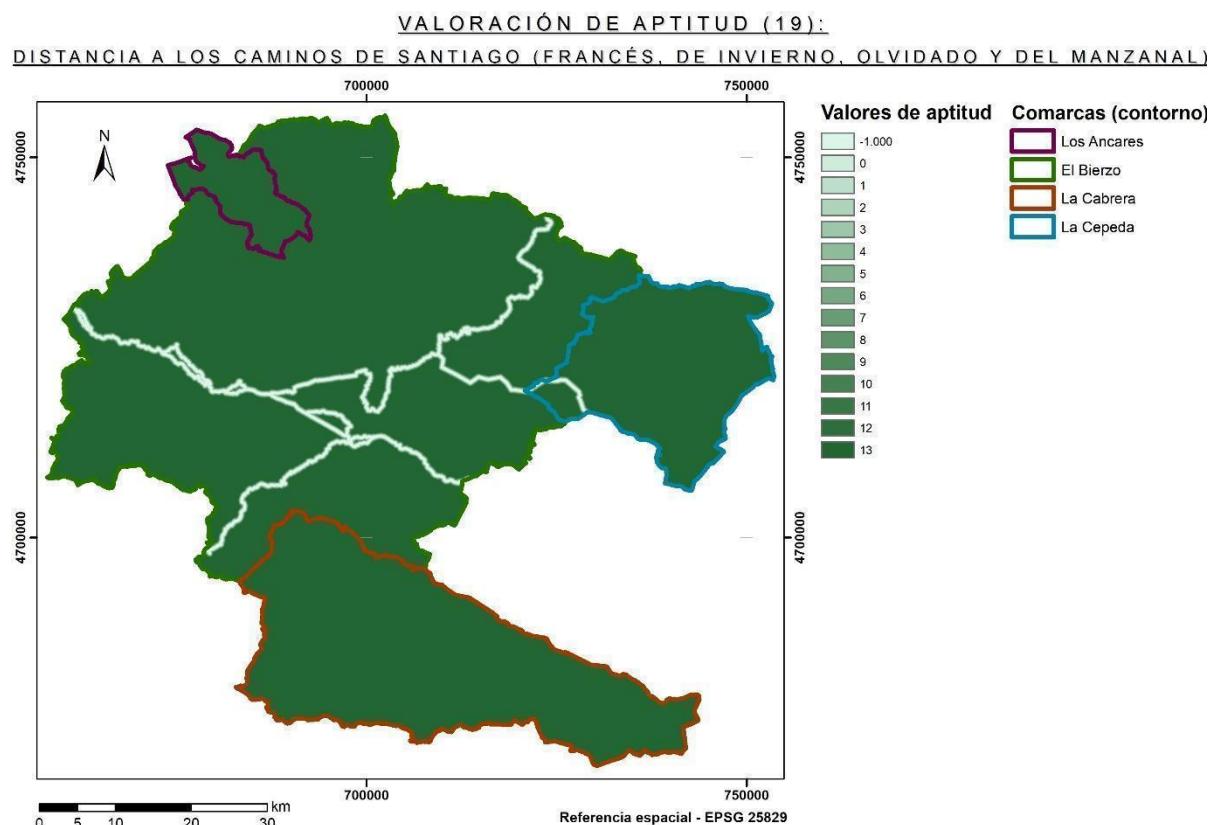


Figura 11.1-19.- Cartografía de valoración de aptitud (19): distancia a los Caminos de Santiago (Francés, de Invierno, Olvidado y del Manzanal).

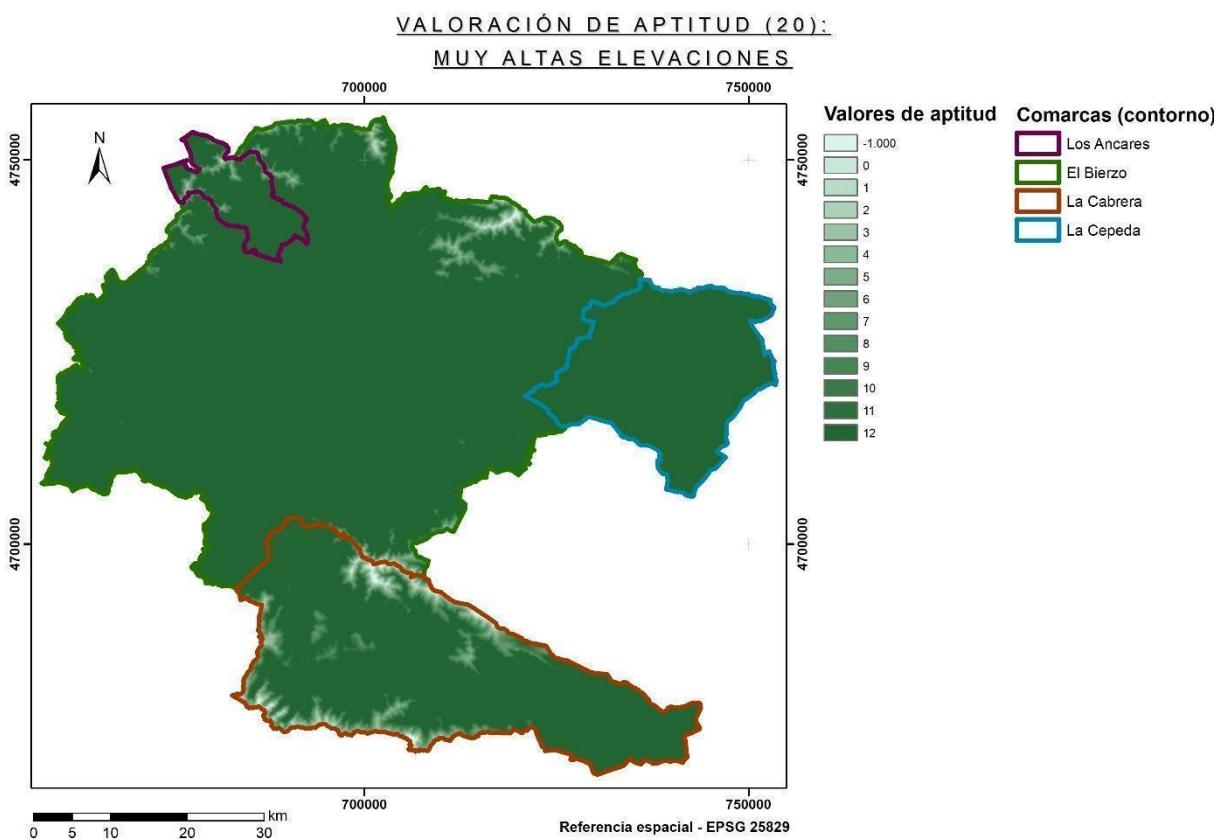


Figura 11.1-20.- Cartografía de valoración de aptitud (20): muy altas elevaciones.

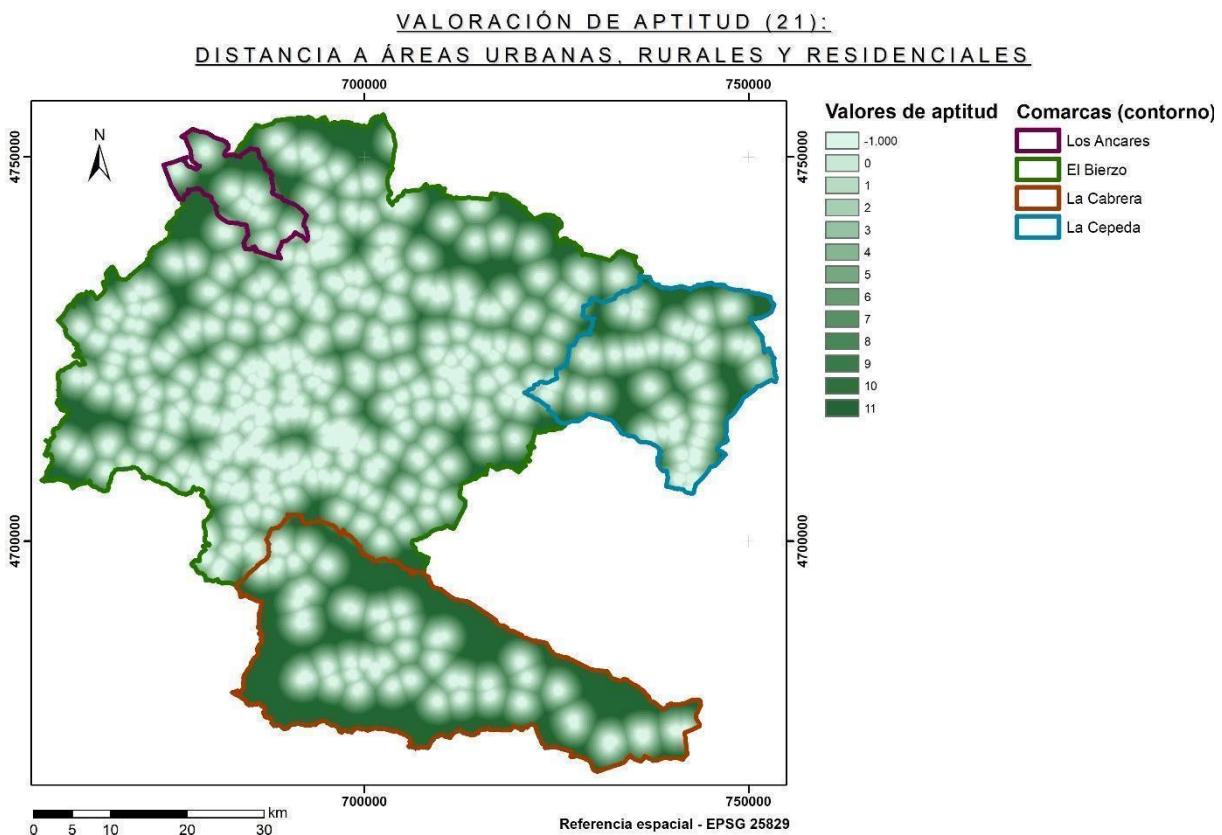


Figura 11.1-21.- Cartografía de valoración de aptitud (21): distancia a áreas urbanas, rurales y residenciales.

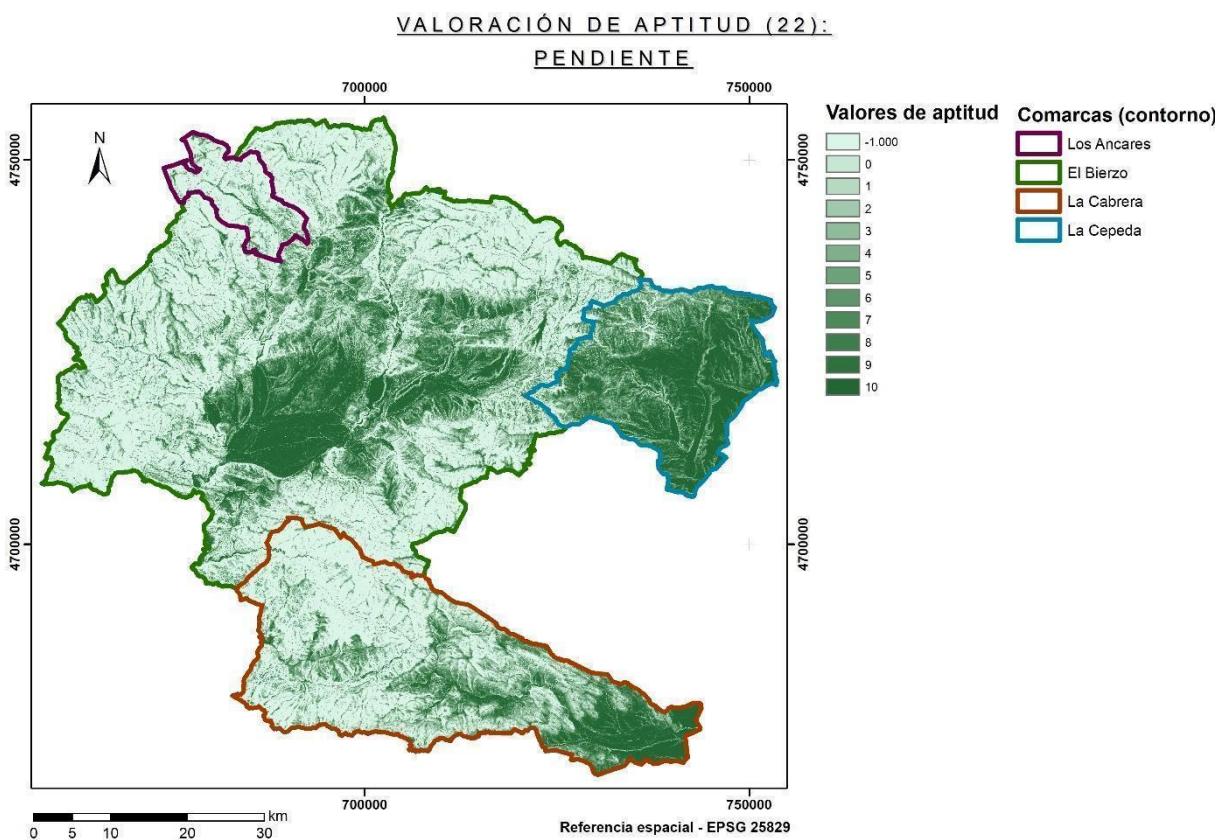


Figura 11.1-22.- Cartografía de valoración de aptitud (22): pendiente.

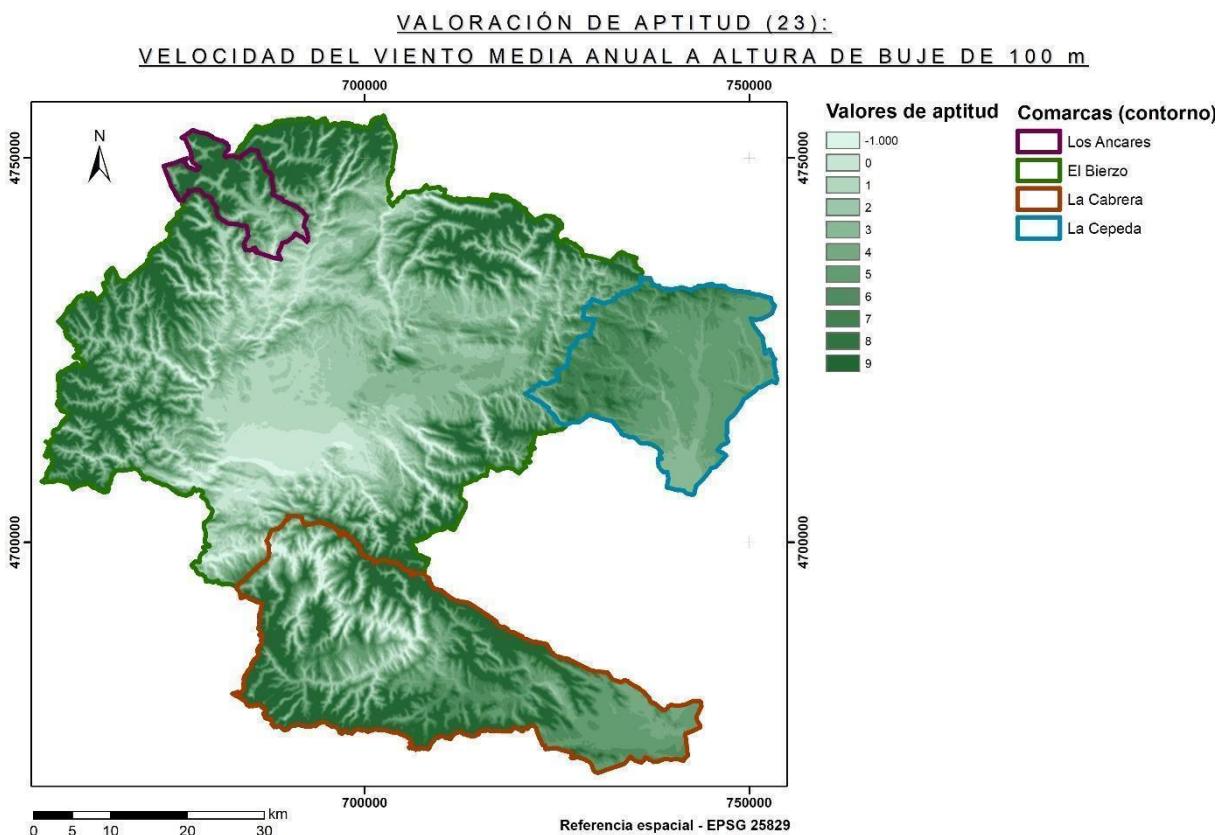


Figura 11.1-23.- Cartografía de valoración de aptitud (23): velocidad del viento media anual a altura de buje de 100 m.

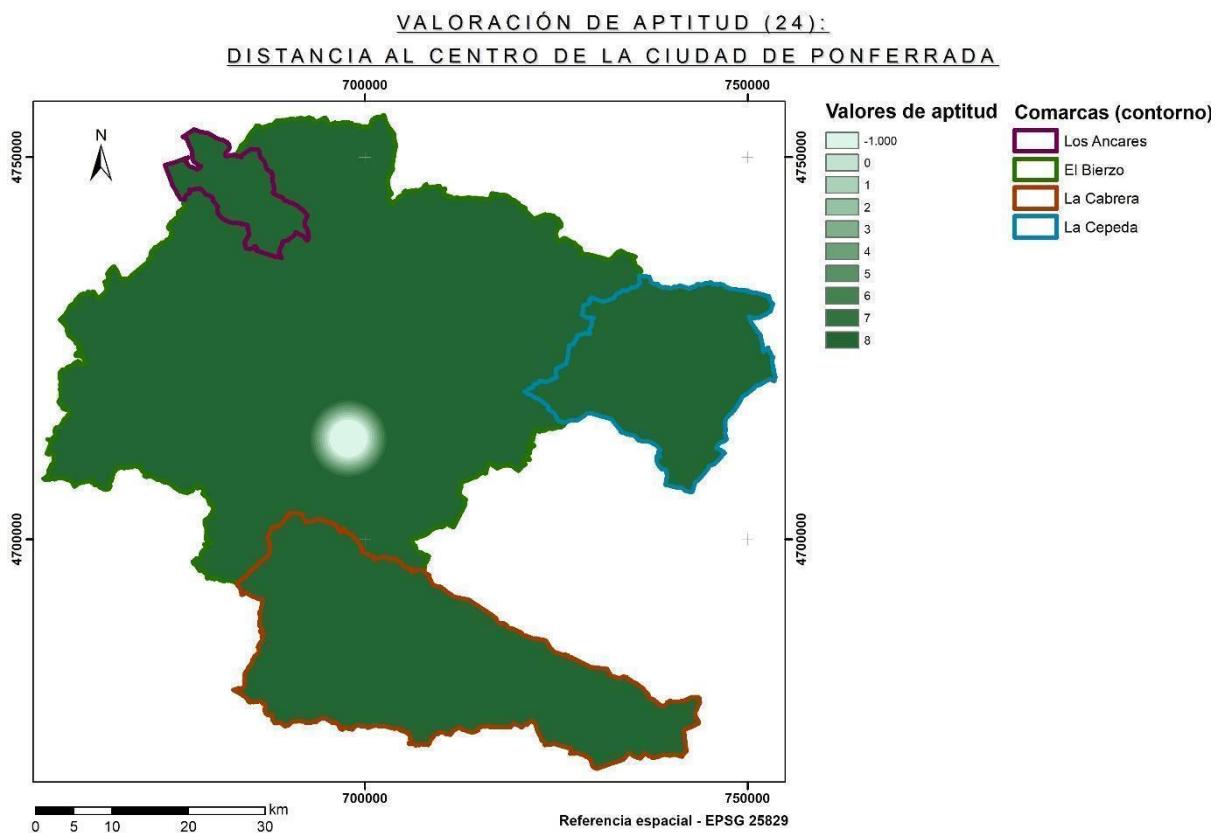


Figura 11.1-24.- Cartografía de valoración de aptitud (24): distancia al centro de la ciudad de Ponferrada.

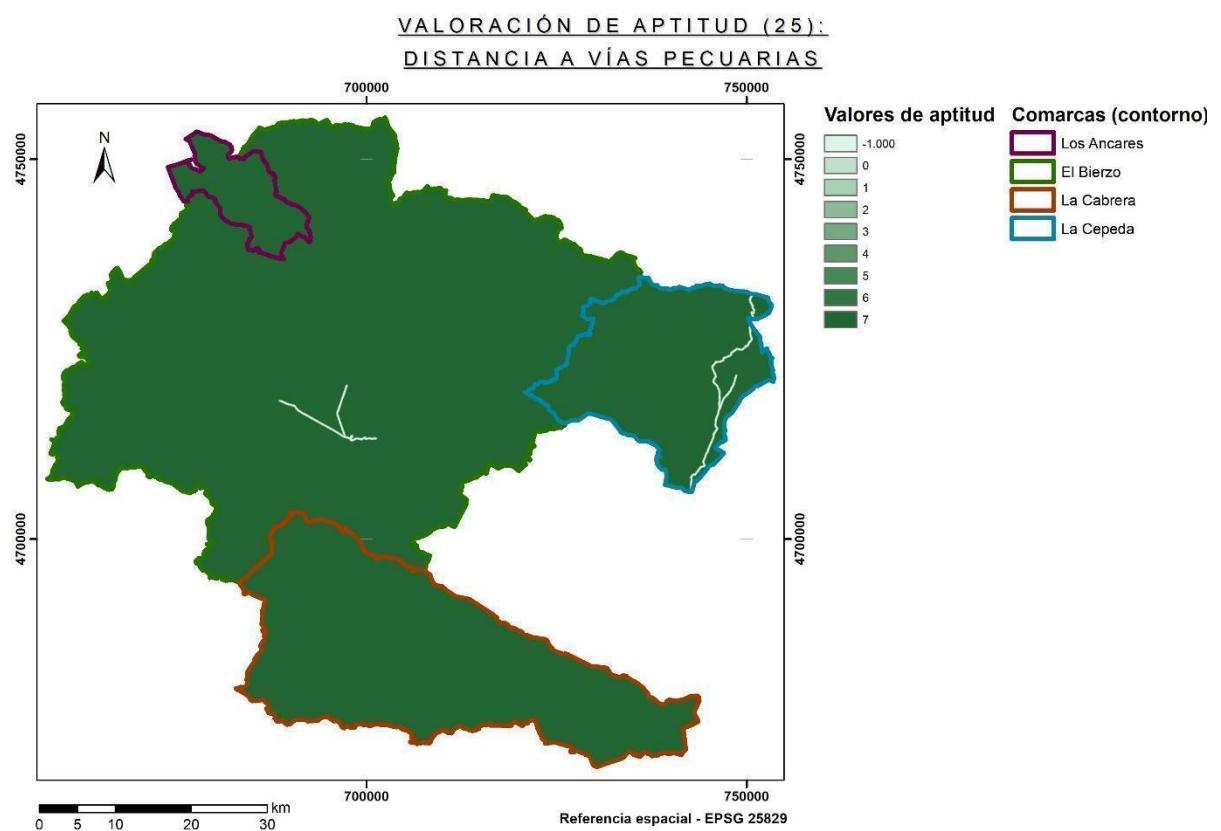


Figura 11.1-25.- Cartografía de valoración de aptitud (25): distancia a vías pecuarias.

VALORACIÓN DE APTITUD (26):
DISTANCIA A ÁREAS CULTIVABLES EN ZONAS DE REGADÍO

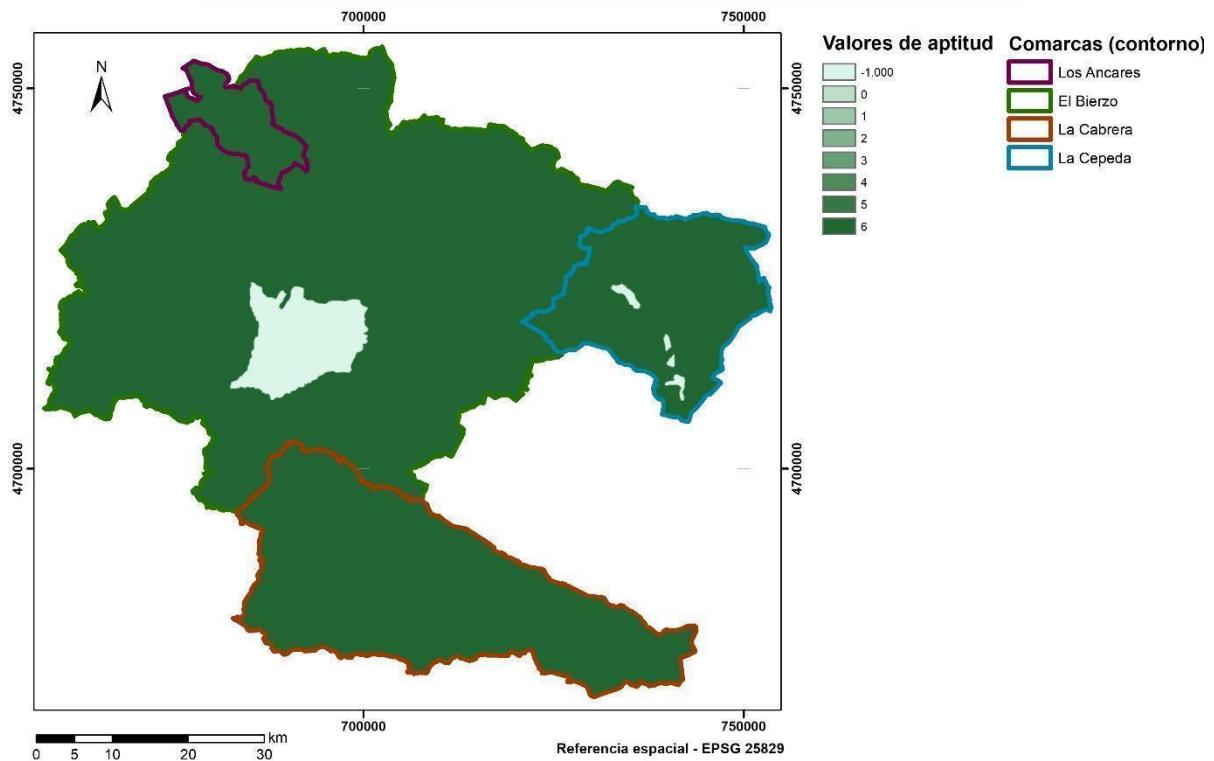


Figura 11.1-26.- Cartografía de valoración de aptitud (26): distancia a áreas cultivables en zonas de regadío.

VALORACIÓN DE APTITUD (27):
DISTANCIA A AEROGENERADORES YA INSTALADOS

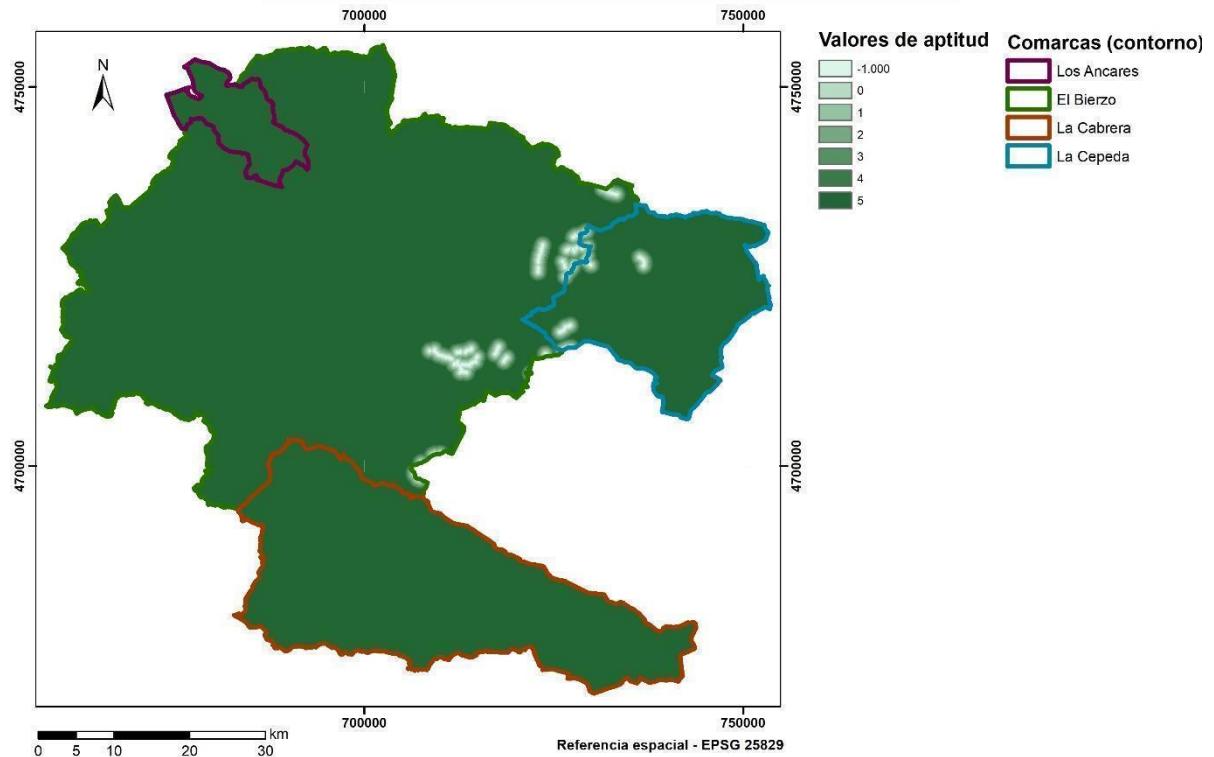


Figura 11.1-27.- Cartografía de valoración de aptitud (27): distancia a aerogeneradores ya instalados.

VALORACIÓN DE APTITUD (28):

FRACCIÓN DE CABIDA CUBIERTA ARBÓREA EN ENTORNOS FORESTALES

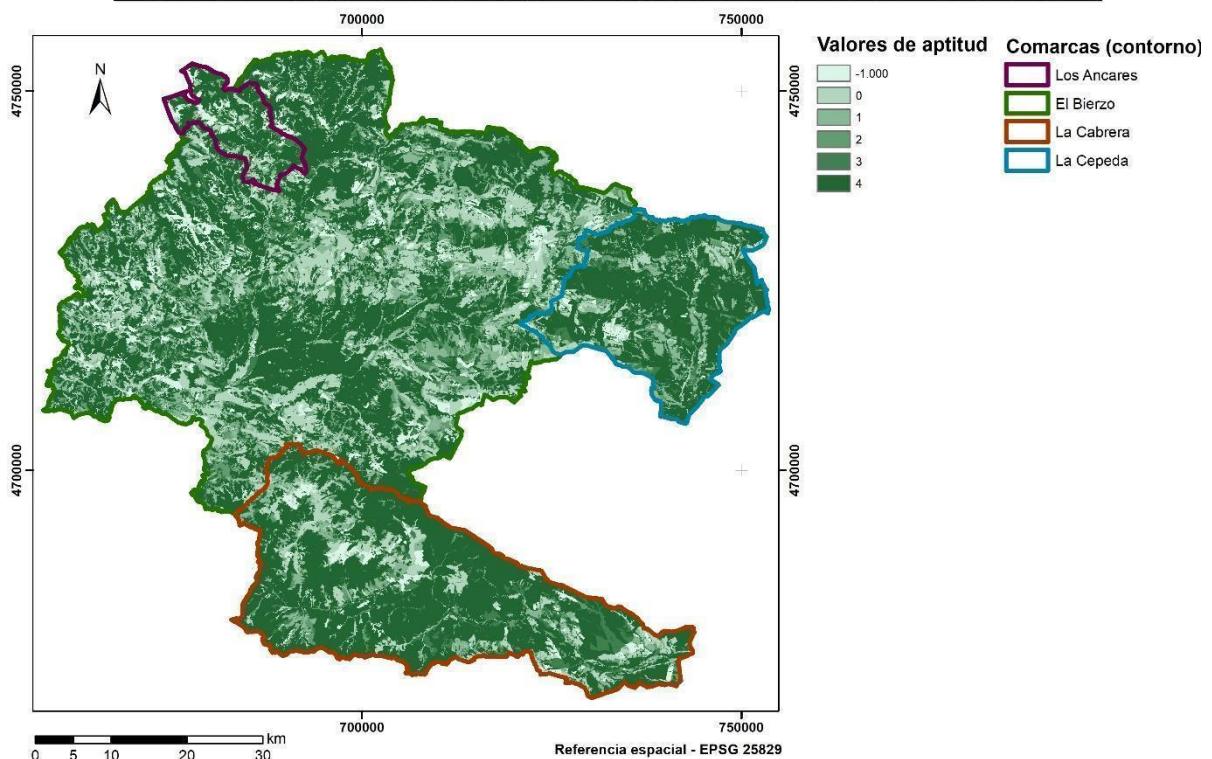


Figura 11.1-28.- Cartografía de valoración de aptitud (28): fracción de cabida cubierta arbórea en entornos forestales.

VALORACIÓN DE APTITUD (29):

DISTANCIA A FALLAS Y CONTACTOS TECTÓNICOS

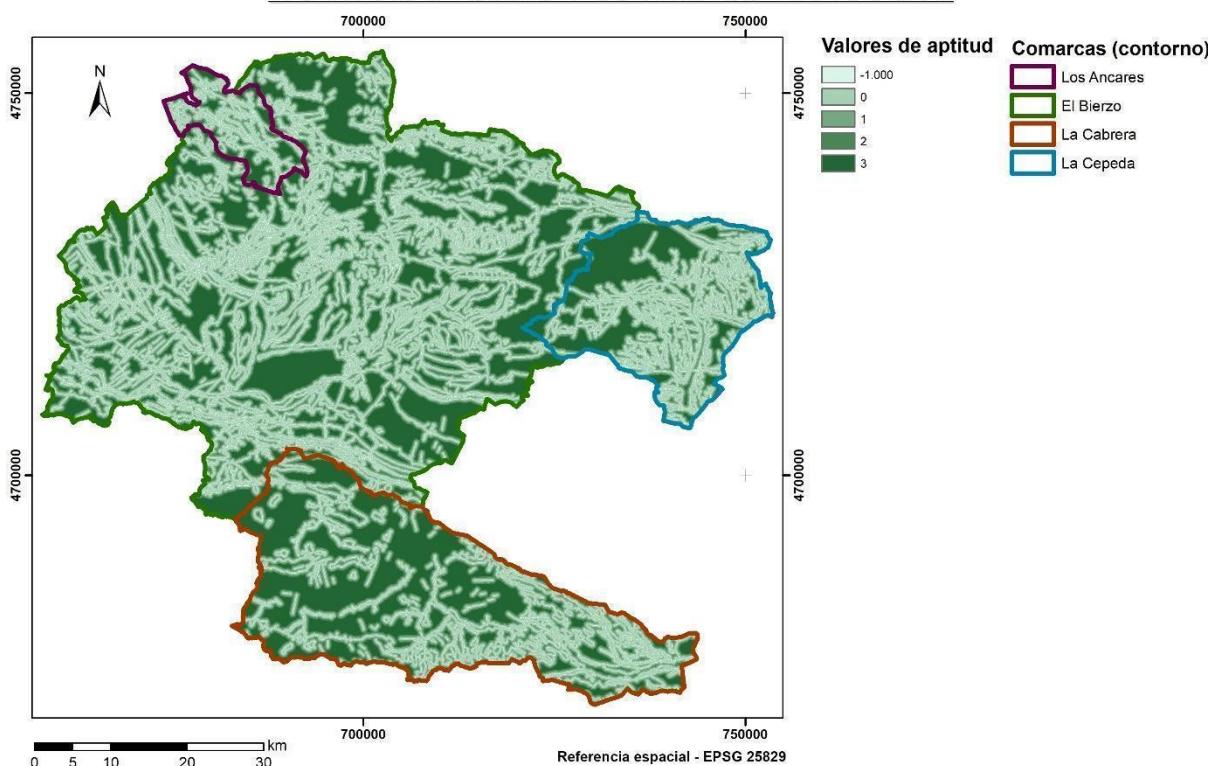


Figura 11.1-29.- Cartografía de valoración de aptitud (29): distancia a fallas y contactos tectónicos.

VALORACIÓN DE APTITUD (30):
DISTANCIA A AUTOPISTAS, AUTOVÍAS Y CARRETERAS CONVENCIONALES

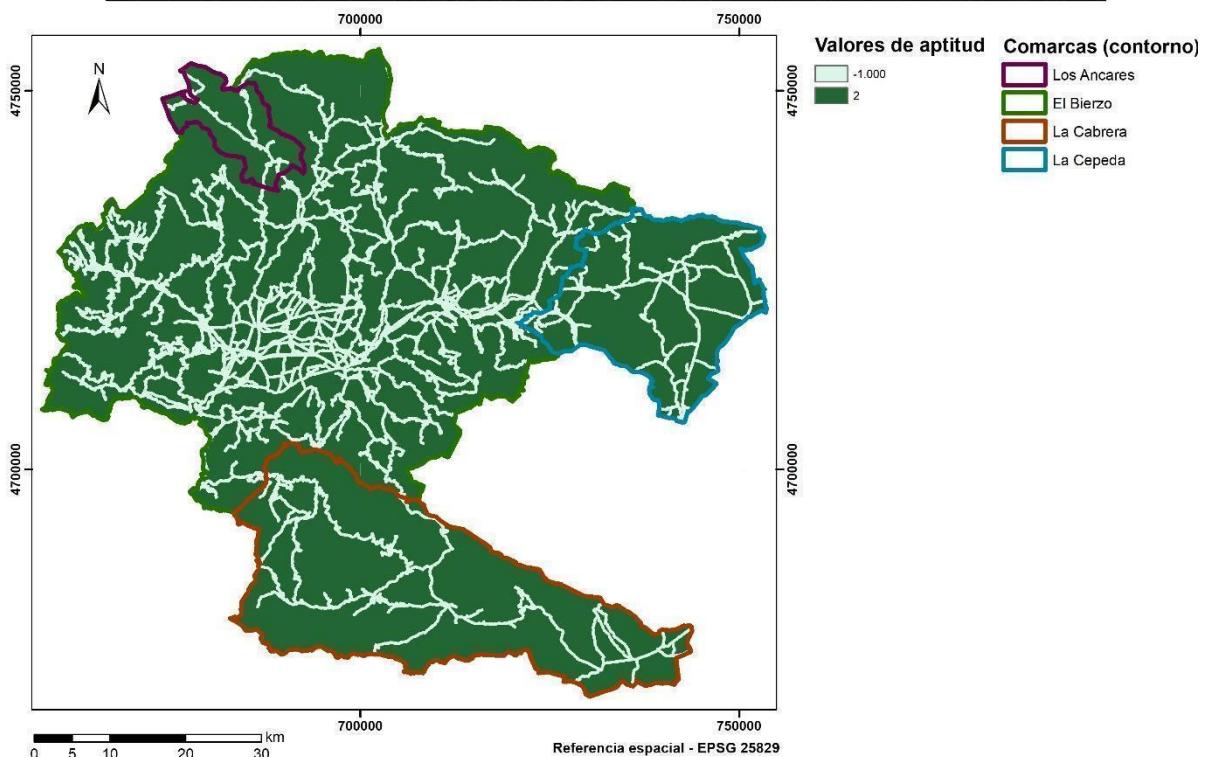


Figura 11.1-30.- Cartografía de valoración de aptitud (30): distancia a autopistas, autovías y carreteras convencionales.

VALORACIÓN DE APTITUD (31):
DISTANCIA A LÍNEAS FERROVIARIAS

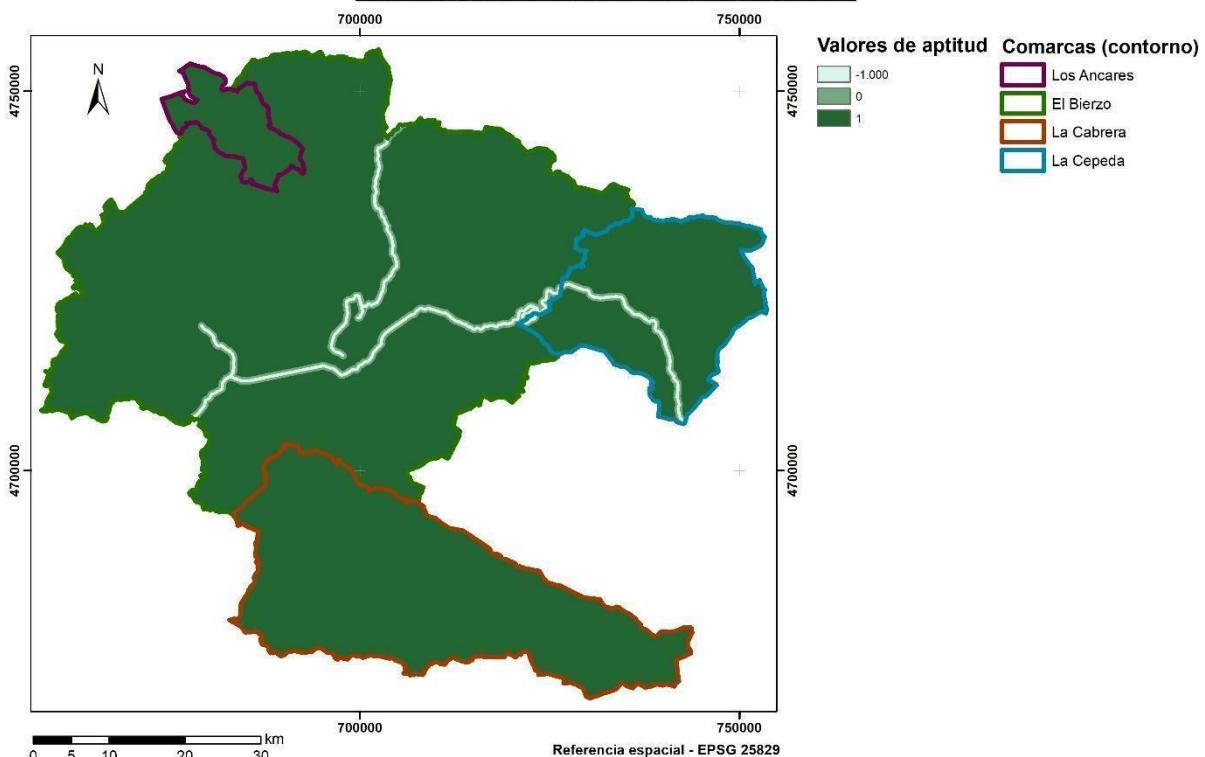


Figura 11.1-31.- Cartografía de valoración de aptitud (31): distancia a líneas ferroviarias.

VALORACIÓN DE APTITUD (32):

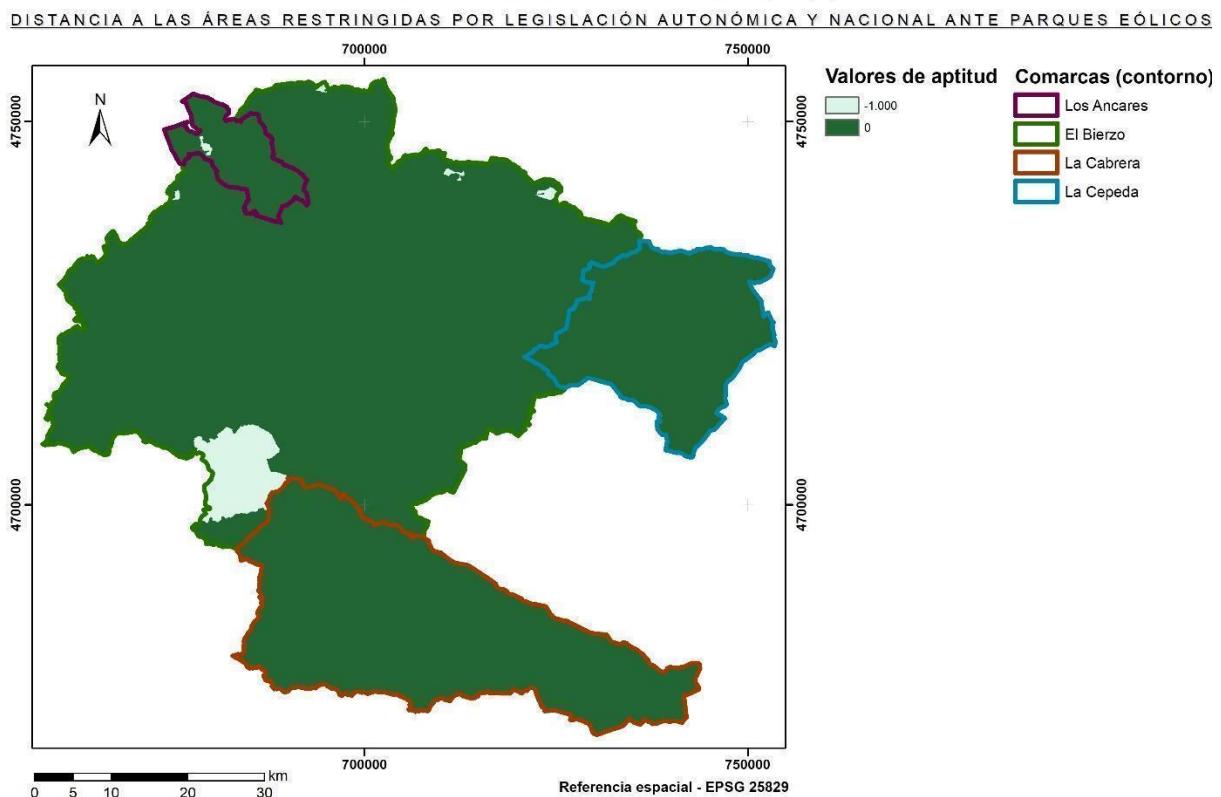


Figura 11.1-32.- Cartografía de valoración de aptitud (32): distancia a las áreas restringidas por legislación autonómica y nacional ante parques eólicos.

VALORACIÓN DE APTITUD (33):

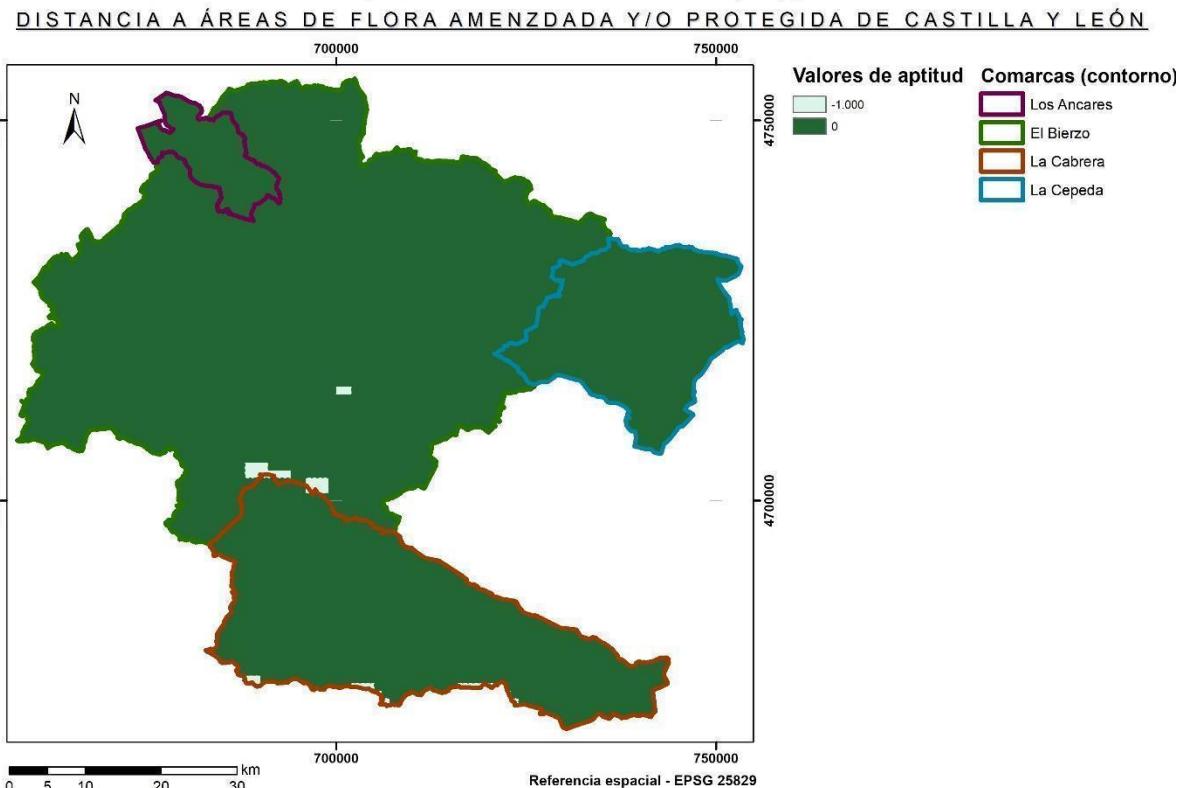


Figura 11.1-33.- Cartografía de valoración de aptitud (33): distancia a áreas de flora amenazada y/o protegida de Castilla y León.

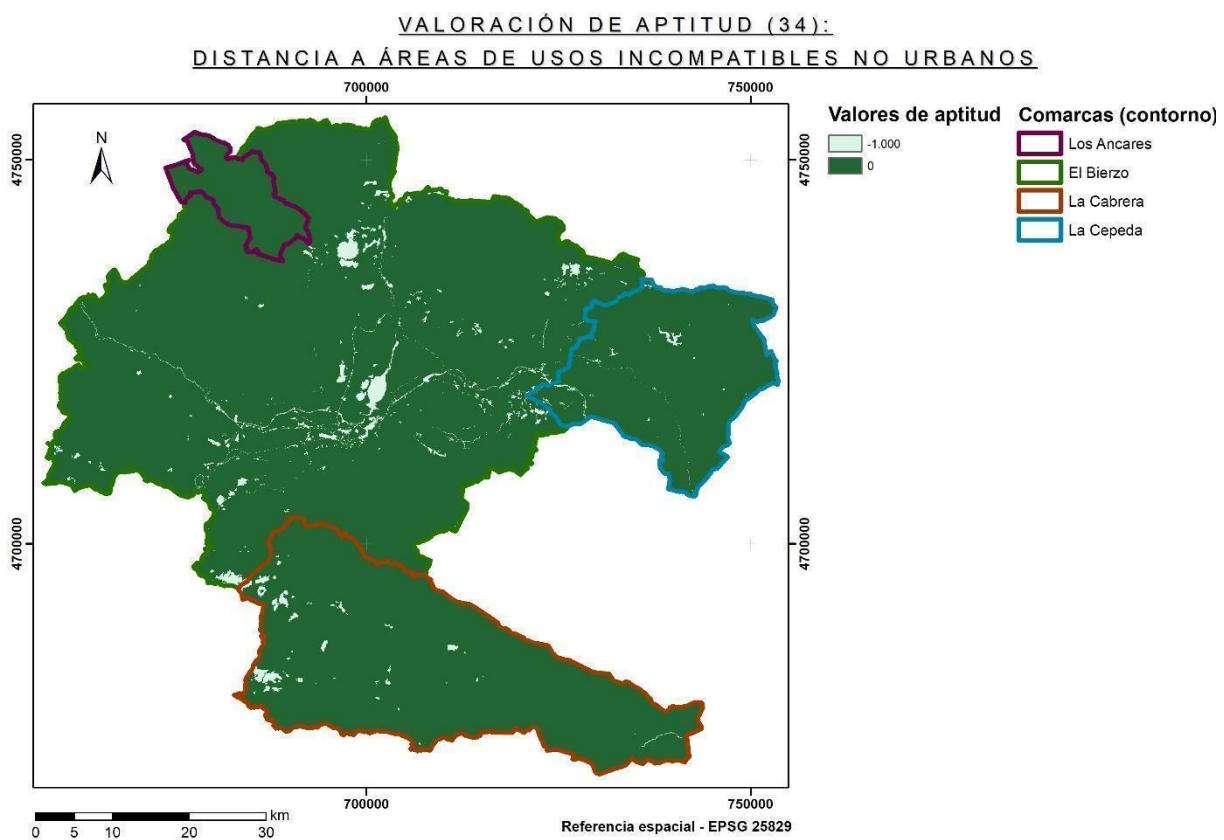


Figura 11.1-34.- Cartografía de valoración de aptitud (34): distancia a áreas de usos incompatibles no urbanos.

11.2. Cartografía de valoración de impacto

Se presenta la cartografía de las 21 capas de valoración de impacto, de acuerdo al orden de la matriz de impacto, en las siguientes Figuras 11.2-1 a 11.2-21:

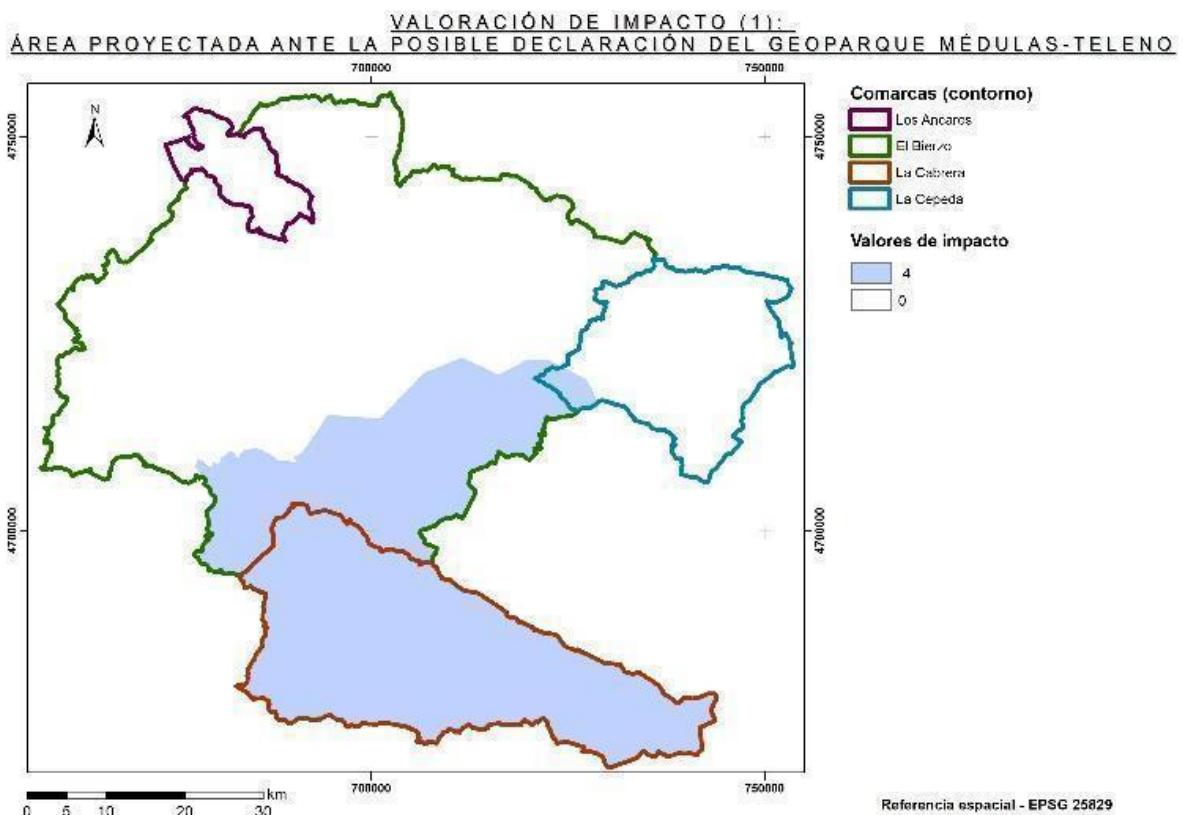


Figura 11.2-1.- Cartografía de valoración de impacto (1): área proyectada ante la posible declaración del Geoparque Médulas-Teleno.

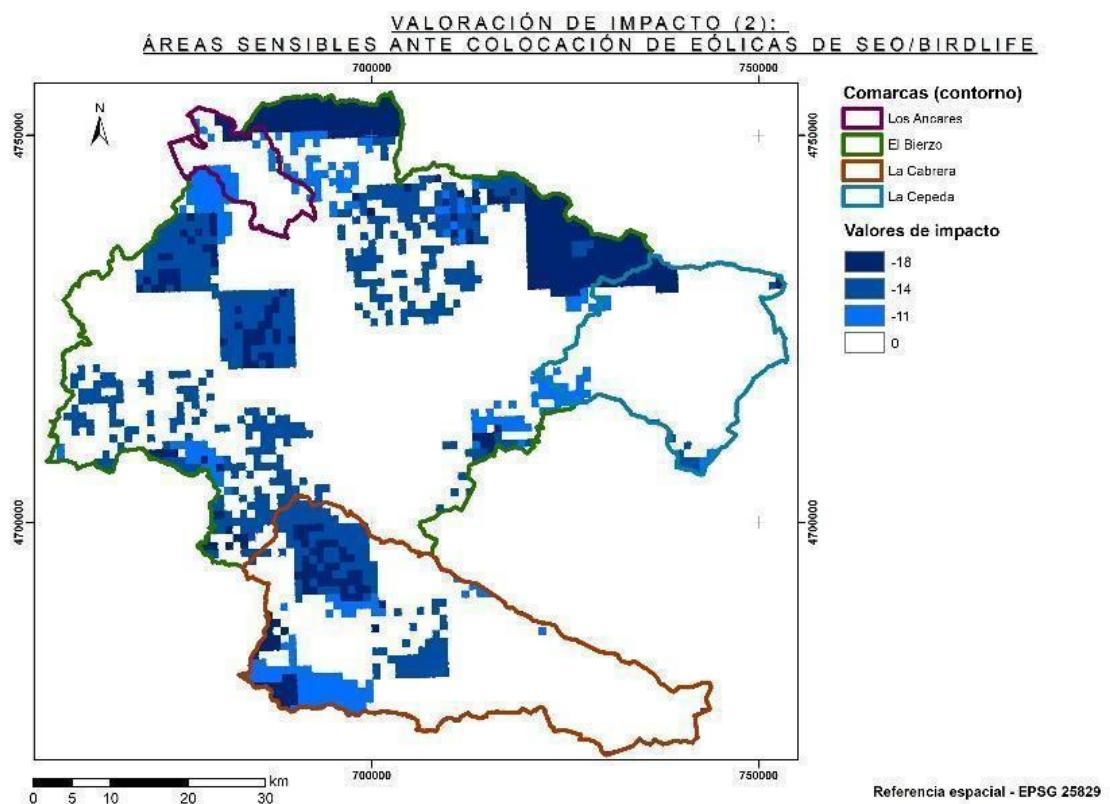


Figura 11.2-2.- Cartografía de valoración de impacto (2): áreas sensibles ante colocación de eólicas de SEO/BirdLife.

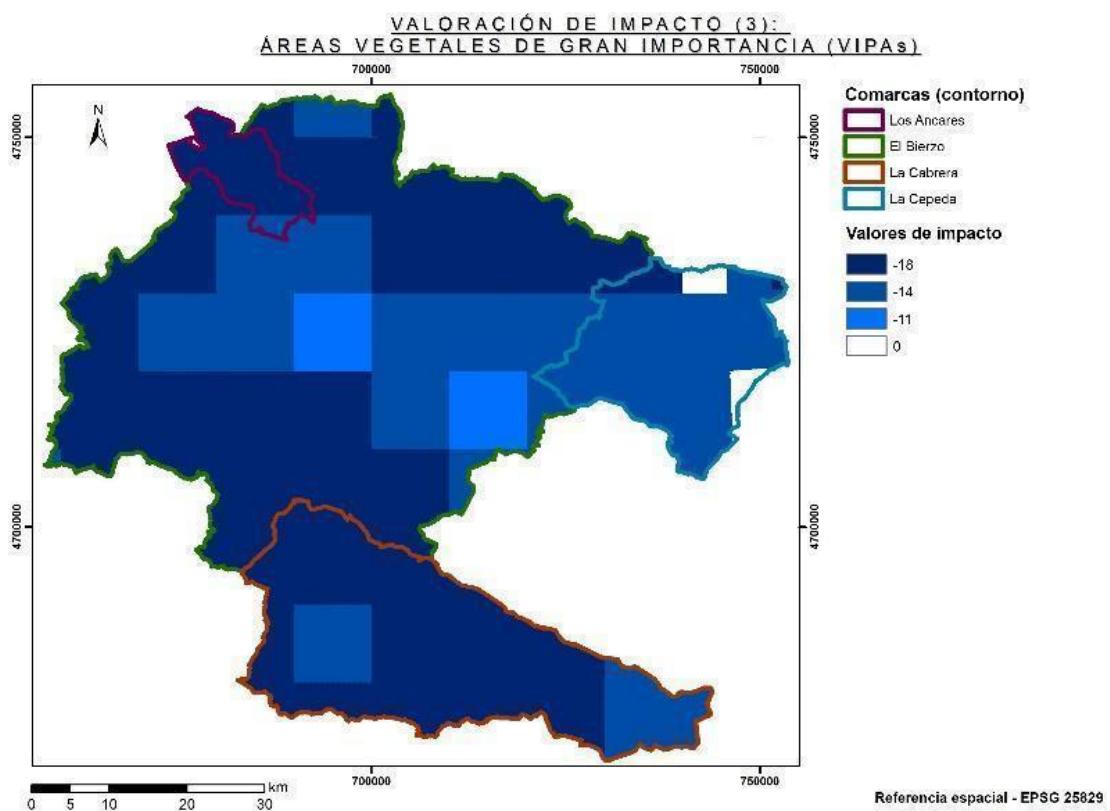


Figura 11.2-3.- Cartografía de valoración de impacto (3): Áreas Vegetales de Gran Importancia (VIPAs).

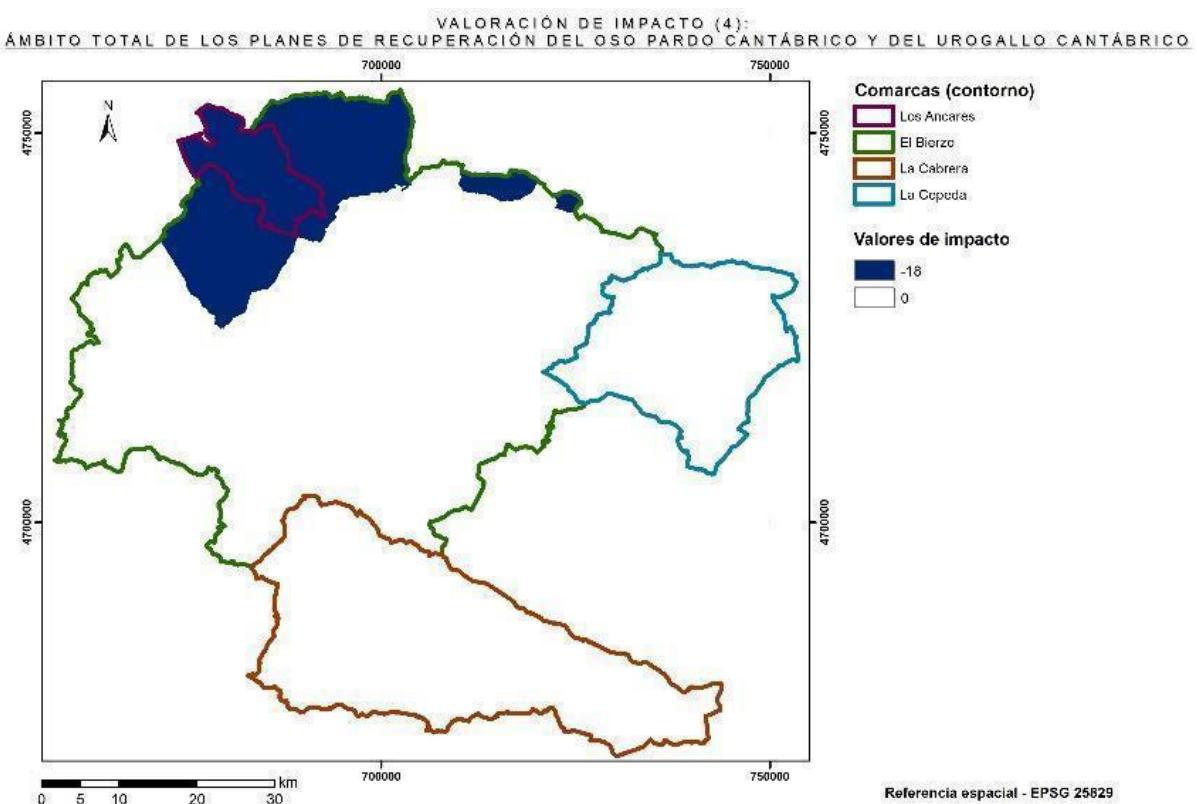


Figura 11.2-4.- Cartografía de valoración de impacto (4): ámbito total de los planes de recuperación del oso pardo cantábrico y del urogallo cantábrico.

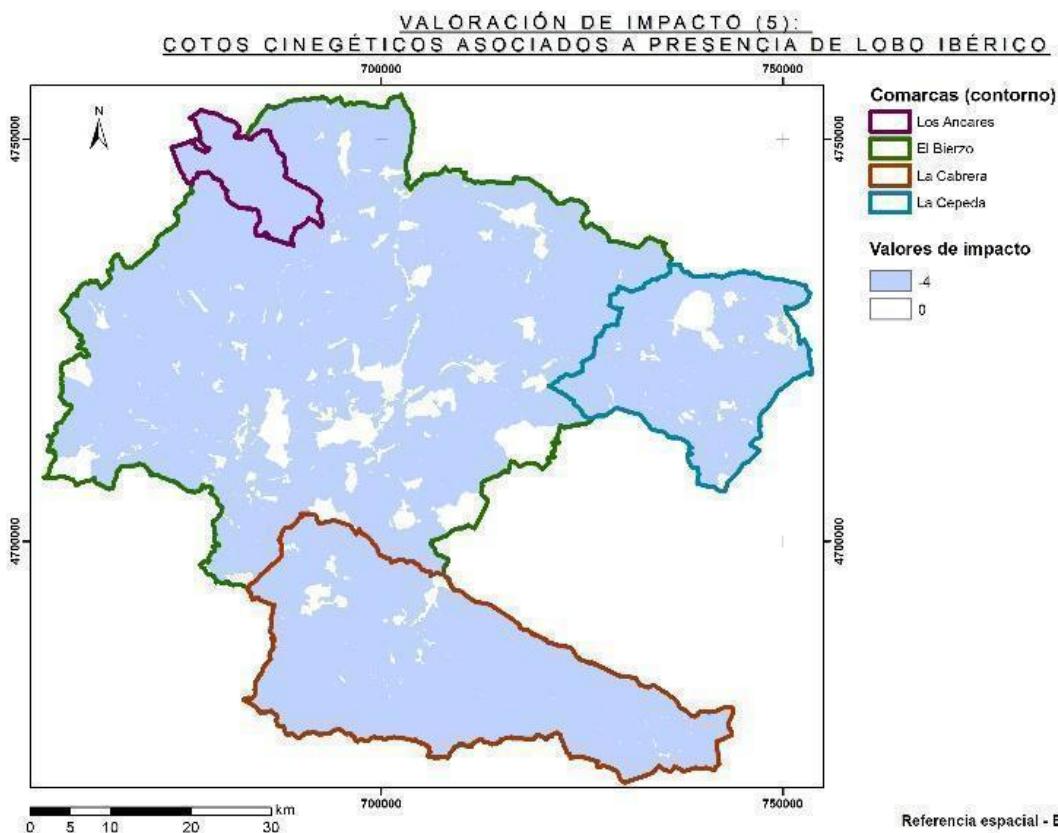


Figura 11.2-5.- Cartografía de valoración de impacto (5): cotos cinegéticos asociados a presencia de lobo ibérico.

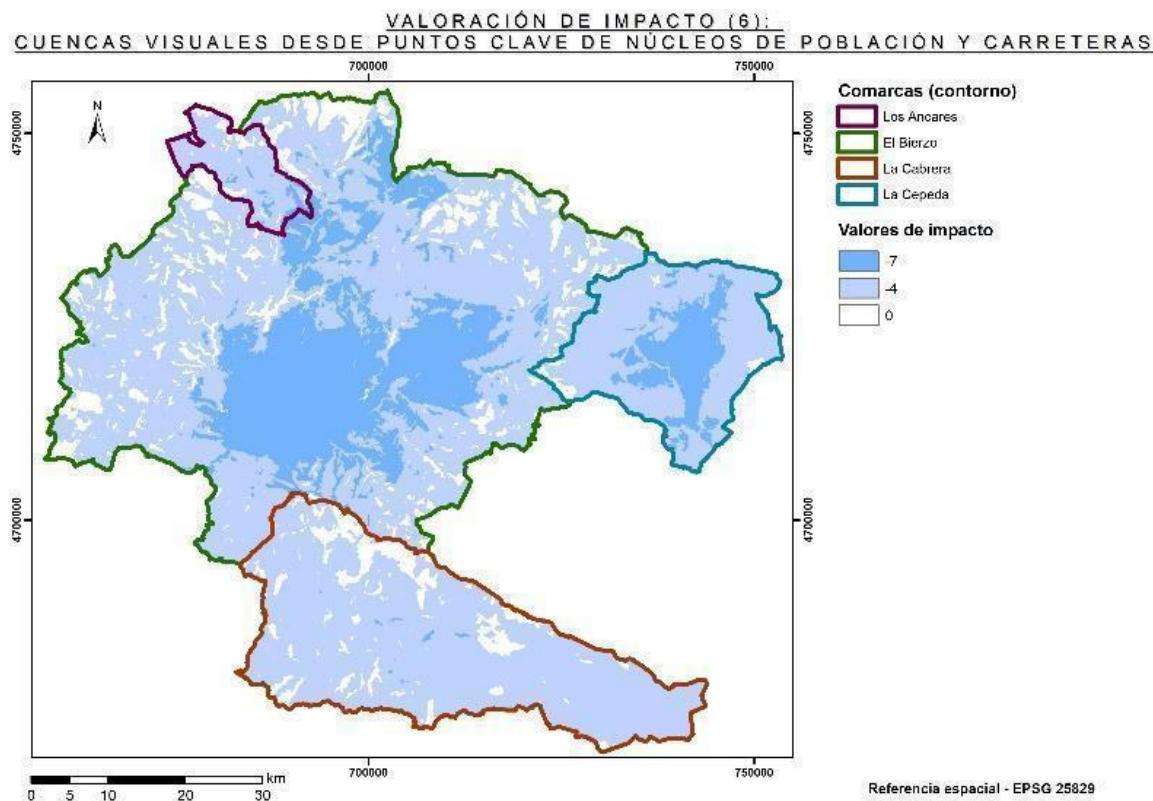


Figura 11.2-6.- Cartografía de valoración de impacto (6): cuencas visuales desde puntos clave de núcleos de población y carreteras.

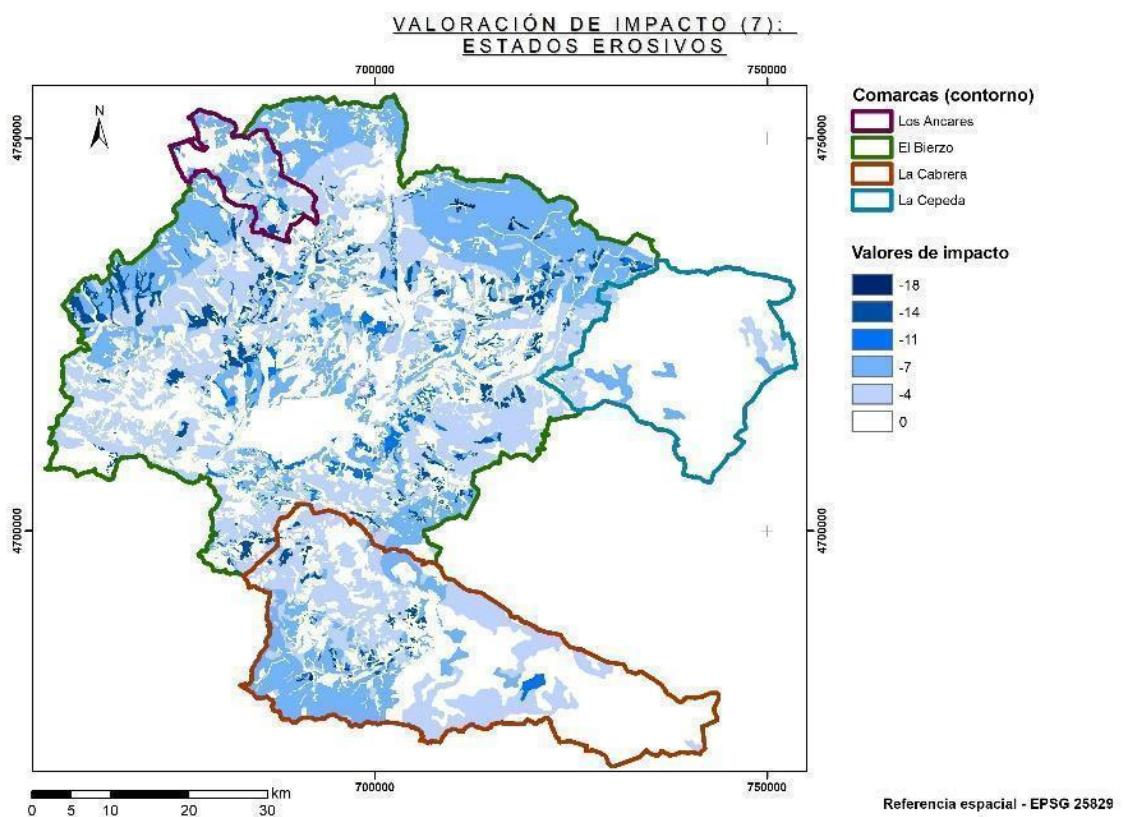


Figura 11.2-7.- Cartografía de valoración de impacto (7): estados erosivos.

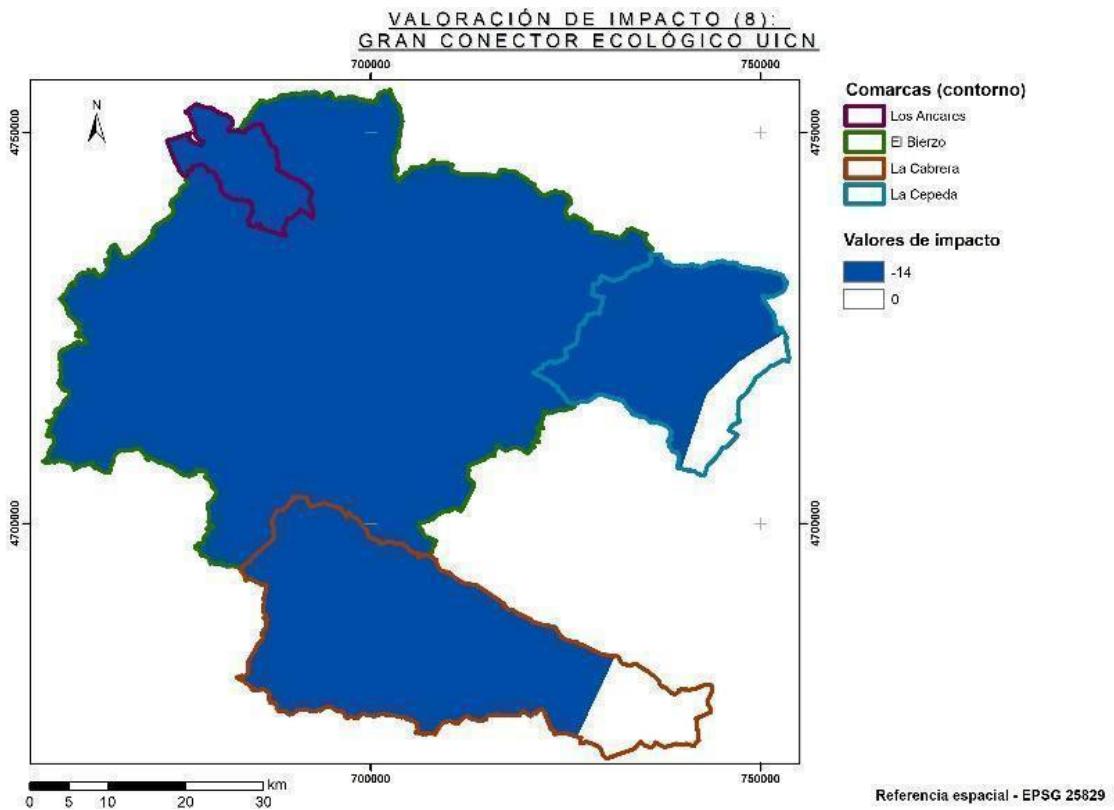


Figura 11.2-8.- Cartografía de valoración de impacto (8): gran conector ecológico UICN.

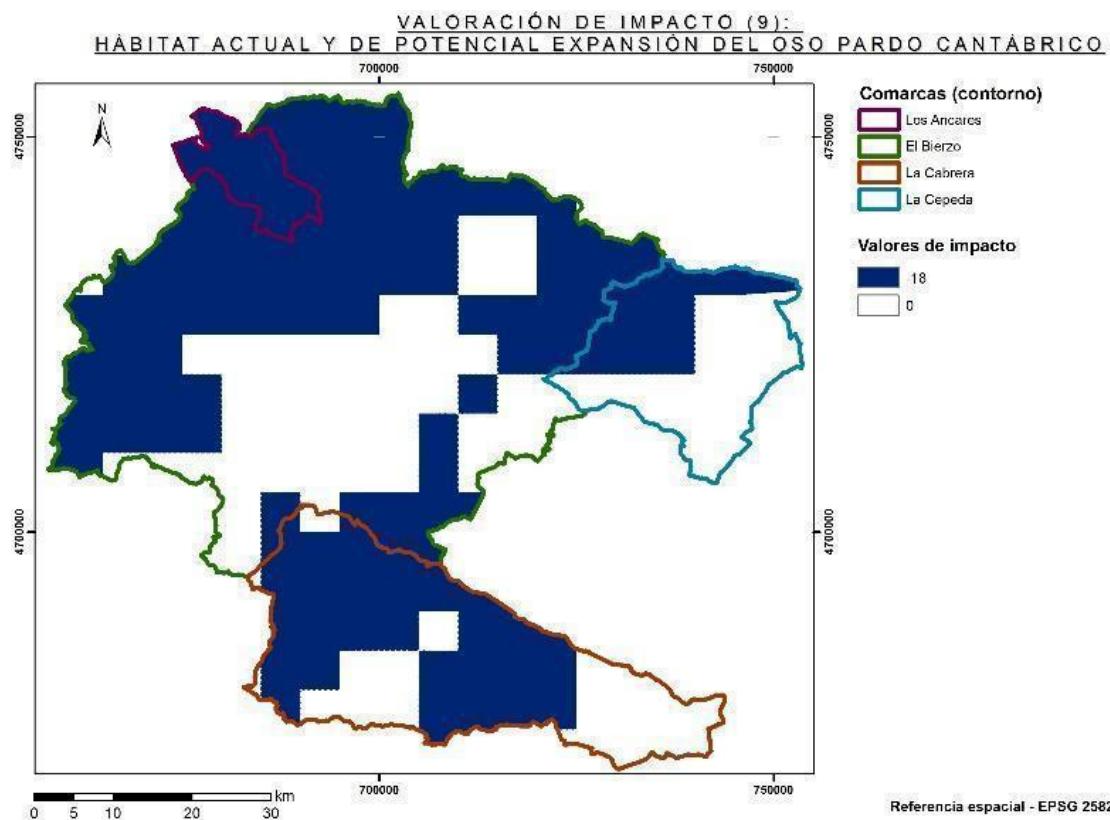


Figura 11.2-9.- Cartografía de valoración de impacto (9): hábitat actual y de potencial expansión del oso pardo cantábrico.

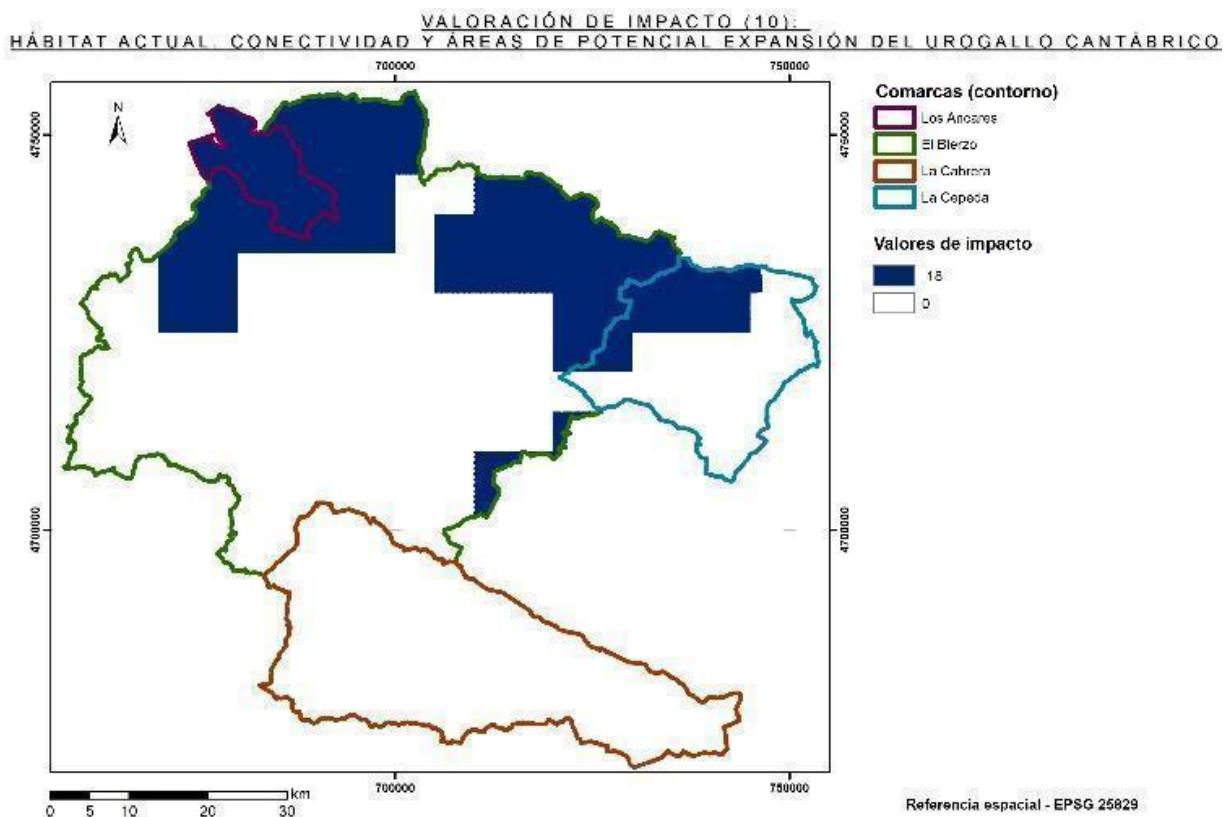


Figura 11.2-10.- Cartografía de valoración de impacto (10): hábitat actual, conectividad y áreas de potencial expansión del urogallo cantábrico.

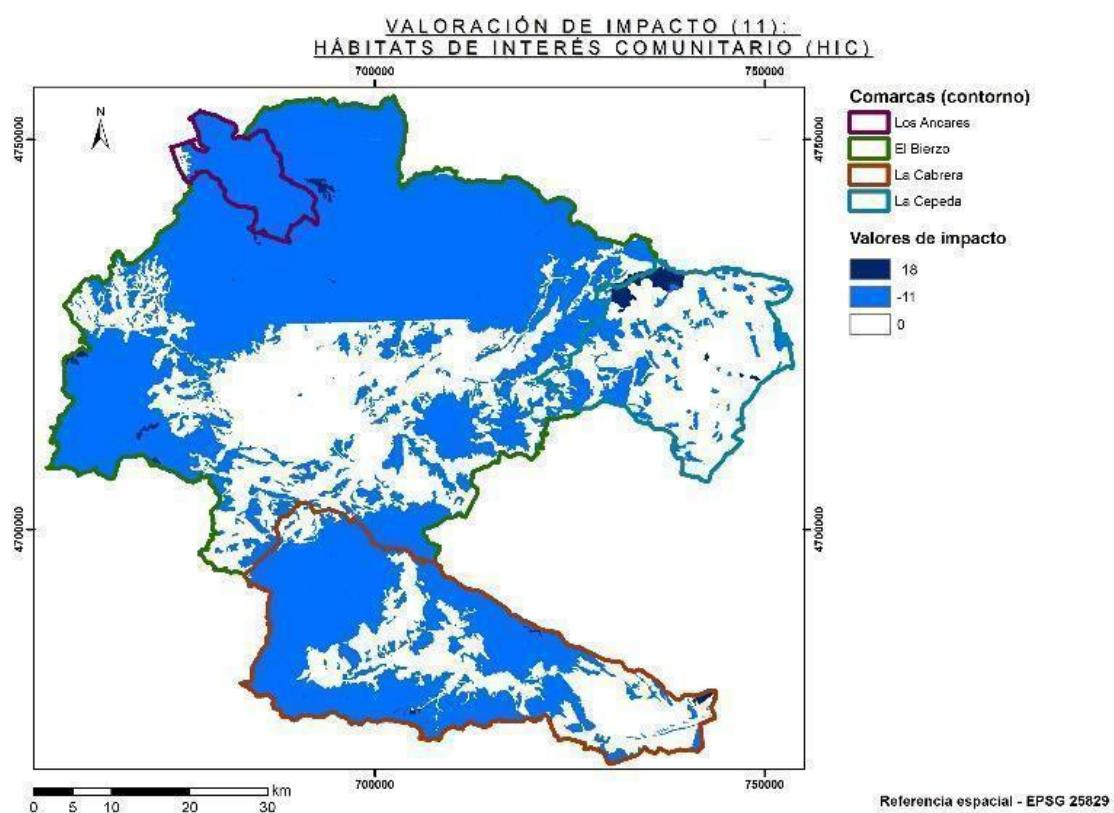


Figura 11.2-11.- Cartografía de valoración de impacto (11): Hábitats de Interés Comunitario (HIC).

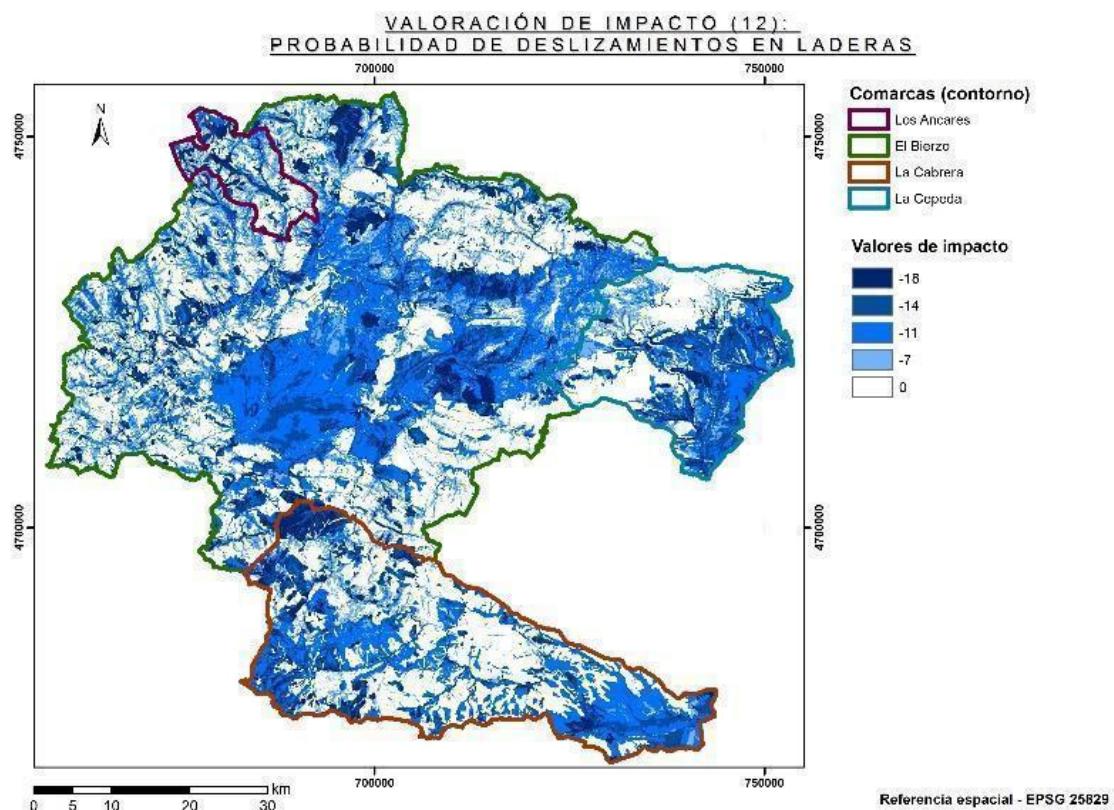


Figura 11.2-12.- Cartografía de valoración de impacto (12): probabilidad de deslizamiento en laderas.

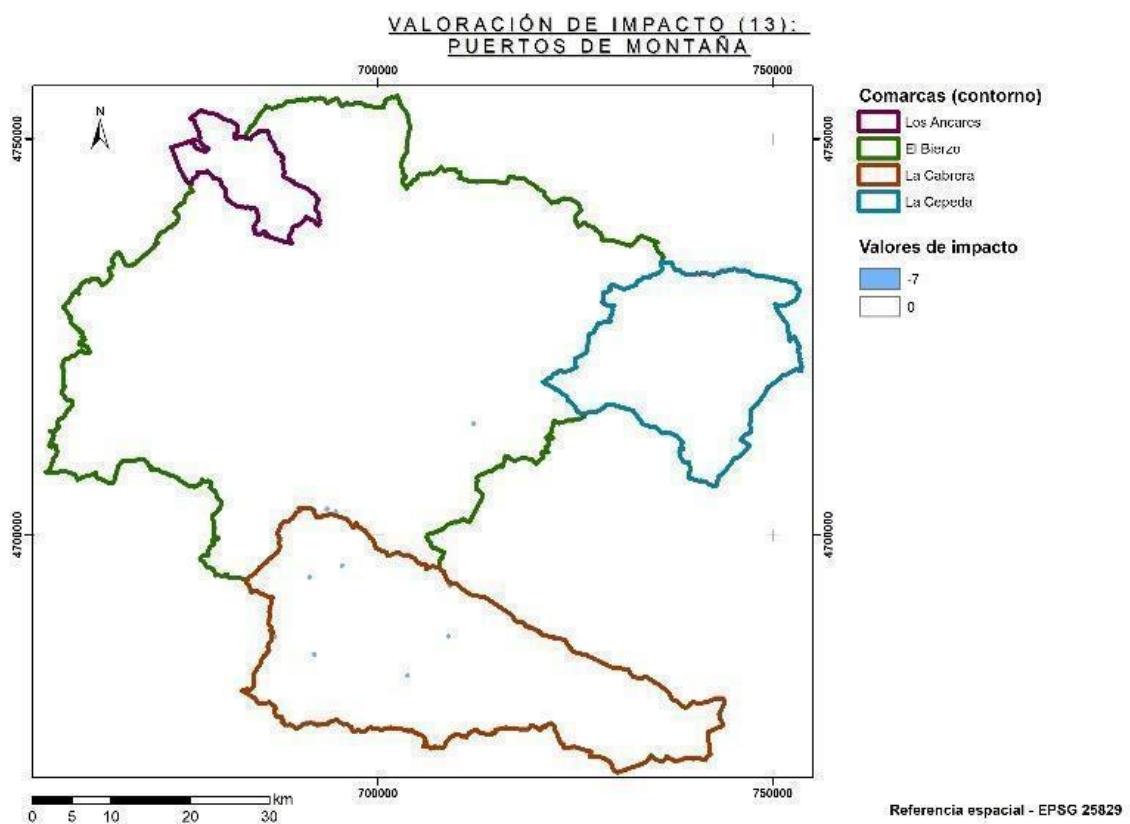


Figura 11.2-13.- Cartografía de valoración de impacto (13): puertos de montaña.

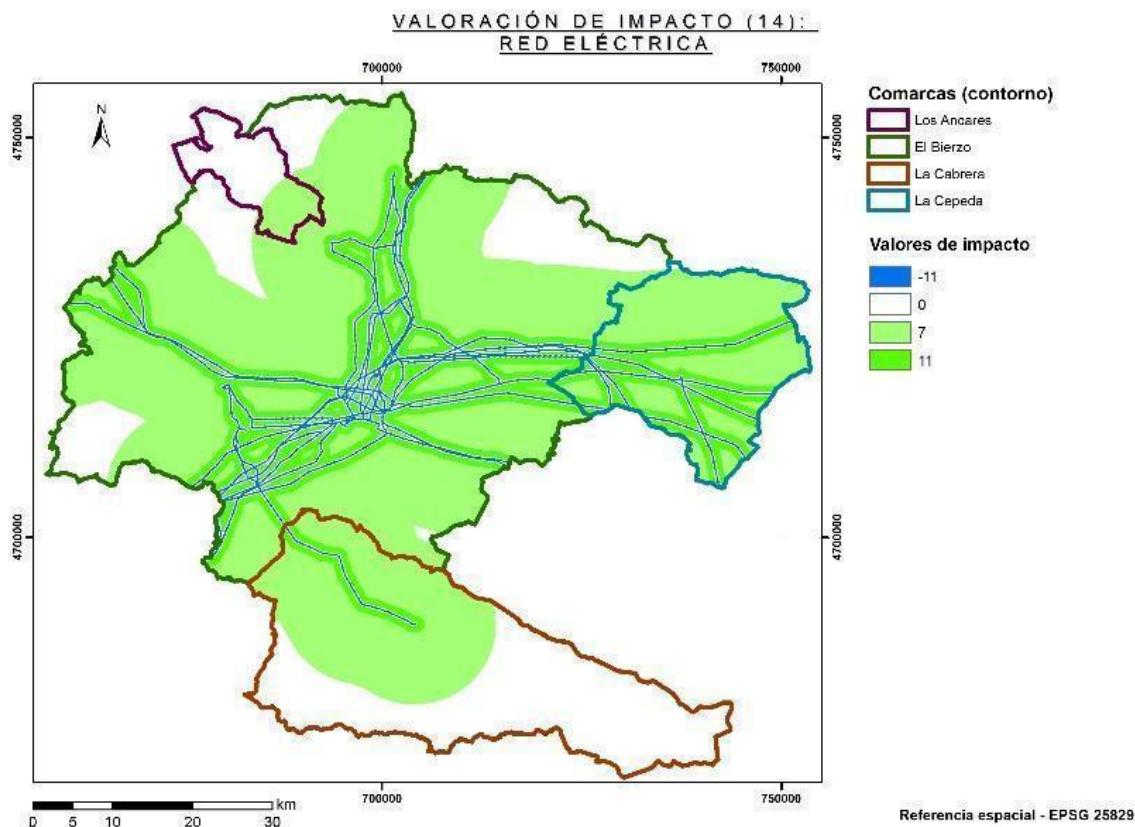


Figura 11.2-14.- Cartografía de valoración de impacto (14): red eléctrica.

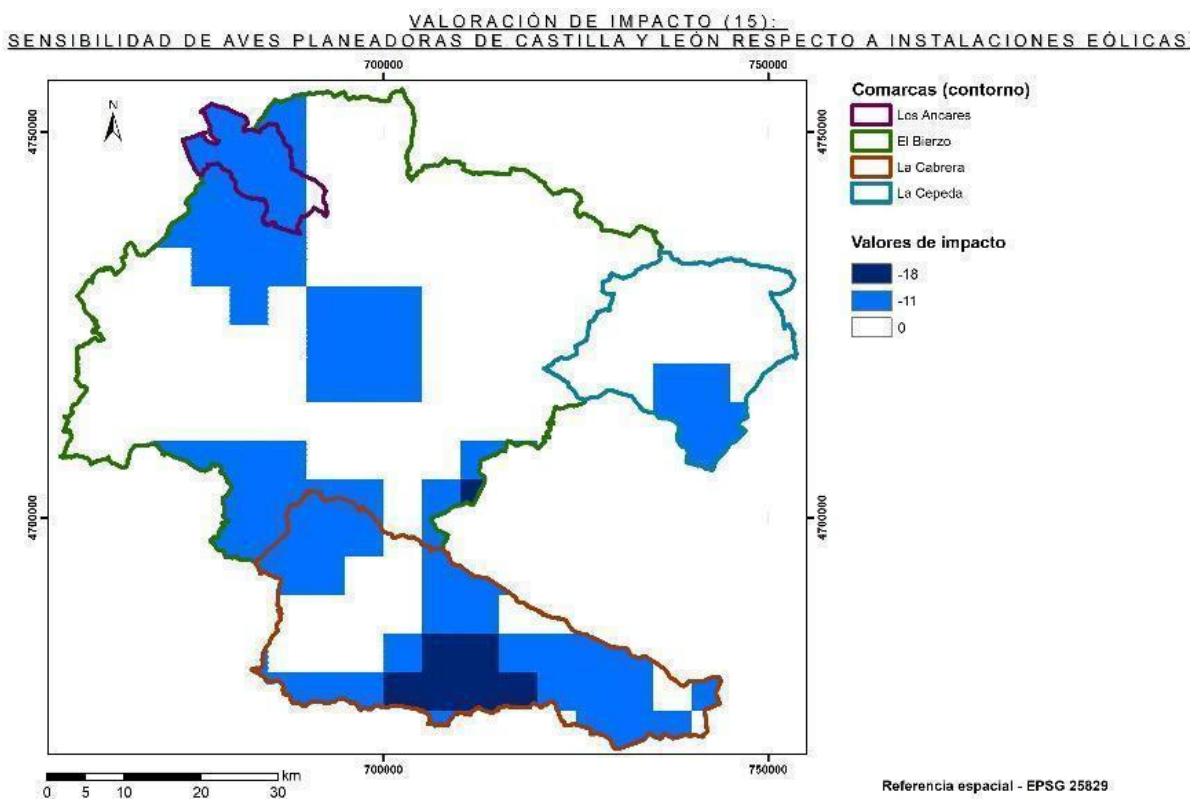


Figura 11.2-15.- Cartografía de valoración de impacto (15): sensibilidad de aves planeadoras de Castilla y León respecto a instalaciones eólicas.

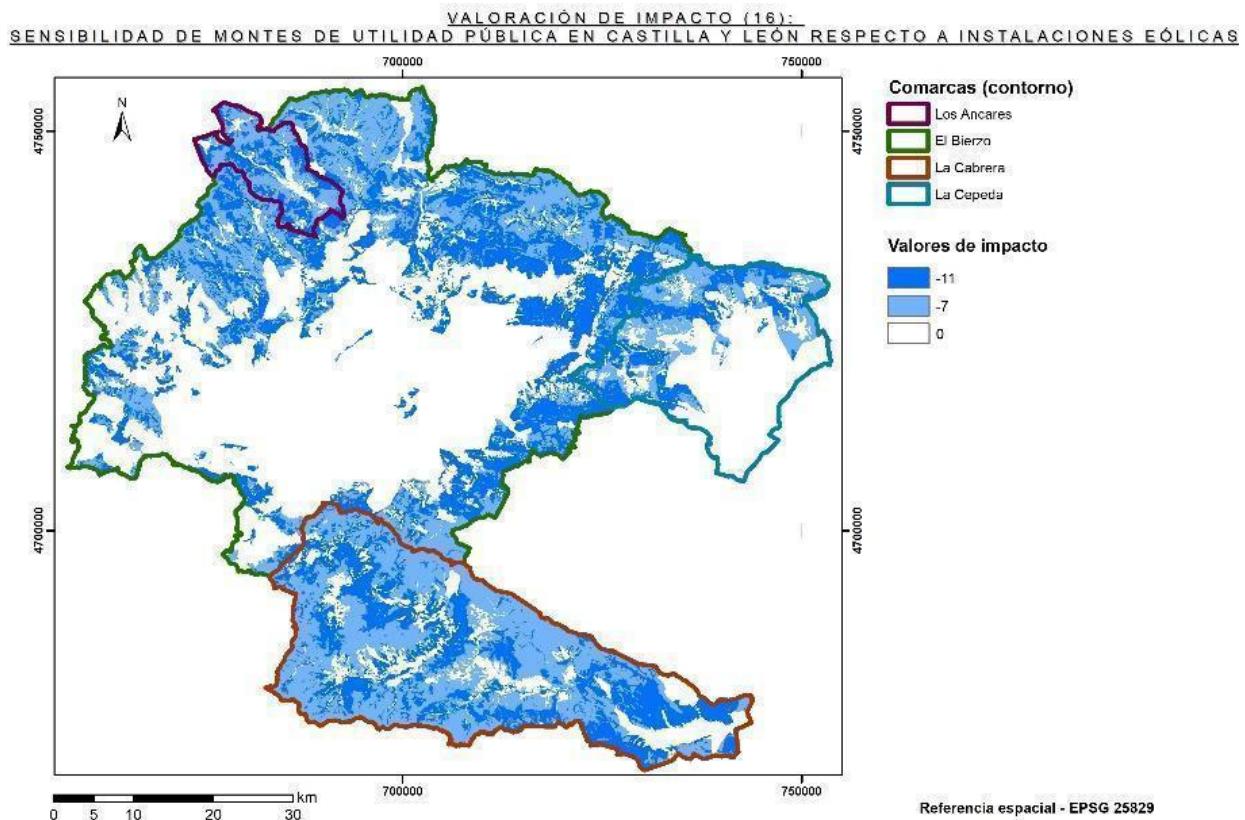


Figura 11.2-16.- Cartografía de valoración de impacto (16): sensibilidad de Montes de Utilidad Pública en Castilla y León respecto a instalaciones eólicas.

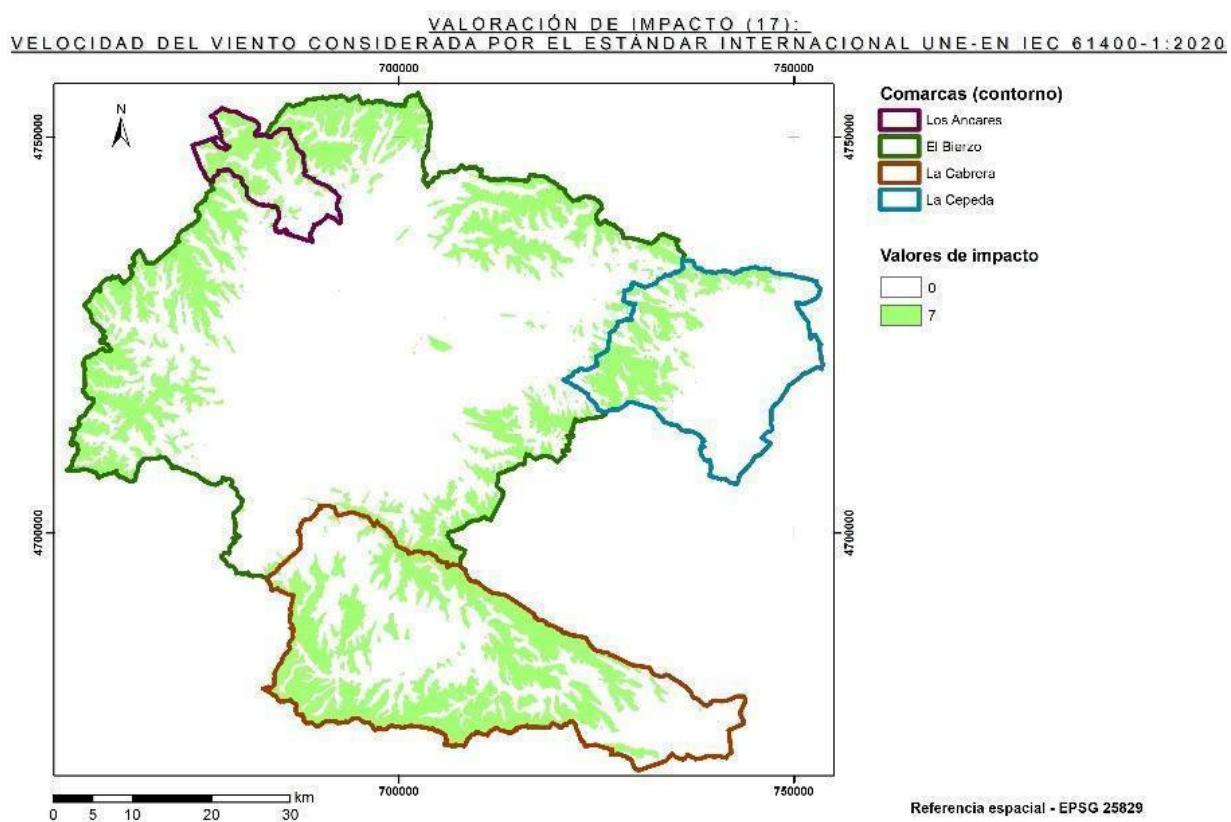


Figura 11.2-17.- Cartografía de valoración de impacto (17): velocidad del viento considerada por el estándar internacional UNE-EN IEC 61400-1:2020.

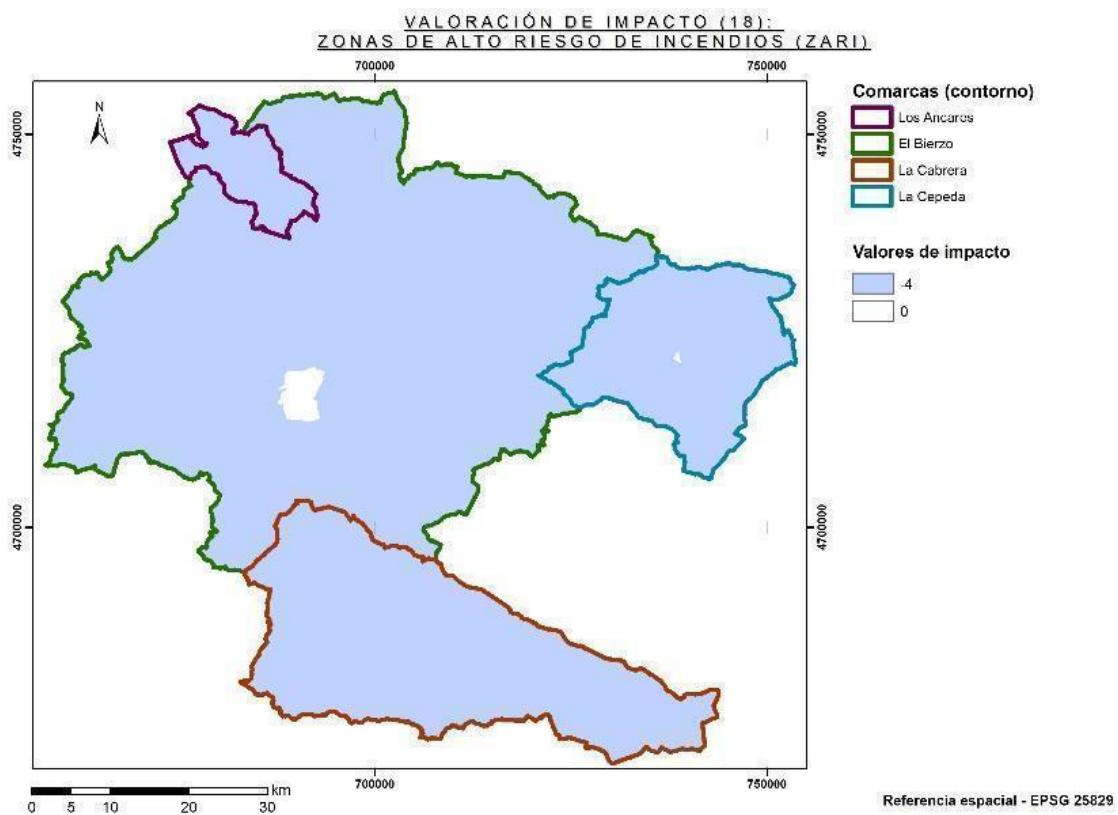


Figura 11.2-18.- Cartografía de valoración de impacto (18): Zonas de Alto Riesgo de Incendio (ZARI).

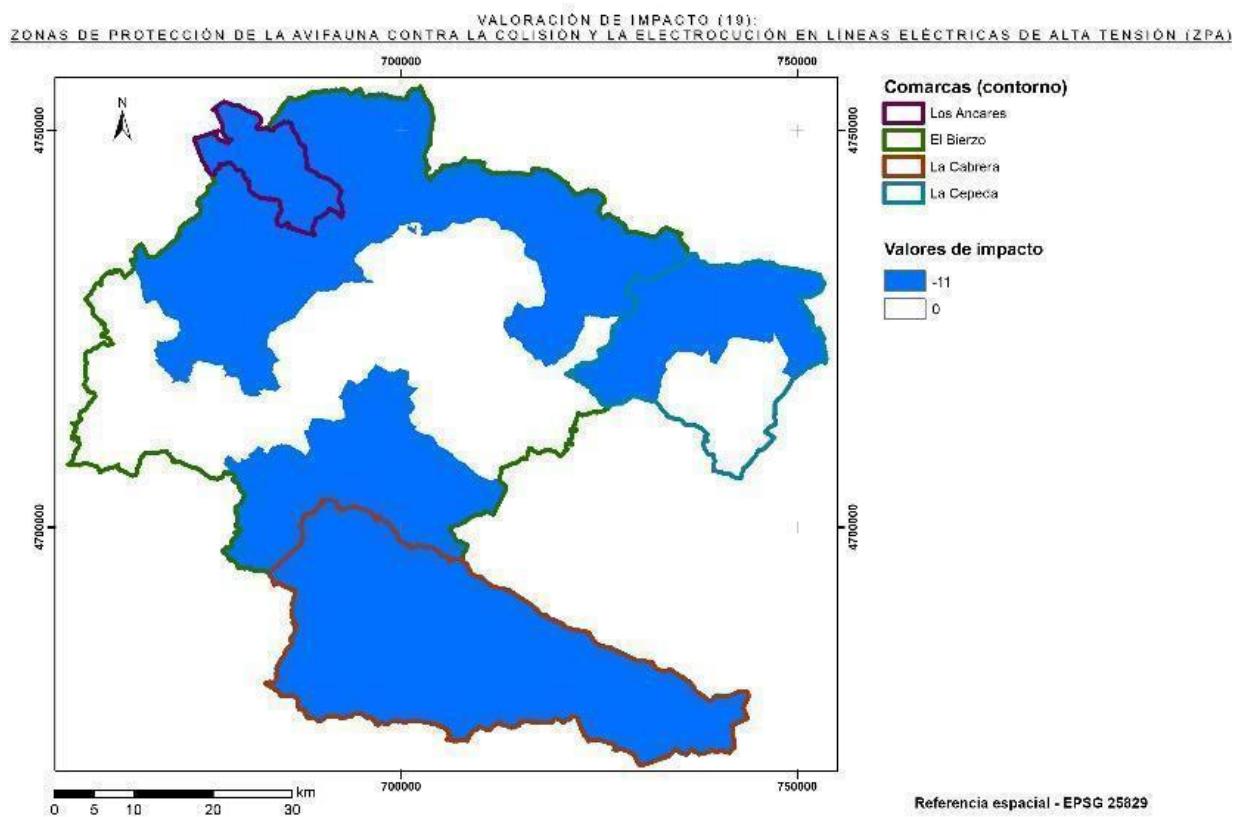


Figura 11.2-19.- Cartografía de valoración de impacto (19): Zonas de Protección de la Avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión (ZPA).

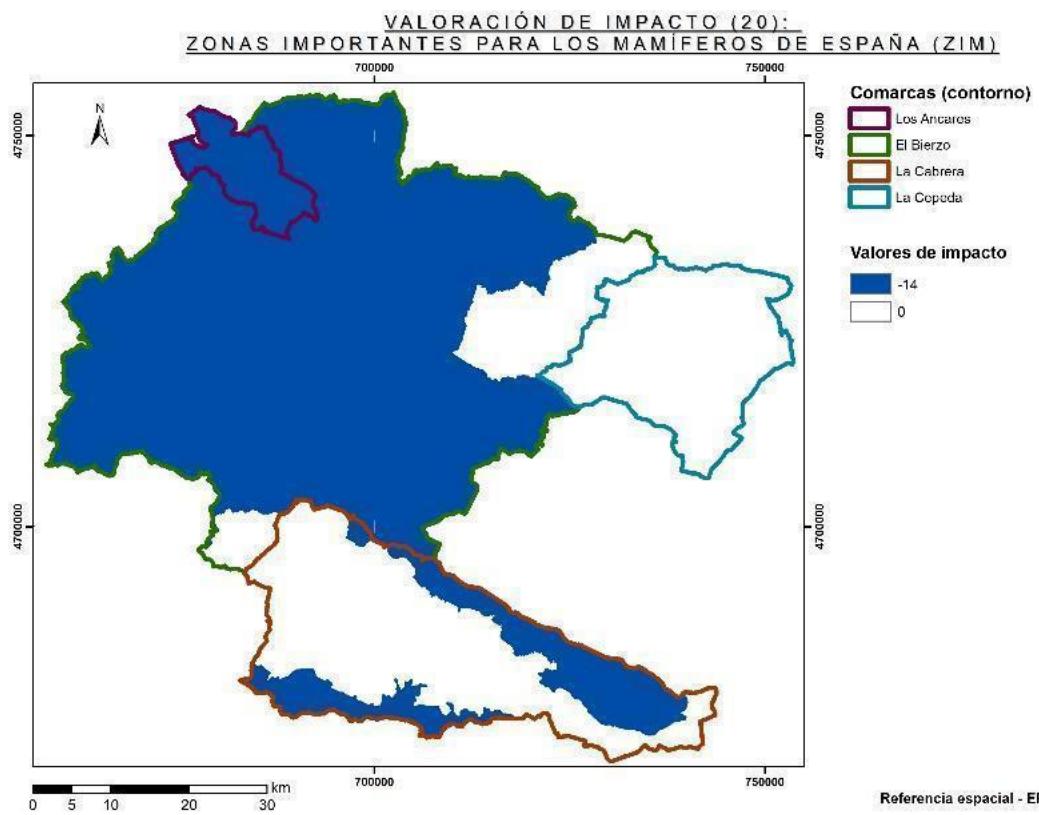


Figura 11.2-20.- Cartografía de valoración de impacto (20): Zonas Importantes para los Mamíferos de España (ZIM).

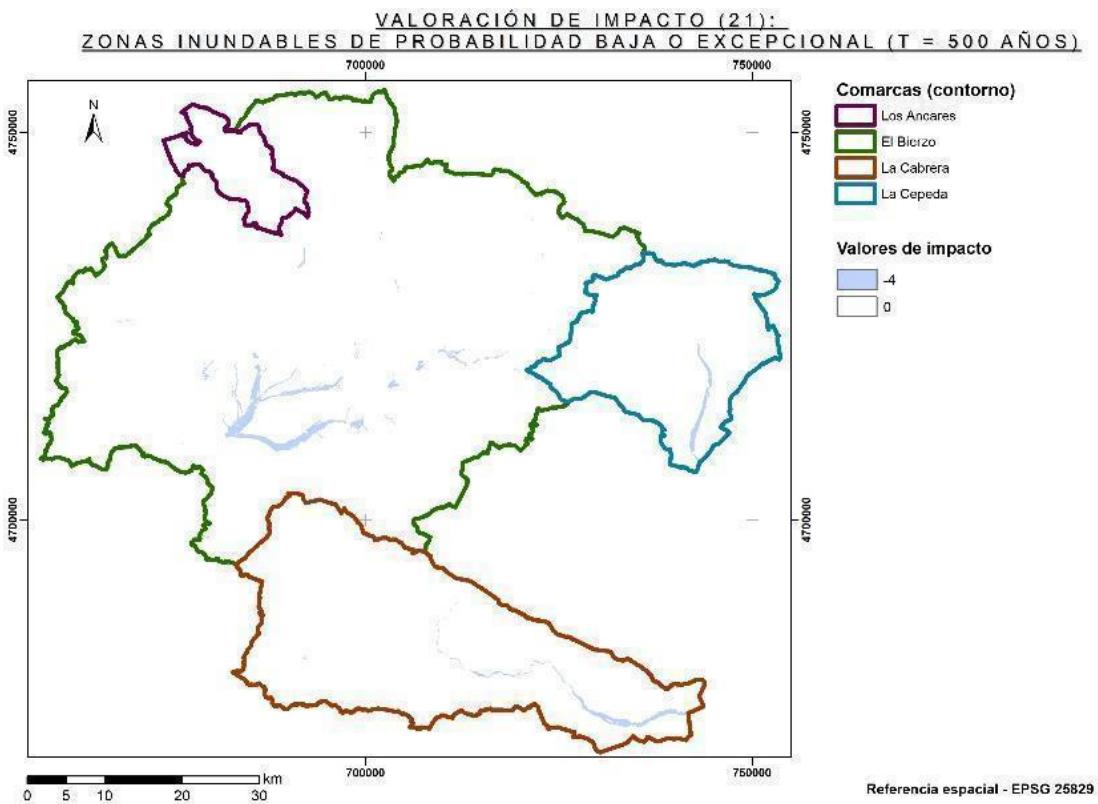


Figura 11.2-21.- Cartografía de valoración de impacto (21): zonas inundables de probabilidad baja o excepcional (T = 500 años).

11.3. Mapa de valores de aptitud

Se presenta el mapa resultante de valores de aptitud en la siguiente Figura 11.3-1:

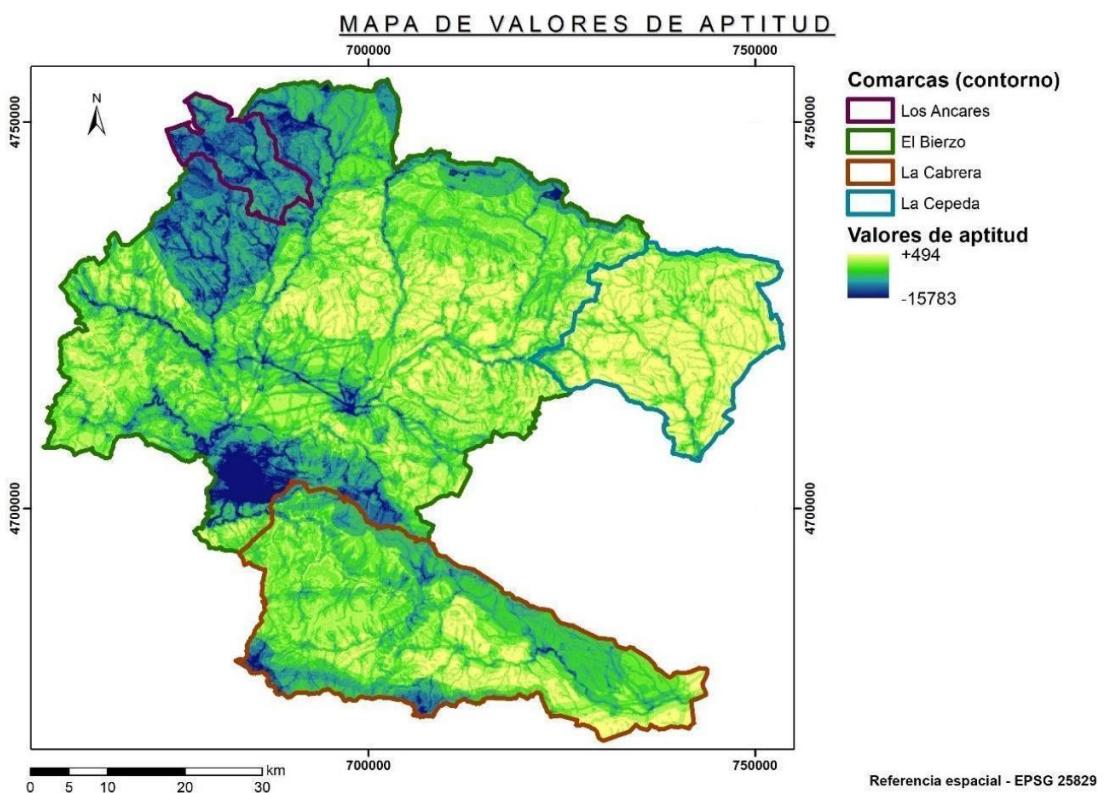


Figura 11.3-1.- Mapa de valores de aptitud.

11.4. Mapa de valores de impacto

Se presenta el mapa resultante de valores de impacto en la siguiente Figura 11.4-1:

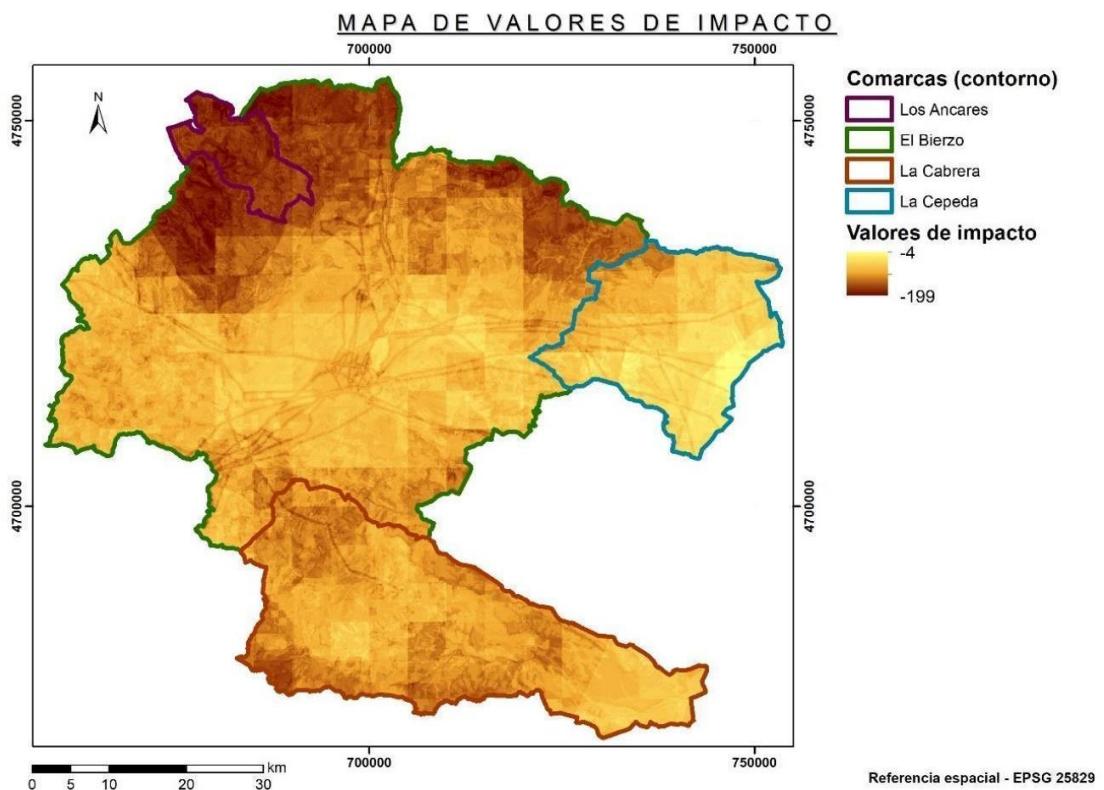


Figura 11.4-1.- Mapa de valores de impacto.

11.5. Mapa de valores de capacidad de acogida

Se presenta el mapa resultante de valores de capacidad de acogida en la siguiente Figura 11.5-1:

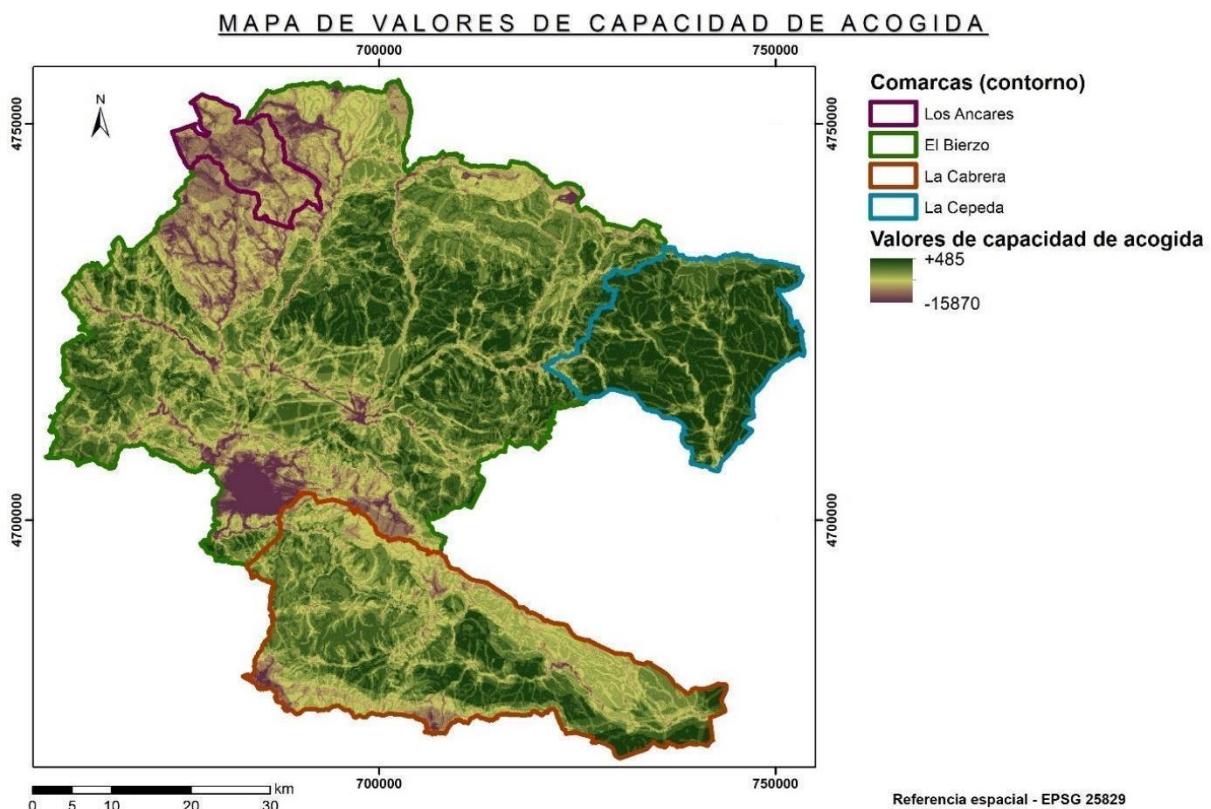


Figura 11.5-1.- Mapa de valores de capacidad de acogida.

12. Anexo VI: Puntos de validación en campo, análisis visual y reportaje paisajístico

Los mapas de capacidad de acogida que pueden lograrse con trabajo de gabinete conforman una herramienta valiosa. Si bien es común dar por buenos sus resultados, es esencial validar los resultados del modelo con una verdad-terreno, que en este caso se trata de una serie de inspecciones de campo en puntos clave de validación o de análisis visual sobre ortofotografía detallada. Este trabajo ha sido el primero de su género a nivel nacional en tener en cuenta puntos de validación para analizar la exactitud de los resultados obtenidos en gabinete.

Para realizar la validación, se determinó el número de los puntos de validación mediante la teoría binomial de probabilidad, Ec. (12-1), que relaciona la exactitud esperable de los puntos de muestreo de validación, el error admisible y el nivel de confianza objetivo.

$$N = \frac{Z^2 x p x q}{E^2} \quad (12-1)$$

Donde: N = mínimo número de puntos de validación necesarios por clase; p = exactitud esperable de los puntos de muestreo de validación para una clase (%); q = 100 – p (%); E = error admisible en la clasificación de una clase (%); Z ≈ 2 (para una desviación estándar de 1,96 con un intervalo de confianza bilateral al 95% de significación).

Aplicando esta teoría, **Ec. (12-2)**, se estimaron como necesarios un mínimo de 4 puntos de validación por clase, asumiendo una exactitud esperada del 99 % para el muestreo en campo y un error admisible del 10 % (90 % de exactitud de la clasificación) con un intervalo de confianza del 95 %.

$$N = \frac{2^2 \times 99 \times 1}{10^2} \approx 4 \quad (12-2)$$

La distribución espacial de los puntos de validación se realizó mediante muestreo aleatorio simple por todo el territorio, aunque teniendo en cuenta 4 puntos clave de validación para análisis en campo, cada uno de ellos correspondiente a localización exacta de un aerogenerador proyectado y autorizado o ya instalado y representativo de la extensión de píxel de 50 x 50 m del mapa de capacidad de acogida. El número de lugares clave fue limitado por el acceso en transporte público desde Ponferrada, el lugar de partida del estudio.

- Para visitar el área del complejo eólico proyectado “Trabadelo” (El Bierzo), fue preciso dirigirse en autobús hasta Villafranca del Bierzo y desde ahí ascender a pie 15 km por senderos, por el Camino de Santiago Francés y por cortafuegos hasta la localización del aerogenerador proyectado más cercano.
- Para visitar el área del complejo eólico proyectado “Porqueros” (La Cepeda), fue preciso dirigirse en tren hasta Vega de Magaz y desde ahí ascender a pie 7 km por senderos y por cortafuegos hasta la localización del aerogenerador proyectado más cercano.
- Para visitar el área del complejo eólico proyectado “Ucedo” (La Cepeda), fue preciso dirigirse en autobús hasta Manzanal del Puerto y desde ahí ascender a pie 4 km por senderos hasta la localización del aerogenerador proyectado más cercano.
- Para visitar el área del complejo eólico instalado “El Manzanal” (La Cepeda), fue preciso dirigirse en autobús hasta Manzanal del Puerto y desde ahí ascender a pie 4 km por senderos y por cortafuegos hasta la localización del aerogenerador más cercano.

Las valoraciones de los 8 puntos restantes no requirieron una visita a campo y pudieron efectuarse mediante análisis visual en ortofoto detallada.

Los lugares inspeccionados se muestran en la siguiente Figura 12-1:

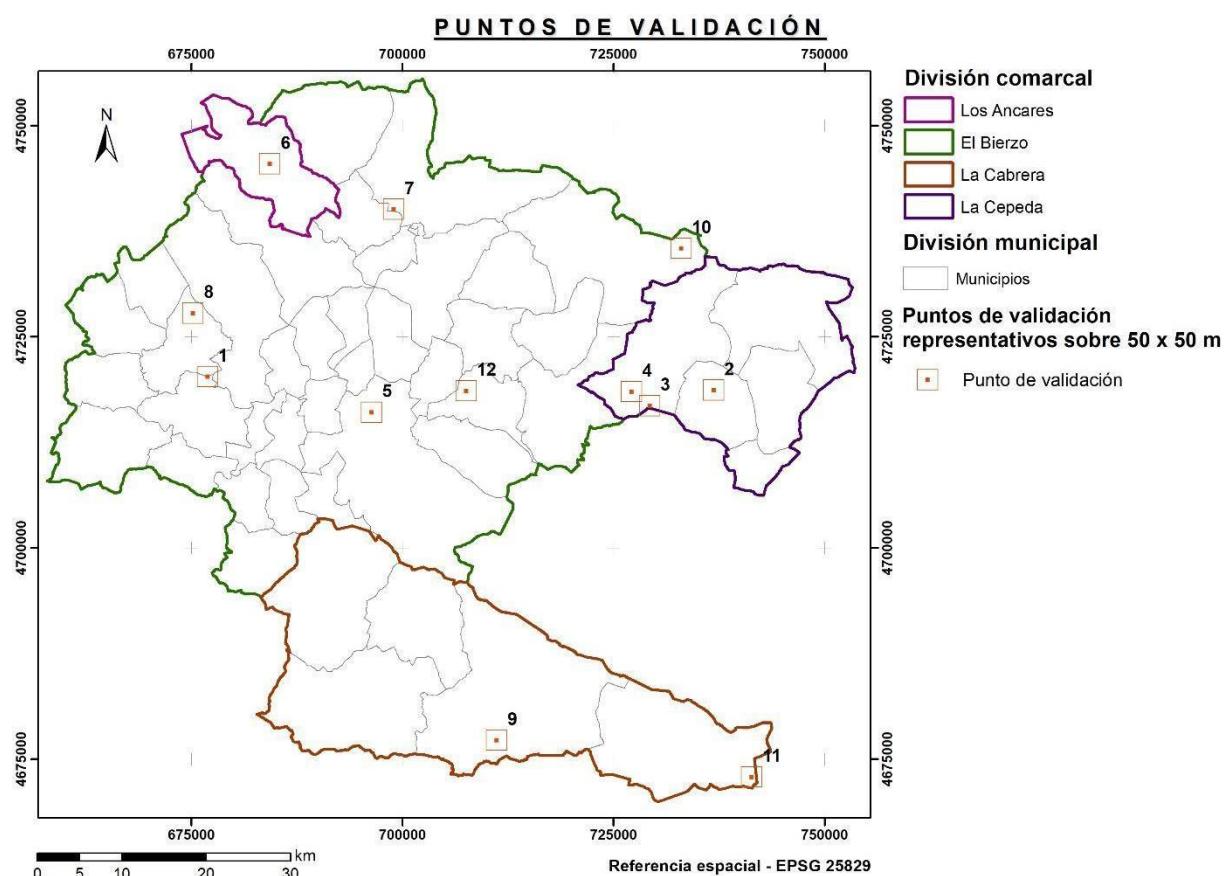


Figura 12-1.- Mapa de localización de los puntos de validación. Fuente: elaboración propia.

El análisis en campo de la verdad-terreno consistió en, mediante análisis visual del territorio y argumentos relacionados con las variables de aptitud e impacto tenidas en cuenta en el trabajo, otorgar a ese emplazamiento una categoría absoluta de capacidad de acogida de las presentes en el mapa resultante (“Excluyente”, “Baja” o “Media”). Los resultados se encuentran en la siguiente Tabla 12-1:

Tabla 12-1.- Valoración visual de la capacidad de acogida. Fuente: elaboración propia.

Emplazamiento (* puntos clave asociados a complejos eólicos visitados en campo)	Descripción (un asterisco (*), indica un motivo de exclusión)	Capacidad de acogida valorada mediante análisis visual
1 * Trabadelo	Altitud moderada, pendientes moderadas, vegetación arbórea variada aunque escasa (<i>Alnus glutinosa</i> , <i>Arbutus unedo</i> , <i>Pinus radiata</i> , <i>Populus</i>)	Excluyente

	<p><i>alba, Quercus pyrenaica</i>), densa cubierta arbustiva impenetrable de 1,5 m de altura (brezos, carquesas, codesos, escobas, rosales, zarzas), zona con aparente riesgo de incendio, líneas eléctricas aéreas próximas, numerosas aves paseriformes y rapaces diurnas, escucha de fauna abundante al atardecer, algunas pistas anchas y asentadas, accesibilidad decente en vehículos, alto valor paisajístico, cercanía extrema a carreteras*, cercanía extrema al Camino de Santiago Francés*, cercanía extrema a la Reserva de la Biosfera de los Ancares Leoneses*, cercanía moderada a zonas residenciales de Villafranca del Bierzo, rechazo local a macroparques eólicos, visibilidad de y desde Ponferrada, terreno con erosión hídrica laminar palpable y abundantes surgencias de agua en ladera, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre HIC, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZIM</p>	
2 * Porqueros	Altitud moderada, pendientes moderadas, incipiente fracción de cabida cubierta arbórea de una masa de repoblación en monte bravo (<i>Pinus radiata</i>), cercanía considerable a la red fluvial, cercanía considerable a áreas residenciales, visible desde más de 10 puntos clave, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA	Media
3 * Ucedo	Altitud moderada, pendientes moderadas, cercanía considerable al Camino de Santiago del Manzanal, cercanía considerable a áreas residenciales, considerable fracción de cabida cubierta arbórea (<i>Pinus radiata</i>), bajo grado de erosión laminar, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre HIC, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA	Media
4 * El Manzanal	Altitud moderada, pendientes moderadas, nula fracción de cabida cubierta arbórea, densa cubierta arbustiva impenetrable de 2 m de altura (brezos, escobas), zona con aparente riesgo de incendio, velocidad del viento notable, bajo grado de erosión laminar, cercanía extrema al núcleo de población de Manzanal del Puerto*, cercanía extrema a aerogeneradores ya instalados*, disposición sobre el área proyectada del Geoparque Médulas-Teleno, área sensible ante eólicas de SEO/BirdLife, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre HIC, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA	Excluyente
5	Cercanía extrema a los Caminos de Santiago*, cercanía extrema a carreteras*, cercanía extrema a líneas ferroviarias*, cercanía considerable a áreas residenciales , cercanía considerable al centro de Ponferrada, baja velocidad media anual del viento, cercanía	Excluyente

	considerable a la Colada de Villablino o Laciana, disposición sobre áreas cultivables de regadío*, visible desde más de 10 puntos clave, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, alta probabilidad de deslizamiento de laderas, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA, disposición sobre ZIM	
6	Disposición sobre la Reserva de la Biosfera de los Ancares Leoneses* y sobre IBAs*, cercanía considerable a áreas residenciales, disposición sobre el área total de los Planes de recuperación del oso pardo cantábrico y del urogallo cantábrico, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del oso pardo cantábrico, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del urogallo cantábrico, disposición sobre HIC, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA, disposición sobre ZIM	Excluyente
7	cercanía considerable a zonas ZEC de la RN2000, cercanía considerable a zonas ZEPA de la RN2000, cercanía considerable a áreas residenciales, baja velocidad media anual del viento, área sensible ante eólicas de SEO/BirdLife, máximo valor de sensibilidad ante VIPAs, visible desde más de 10 puntos clave, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del oso pardo cantábrico, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del urogallo cantábrico, disposición sobre HIC, alta probabilidad de deslizamiento de laderas, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA, disposición sobre ZIM	Baja
8	Cercanía considerable a la Reserva de la Biosfera de los Ancares Leoneses, cercanía considerable a zonas ZEC de la RN2000, cercanía considerable a zonas ZEPA de la RN2000, considerable fracción de cabida cubierta arbórea, cercanía considerable a la red fluvial, cercanía considerable a áreas residenciales, pendiente considerable, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del oso pardo cantábrico, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del urogallo cantábrico, disposición sobre HIC, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA, disposición sobre ZIM	Baja
9	Cercanía considerable a la REN, cercanía considerable a zonas ZEC de la RN2000, cercanía considerable a zonas ZEPA de la RN2000, cercanía considerable a la red fluvial, cercanía considerable a áreas residenciales, disposición sobre el área proyectada del Geoparque Médulas-Teleno, máximo valor de sensibilidad ante VIPAs, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre	Baja

	el hábitat de potencial expansión del oso pardo cantábrico, disposición sobre HIC, alta probabilidad de deslizamiento de laderas, área considerada con máxima sensibilidad ante aves planeadores por la JCYL, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA	
10	Cercanía considerable a la Reserva de la Biosfera de los Valles de Omaña y Luna, cercanía considerable a zonas ZEC de la RN2000, cercanía considerable a zonas ZEPA de la RN2000, cercanía considerable al Corredor Ecológico del Cantábrico, cercanía considerable a la red fluvial, altitud notable, cercanía considerable a áreas residenciales, pendiente considerable, cercanía considerable a aerogeneradores ya instalados, área muy sensible ante eólicas de SEO/BirdLife, máximo valor de sensibilidad ante VIPAs, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del oso pardo cantábrico, disposición sobre el hábitat de potencial expansión del urogallo cantábrico, disposición sobre HIC, alta probabilidad de deslizamiento de laderas, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA	Baja
11	Cercanía considerable a zonas ZEC de la RN2000, cercanía considerable a áreas residenciales, disposición sobre el área proyectada del Geoparque Médulas-Teleno, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZPA	Media
12	Cercanía considerable a áreas residenciales, baja velocidad media anual del viento, disposición sobre el área proyectada del Geoparque Médulas-Teleno, visible desde más de 10 puntos clave, disposición sobre el Gran Conector Ecológico UICN, alta probabilidad de deslizamiento de laderas, disposición sobre ZARI, disposición sobre ZIM	Media

Queda a disposición el enlace del corto documental divulgativo filmado acerca de la valoración en campo: <https://youtu.be/TcO4fTyoKzA>. En la Figura 12-2 se puede apreciar el aspecto de la miniatura del video:



¿Eolo colocaría aquí monolitos de viento?
Análisis en La Cepeda (León).

Figura 12-2.- Miniatura del corto documental divulgativo *¿Eolo colocaría aquí monolitos de viento? Análisis en La Cepeda (León)*. Fuente: toma propia.

A continuación, se elaboró una matriz de confusión para poder valorar la exactitud de los resultados del mapa obtenido en gabinete (**Tabla 12-2**):

Tabla 12-2.- Matriz de confusión: resultados de gabinete (g) respecto de la verdad-terreno (v-t).

Clase de acogida absoluta	Excluyente (v-t)	Baja, (v-t)	Media (v-t)	Total
Excluyente (g)	4	0	0	4
Baja (g)	0	4	0	4
Media (g)	0	0	4	4
Total	4	4	4	12

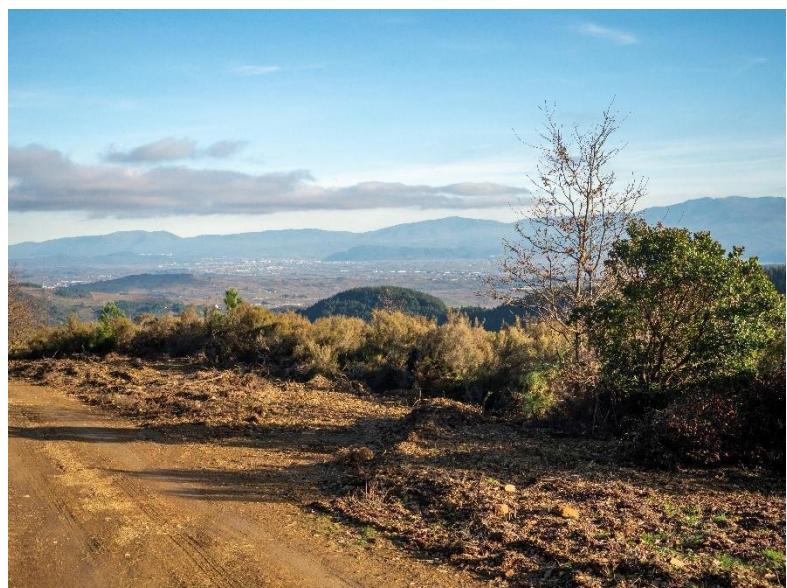
Fueron obtenidas la exactitud global, las exactitudes del usuario y las exactitudes del productor con intervalos de confianza al 95 % (**Tabla 12-3**) mediante Wald Ajustado, al existir menos de 100 puntos de validación (**Sauro, 2024**). La exactitud global del modelo de gabinete con intervalos de confianza al 95 % de significación fue del 100,00 % (78,40 % - 100,00 %).

Tabla 12-3.- Estadísticos de exactitud e intervalos de confianza al 95 %.

Exactitud global (%) = 100,00 (78,40 – 100,00)				
Clase	Exactitud del productor (%)	Error de omisión (%)	Exactitud del usuario (%)	Error de comisión (%)
Excluyente	100,00 (54,34 – 100,00)	0,00 (0,00 – 45,66)	100,00 (54,34 – 100,00)	0,00 (0,00 – 45,66)
Baja	100,00 (54,34 – 100,00)	0,00 (0,00 – 45,66)	100,00 (54,34 – 100,00)	0,00 (0,00 – 45,66)
Media	100,00 (54,34 – 100,00)	0,00 (0,00 – 45,66)	100,00 (54,34 – 100,00)	0,00 (0,00 – 45,66)

Es interesante contar con una referencia visual a nivel paisajístico del entorno tratado en el estudio, teniendo en cuenta que el paisaje enmarca algunas de las variables más valoradas a la hora de definir la capacidad de acogida de un territorio. Por ello, se incluye un reportaje fotográfico de los recorridos efectuados hasta alcanzar los puntos clave:

- Áreas aún sin aerogeneradores, donde se han proyectado (ver **Figuras 12-3 y 12-4**):



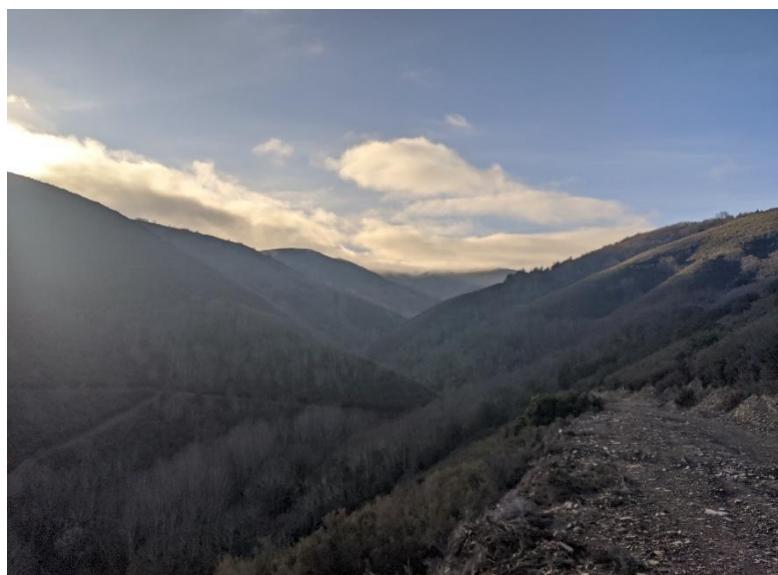




Figura 12-3.- Salida hasta el espacio para el proyectado complejo eólico “Trabadelo” (El Bierzo). Fuente: tomas propias, a fecha de 23/01/2024.



Figura 12-4.- Salida hasta el espacio para el proyectado complejo eólico “Ucedo” (La Cepeda). Fuente: toma propia, a fecha de 08/02/2024.

- Áreas con aerogeneradores ya presentes (ver Figura 12-5):



Figura 12-5.- Salida al complejo eólico “El Manzanal” (La Cepeda). Fuente: tomas propias, a fecha de 08/02/2024.

13. Anexo VII: Centrales eólicas instaladas y proyectadas

En el presente anexo, se amplía la información acerca de las centrales eólicas instaladas y de las proyectadas en las comarcas estudiadas mostrada al final del Apartado 2.1. (Descripción de la zona de estudio). Las características de cada central se encuentran en la Tabla 13-1 y la disposición de los aerogeneradores que las componen se muestra en la Figura 13-1:

Tabla 13-1.- Características de las centrales eólicas del área de estudio (02-01-2024). Fuente: elaboración propia a partir de las fuentes citadas en la tabla.

Estado	Denominación	Capacidad total o potencia instalada (MW)	Nº de turbinas o aerogeneradores dentro de los límites supra comarcales (y total)	Capacidad eólica por turbina o potencia unitaria (MW)	Modelo	Altura de buje (m)	Diámetro de rotor (m)	Referencia
Instaladas	Argañoso	30,0	1 (15)	2,00	Gamesa G90/2000	80	90	(León, 2007)
	Cerro Becerril	20,8	4 (13)	1,60	Ecotecnia 1.6	80	80	(León, 2006a)
	El Manzanal	-	34 (-)	-	-	-	-	-
	El Redondal fases 1 y 2	30,6	36 (36)	0,85	Gamesa G58/850 / G52/850	70	58 / 52	(AEE, 2021)
	Era del Pico	11,9	14 (14)	0,85	Gamesa G58/850 / G52/850	70	58 / 52	(AEE, 2021)
	Espina	16,2	9 (9)	2,00	Gamesa G87/2000	100	87	(León, 2022)
	La Mallada	46,4	5 (29)	1,60	Ecotecnia 1.6	80	80	(León, 2006b)
	Peña del Gato	50,0	25 (25)	2,00	Vestas V90/2000	100	90	(AEE, 2021)
	San Pedro	-	10 (-)	-	-	-	-	-
	Valdelacasa III	26,4	6 (16)	1,65	Gamesa G66/1650	67	80	(Castilla y León, 2003)
Proyectadas - Autorizadas	Valdelín	-	12 (-)	-	-	-	-	-
	Abecé	-	9 (-)	-	-	-	-	-
	Porqueros	26,6	7 (7)	3,60 / 3,80	GE137	110	137	(León, 2021b)
	Santa Cruz	-	9 (-)	-	-	-	-	-
	Trabadelo	110,0	18 (18)	6,20 / 6,10	-	115	170	(España, 2023h)
	Ucedo	26,6	6 (7)	3,60 / 3,80	GE137	110	137	(León, 2021a)
	Veldedo	26,6	1 (7)	3,60 / 3,80	GE137	110	137	(León, 2023)
Proyectadas – En trámite	Alto Bierzo-Sil	126,0	13 (20)	6,60 / 6,00	-	-	-	(España, 2023a)
	Alto Cabrera	144,0	15 (15)	6,00	-	115	170	(España, 2021c)
	Alto de las Eras	-	5 (-)	-	-	-	-	-
	Anémide	80,0	21 (21)	3,81	-	-	-	(España, 2021b)
	Oencia	217,0	33 (35)	6,20	-	-	-	(España, 2023b)
Proyectadas – Desistidas (DIA desfavorable)/Denegadas (modificación negativa de plan urbanístico)	Acario	54,0	13 (13)	4,15	-	-	-	(España, 2021a)
	Barjas	121,0	22 (22)	5,50	-	130	170	(Gutián, 2021; España, 2023h)
	Busmayor	60,0	10 (14)	6,00	-	115	120	(España, 2023h)

	Cabrera	54,0	12 (12)	4,50	-	-	-	(España, 2021b)
	Corporales	54,0	12 (13)	4,15	-	-	-	(España, 2021b)
	Eco	72,0	12 (12)	6,00	-	-	-	(España, 2022a)
	El Páramo	-	13 (-)	-	-	-	-	-
	Lardeiras	108,0	12 (18)	6,00	-	-	-	(España, 2023h)
	Pichí	90,0	4 (15)	6,00	-	-	-	(España, 2023h)
	Ralea	138,0	23 (23)	6,00	-	-	-	(España, 2022a)
	Torneros	54,0	13 (13)	4,15	-	-	-	(España, 2021b)
	Tureno	54,0	14 (14)	3,86	-	-	-	(España, 2021a)
	Umbrío	114,0	19 (19)	6,00	-	-	-	(España, 2022a)
	Veleta	66,0	6 (11)	6,00	-	115	170	(España, 2023c)



Figura 13-1.- Distribución de aerogeneradores en el área supra comarial con distinción según su estado de implantación (02-01-2024). Fuente: elaboración propia a partir de FDJCC (2021b).

14. Anexo VIII: Funcionamiento del viento y de los aerogeneradores y tratamiento de datos con R

La energía eólica es aquella generada mediante el aprovechamiento del movimiento del aire o viento. Los sistemas terrestres de corrientes de viento a gran escala están alimentados por la radiación solar incidente. Funcionan gracias a las diferencias de temperatura entre latitudes y a la desviación de la rotación terrestre (Johansson *et al.*, 1993). La dirección y la velocidad del viento dependen de la latitud, de la topografía y rugosidad del terreno, de la temperatura, de su densidad y de la presión atmosférica (Brower, M., 1992; Ramachandra y Shruthi, 2005). Aquella producida sobre tierra firme se denomina *on-shore* (Mentis *et al.*, 2015). Además, se constata una mayor velocidad del viento a mayor altura respecto al suelo (perfil de la velocidad del viento). Las mediciones de velocidad del viento se generan en una red puntual de estaciones meteorológicas, pero son extrapolables a su territorio circundante gracias a técnicas geoestadísticas (Mentis *et al.*, 2015). Las estaciones típicamente miden la velocidad del viento a una altura sobre el suelo de 10 m (NASA, 2023), que con diversas ecuaciones generalistas (Ramachandra y Shruthi, 2005) o más precisos modelados del perfil (Bañuelos-Ruedas *et al.*, 2010) de la velocidad del viento respecto de la altura sobre el suelo para una latitud y ambiente concretos, pueden ser extrapoladas a otras alturas. Por ejemplo, es de interés obtener las velocidades medias anuales del viento a alturas de 50, 100, 150 o 200 m sobre el suelo (CENER, 2023), ya que la turbina de los aerogeneradores se eleva hasta estos rangos de altura, según el modelo. La altura de buje (o turbina) de los aerogeneradores recientemente proyectados en las comarcas de Los Ancares, El Bierzo, La Cabrera y La Cepeda es de algo más de 100 m y cuentan con un radio de rotor de al menos 60 m (diámetro de 120 m) (España, 2023e; 2023g; 2023h). *Datos ampliados en el Apartado 13. (Anexo VII: Centrales eólicas instaladas y proyectadas).*

Un modelo de turbina se considera mejor cuanto mayor rendimiento demuestre a bajas velocidades de viento (Zahedi *et al.*, 2022) de acuerdo a la Ec. (14-1) (Ayodele *et al.*, 2018).

$$P = \frac{\rho * A * v^3 * C_p}{2} \quad (14-1)$$

Para: P: potencia de salida de la turbina; A: superficie de pala; v: velocidad del viento; ρ: densidad media del viento ($1,23 \text{ kg/m}^3$); C_p : factor de potencia.

Un menor número de aerogeneradores por unidad de superficie reduce la generación de turbulencias del viento indeseadas. No obstante, cuanta menor sea esta densidad (mayor

distanciamiento entre aerogeneradores), más superficie de terreno estaría siendo ocupada para este uso y los costes de líneas eléctricas de interconexión aumentarían. Según Krewitt y Nitsch (2003); Manwell *et al.* (2010); McKenna *et al.* (2022), el equilibrio se encuentra con aerogeneradores distanciados entre sí entre 5 y 10 veces el diámetro de su rotor que, suponiéndose de 120 m, se traduciría en un distanciamiento recomendado de 600 a 1200 m entre aerogeneradores; que para Díaz-Cuevas *et al.* (2017), sin embargo, es de manera genérica de 200 m. Por otro lado, la disposición de aerogeneradores con la turbina dirección en contra del viento disminuye la velocidad del viento, siendo menos aprovechable para los siguientes aerogeneradores con turbina dirección a favor del viento en un rango de hasta 50 km (Lundquist *et al.*, 2018).

El actual predominante mercado de energía eólica centralizada es dependiente de la disponibilidad de tendidos eléctricos aéreos de alta tensión o voltaje de gran longitud (o líneas subterráneas menos comunes dado su elevado coste), sin los cuales no sería posible el desplazamiento de cantidades de energía considerables (Lundquist *et al.*, 2018; Sánchez-Zapata *et al.*, 2019). Sin embargo, los costes asociados a estas instalaciones de transmisión y su mantenimiento suponen una gran parte del total para las explotaciones eólicas, por lo que serían convenientes estudios de optimización de tendidos eléctricos, en realidad poco comunes (Mentis *et al.*, 2015). Por otro lado, suponen una sensible proporción de la ocupación del territorio en la cual se imposibilitan otros usos potenciales. Así, se define la superficie ocupada por una explotación agrícola no solo la tomada por los aerogeneradores y su área de influencia, sino también aquella en la que se disponen las líneas de alta tensión y su franja de servidumbre (España, 2008b).

La energía eólica es un tipo de energía renovable muy variable: en momentos de fuerte eolicidad, es capaz de cubrir una considerable parte de la demanda, pero se ve limitada en tramos valle (Fernández-Latorre y Ventura-Fernández, 2011).

Dada la importancia e influencia del comportamiento del viento (dirección, velocidad máxima de racha, velocidad media) a nivel local en el territorio sometido a evaluación de capacidad de acogida para obtención de energía eólica, éste debe conocerse de manera precisa y gráfica en el territorio estudiado. Para ello, se obtuvo la recopilación de todos los datos de AEMET OpenData (2023) de la estación meteorológica pública de Ponferrada (la única en el territorio supra comarcal de este estudio) tras la solicitud y concesión de la clave personal de usuario. Aun así, los datos se comparten de manera semi encriptada, por lo que además fue

necesaria la adquisición por encargo de esos mismos datos ordenados en .csv a través de [DatosClima \(2023\)](#). Estas bases de datos fueron editadas para mantener valores únicamente de la estación de Ponferrada, se eliminaron variables no relacionadas con el viento, así como registros erróneos, nulos o ambiguos en las mediciones de direcciones y velocidades de las rachas de viento registradas diariamente entre el 20-11-1986 y el 5-12-2023, manteniendo los registros correctos de estas mediciones. El número de registros (días) válidos y empleados en el análisis constan de un total de 12678. Debe tenerse en cuenta que en esta estación meteorológica las velocidades del viento (medias y rachas) se encuentran medidas a 10 m sobre el suelo (medida a diferente altura, la velocidad del viento variaría ([Bañuelos-Ruedas et al., 2010](#))). Los datos fueron tratados mediante el siguiente script de R analizando las direcciones (º) y velocidades (m/s) de las rachas (ver [Figura 14-1](#)):

```

1 # Se limpian todos los objetos (Environment) de la memoria RAM y los residuos:
2 rm(list=ls())
3 gc()
4
5 # Se marca el directorio de trabajo:
6 setwd("D:/TFGI_Ambientales/1_Documentos_bibliografia/12Datos_viento_AEMET")
7
8 # Se importan los datos:
9 data<- read.csv("ponfe.csv", header = TRUE, sep = ";", dec=".") #se vuelcan en objeto data.
10 #Separador es ; y separador decimal es un . (y no una ,).
11 class(data) #Es un datafram.
12 head(data) #Se visualizan los 6 primeros registros.
13 #View(data) #Se visualizan todos los datos.
14 nrow(data) #12677 filas o días con datos.
15 str(data) #dir es un int y racha es num.
16
17 # Se trabajan las variables (columnas) de la base de datos y aseguramos que serán de tipo num (numérico con capacidad decimal):
18 data$dir <- as.numeric(data$dir)*10 #la variable dir debe convertirse de de decenas de grado a grado.
19 data$racha <- as.numeric(data$racha)
20 str(data) #dir es un num y racha es num.
21
22 # Se asegura que el datafram no cuenta con filas (días) con datos NA o en blanco:
23 data <- na.omit(data)
24 nrow(data) #12677, no había ningún NA y se mantiene con las mismas filas.
25
26 # Se genera la rosa de los vientos mediante la función openair::windrose:
27 library(openair)
28 windRose(data, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
29 #ws: columna velocidad viento en m/s.
30 #wd: columna dirección del viento (rachas) en grados.
31 #breaks: intervalos de color (teniendo en cuenta que para Ponferrada la mínima racha es de 1,7 m/s y la máxima de 19,7).
32 #max.freq: ajuste de la escala circular.
33 #key.position: posición de la leyenda.
34 #Los vientos provienen mayoritariamente de la componente oeste en Ponferrada.
35
36 #####
37 # Rosa de los vientos por meses:
38 data$fecha <- as.Date(data$fecha, "%d/%m/%Y")
39 str(data) #Variable o columna fecha es ahora de tipo Date.
40 head(data) #(En la base de datos se ha modificado a "Y-m-d").
41
42 enero <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="01")
43 windRose(enero, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
44
45 febrero <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="02")
46 windRose(febrero, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
47
48 marzo <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="03")
49 windRose(marzo, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
50
51 abril <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="04")
52 windRose(abril, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
53
54 mayo <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="05")
55 windRose(mayo, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
56
57 junio <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="06")
58 windRose(junio, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
59
60 julio <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="07")
61 windRose(julio, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
62
63 agosto <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="08")
64 windRose(agosto, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
65
66 septiembre <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="09")
67 windRose(septiembre, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
68
69 octubre <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="10")
70 windRose/octubre, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
71
72 noviembre <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="11")
73 windRose/noviembre, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
74
75 diciembre <- subset(data, format.Date(fecha, "%m")=="12")
76 windRose/diciembre, ws = "racha", wd = "dir", breaks = c(0, 2, 5, 10, 20, 30), max.freq = 30, key.position = "right")
77

```

```

78 - ##### se plotean todos los datos diarios de rachas de viento:
79 # se plotean todos los datos diarios de rachas de viento:
80 library(ggplot2)
81 library(ggpmisc)
82 library(zoo)
83 ggplot(data, aes(fecha, racha)) + ##lineas anteriores en vez de funcion plot es ggplot que puedo poner muchas mas cosas
84 geom_point(aes(y = racha), size=1) + ##puedo poner tamaño puntos
85 labs(y = "Racha (m/s)", x="Fecha") + ##pongo los ejes el nombre
86 theme_minimal(base_size = 15) +
87 geom_smooth(method = "lm", se=FALSE, color="red", formula = y ~ x, linewidth = 2) +
88 stat_poly_eq(aes(label = paste(..eq.label.., ..rr.label.., sep = "~~~~")), 
89 label.x.npc = "center", label.y.npc = 0.85,
90 formula = y ~ x, parse = TRUE, size = 5, colour='blue')
91 #(La linea de tendencia con un R-cuadrado cercano a 0 indica una nula correlacion entre la velocidad del viento y la fecha).
92
93 # Se crean agregados mensuales con la mayor racha registrada para simplificar el grafico:
94 data$month <- format(data$fecha, format="%m") #se agrega la columna o variable month al dataframe.
95 data$year <- format(data$fecha, format="%Y") #se agrega la columna o variable year al dataframe.
96 racha1<-aggregate(racha ~ month + year , data , max)
97 racha1$fecha <- as.Date(as.yearmon(paste(racha1$year, racha1$month)), "%Y %m")
98 #Se agregan rachas maximas por años y meses (no de dias, cada dia es una parte indisoluble del agragado).
99 head(racha1)
100 ggplot(racha1, aes(fecha, racha)) +
101 geom_point(aes(y = racha), size=1) +
102 scale_x_date(date_breaks = "5 year", date_labels = "%b\n%y")+
103 labs(y = "Racha (m/s)", x="Fecha") +
104 theme_minimal(base_size = 15) +
105 geom_smooth(method = "lm", se=FALSE, color="red", formula = y ~ x, linewidth = 2) +
106 stat_poly_eq(aes(label = paste(..eq.label.., ..rr.label.., sep = "~~~~")),
107 label.x.npc = "center", label.y.npc = 0.85,
108 formula = y ~ x, parse = TRUE, size = 5, colour='blue')
109
110 # Se crean agregados anuales con la mayor racha registrada para simplificar el grafico:
111 racha2<-aggregate(racha ~ year , data , max)
112 racha2$fecha <- as.Date(racha2$year, "%Y")
113
114 ggplot(racha2, aes(fecha, racha)) +
115 geom_point(aes(y = racha), size=2) +
116 scale_x_date(date_breaks = "5 year", date_labels = "%y")+
117 labs(y = "Racha (m/s)", x="Fecha") +
118 theme_minimal(base_size = 15) +
119 geom_smooth(method = "lm", se=FALSE, color="red", formula = y ~ x, linewidth = 2) +
120 stat_poly_eq(aes(label = paste(..eq.label.., ..rr.label.., sep = "~~~~")),
121 label.x.npc = "center", label.y.npc = 0.85,
122 formula = y ~ x, parse = TRUE, size = 5, colour='blue')

```

Figura 14-1.- Script en R del tratamiento de los datos de viento de la estación de Ponferrada.

Se obtuvo la rosa de los vientos de Ponferrada para todo el periodo (Figura 14-2). Se aprecia que las rachas de viento en ese punto provienen predominantemente de las componentes oeste (25 % W, 19 % NW, 18 % SW), que los días de calma (velocidad = 0 m/s) representan un 0,4 % y que la velocidad en rachas se da típicamente en los rangos de 5 a 10 y de 10 a 20 m/s (media de 7,8 m/s).

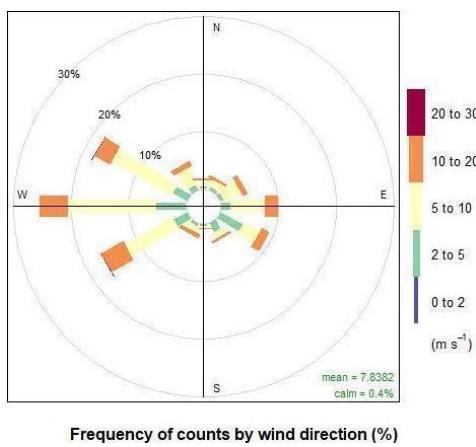


Figura 14-2.- Rosa de los vientos de Ponferrada con datos entre 1986 y 2023.

También se realizó un estudio temporal mediante rosas de los vientos aislando los datos de cada mes del año para todo el periodo con datos (Figura 14-3), palpando un similar comportamiento en cuanto a la dirección y velocidad de racha independientemente del mes, aunque con un ligero

incremento en los meses propios del otoño y el invierno, como confirman con cartografía de viento para Castilla y León Aymamí *et al.* (2016).

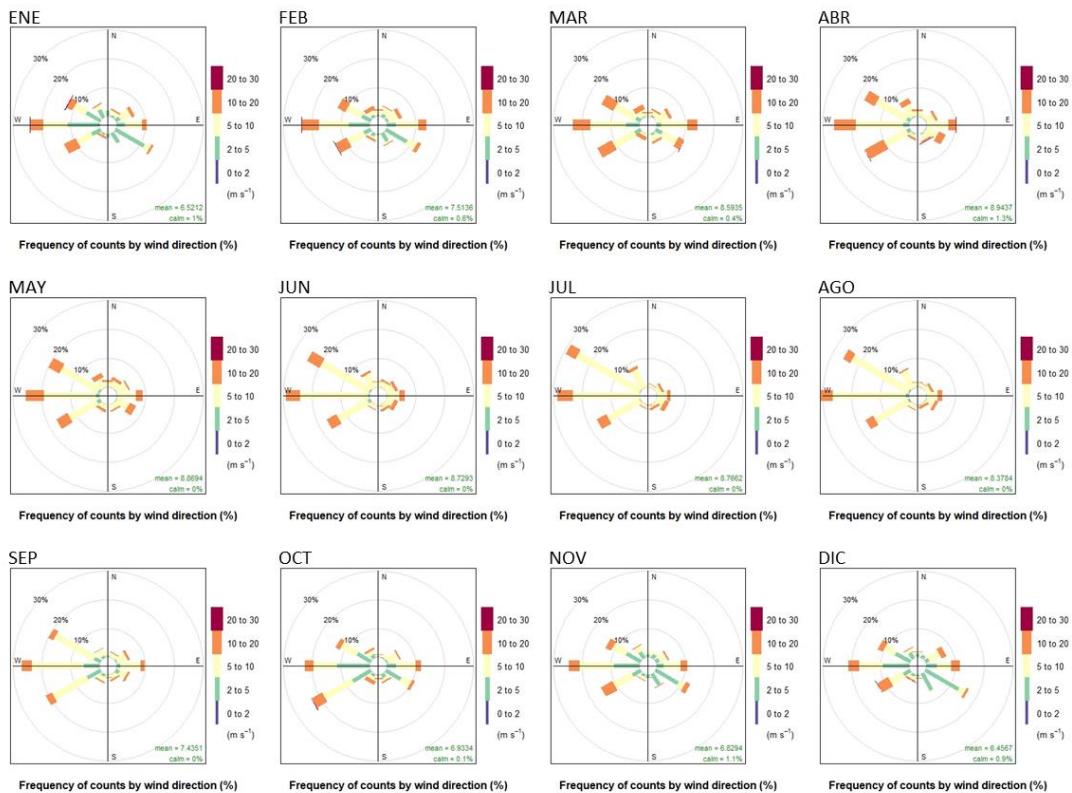


Figura 14-3.- Rosa de los vientos de Ponferrada con datos entre 1986 y 2023.

También se demostró la no dependencia de los valores respecto al avance global del tiempo mediante una serie gráfica de datos (Figura 14-4), ya que la correlación lineal de Pearson o R^2 entre el eje de velocidad del viento y el del tiempo era prácticamente cero.

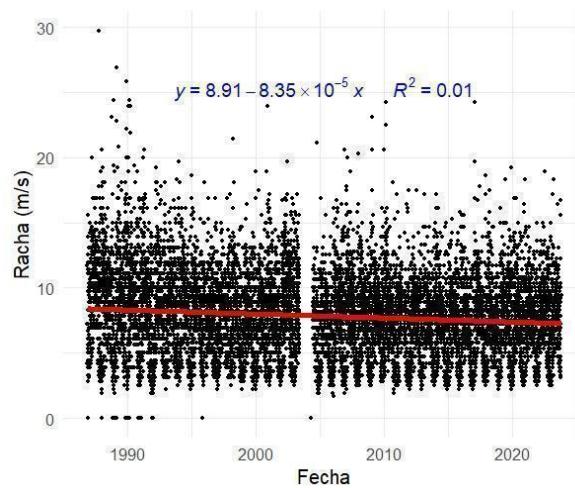


Figura 14-4.- Velocidad de racha diaria entre 1986 y 2023 en Ponferrada.

Por último, se obtuvo una simplificación gráfica de los datos representando únicamente los mayores valores de velocidades de rachas mensuales y anuales (Figura 14-5).

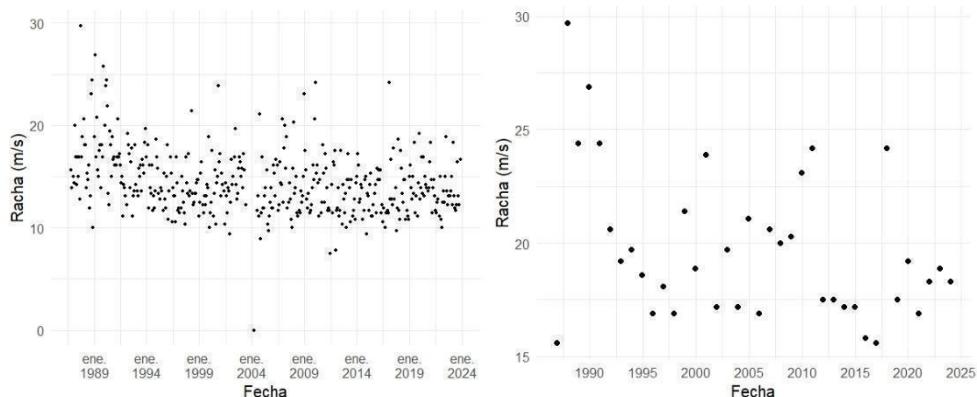


Figura 14-5.- Velocidad de racha máxima mensual (iza.) y anual (dcha.) entre 1986 y 2023 en Ponferrada.

Por otro lado, con datos entre el 1-1-1961 y el 5-12-2023, la media de las velocidades medias diarias (no rachas) del viento es de 1,8 m/s en Ponferrada.

De manera complementaria, se consultó la información disponible en **ITACYL (2013)**, que se presentan en forma de rosa de los vientos de manera menos elaborada y con datos de solamente entre 1 y 12 años (según la estación) pero para una mayor variedad de estaciones climatológicas dentro de las comarcas a estudio (ver Figura 14-6). En El Bierzo (Ponferrada, Almázcara) y próximo a Los Ancares en El Bierzo (Villar de Otero), se confirma el viento predominante de componente oeste. En La Cepeda (Villameca) además de la componente oeste, destaca la norte.

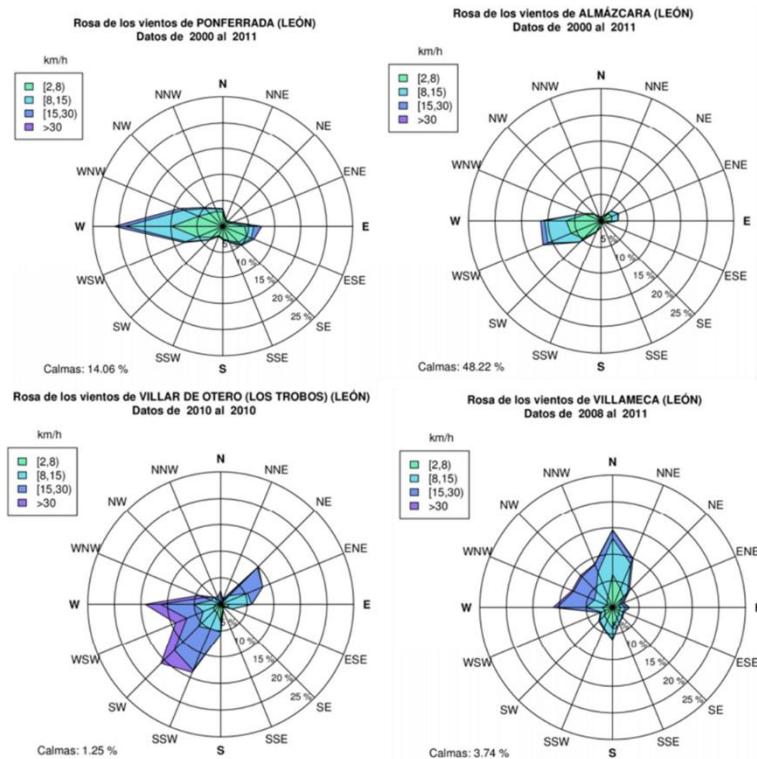


Figura 14-6.- Rosas de los vientos en diversas estaciones de las comarcas a estudio. Fuente: **ITACYL (2013)**.

De esta manera, se concluye que en El Bierzo, Los Ancares y probablemente La Cabrera (dada su similar proximidad al margen oeste español de costa), la componente predominante de procedencia del viento es la oeste. Para La Cepeda, la componente oeste mantiene un grado de importancia pero pierde una parte del peso en pro de la componente norte.

15. Anexo IX: Descripción de impactos

En el presente anexo, se desarrolla el conocimiento acerca de los potenciales impactos de la instalación de grandes eólicas con algunos apuntes sobre su mitigación, de manera complementaria sobre el Apartado 1.1.1. (La producción eólica, los aerogeneradores y su impacto ambiental):

- Afecciones a la avifauna y a los murciélagos:** el impacto de la implantación de instalaciones renovables eólicas afecta de manera asimétrica según el grupo taxonómico (Pérez-García *et al.*, 2022), especialmente sobre especies longevas y de ciclo reproductivo largo, muy vulnerables ante la pérdida de hábitats específicos o de la mortalidad añadida no natural (Thaxter *et al.*, 2017): es el caso de los grandes impactos que se producen sobre aves rapaces y planeadoras como los buitres (Drewitt y Langston, 2006; Dai *et al.*, 2015; Sánchez-Zapata *et al.*, 2019), tanto locales como migratorias (Tellería, 2009) y sobre murciélagos (quirópteros), tanto locales como migratorios

(Voigt *et al.*, 2012; Dai *et al.*, 2015; Frick *et al.*, 2020). Se contabilizan entre 5 y 130 colisiones por año y generador para el caso de las aves, y entre 1 y 45 para los murciélagos. Estas especies pasan gran parte de su ciclo vital fuera de espacios protegidos, por lo que la mortalidad añadida producida fuera de estos espacios podría acabar con sus poblaciones fuera y dentro de los espacios protegidos (Boakes *et al.*, 2019; Santangeli *et al.*, 2019). En España, más del 50 % de las especies de avifauna son susceptibles a colisiones (Sánchez-Zapata *et al.*, 2016). Por otro lado, los estudios acerca del impacto de las grandes eólicas sobre la avifauna y los quirópteros podrían estar infraestimándolo, dados el aún nulo consenso en la metodología y medición (Díaz-Estebar *et al.*, 2021) y la limitada disponibilidad de datos poblacionales de aves y sobre todo de quirópteros (Arnett y May, 2016). Además, las zonas con presencia de aerogeneradores son evitadas por aves y murciélagos, modificando su trayectoria natural de desplazamiento y sus ciclos de alimentación y descanso (Schuster *et al.*, 2015). Por otro lado, el urogallo cantábrico (*Tetrao urogallus cantabricus*), taxón en peligro crítico, efectúa un abandono completo de las áreas tras la instalación de aerogeneradores, resultando en el declive de su presencia (González y Ena, 2011; González *et al.*, 2016), que para otros estudios sobre urogallo en el centro de Europa se define en un radio de 650 m alrededor de las turbinas (Coppes *et al.*, 2020). Un dato de interés es que las poblaciones españolas de buitres reducen anualmente 77.344 toneladas métricas de CO₂ equivalente, un servicio ecosistémico que implica un ahorro económico de 50 millones de dólares al año (Morales-Reyes *et al.*, 2015). Por otro lado, la pérdida de presión que produce el giro de las aspas causa barotraumas en murciélagos (Peste *et al.*, 2015), que son graves daños internos en sus órganos por los cambios en la presión del aire, lo cual causa su muerte sin colisión, representando ½ de sus decesos. De esta manera, los murciélagos sufren mayores impactos derivados de las instalaciones eólicas que la avifauna (Kuvlesky *et al.*, 2007). Los grandes campos eólicos son la primera causa de mortalidad de quirópteros a nivel mundial (O'Shea *et al.*, 2016). Las aves más grandes, de vuelo lento y nocturnas cuentan con dificultades para detectar y evadir las turbinas, por lo que también cuentan con un alto riesgo de choque (Saidur *et al.*, 2011). Los complejos eólicos resultan dañinos al estar frecuentemente dispuestos en zonas elevadas y de corrientes ascensionales (Marqués *et al.*, 2020). Para reducir el riesgo de choque contra las aspas, se recomienda hacerlas más visibles o disponerlas alineadas angularmente con el rumbo de vuelo más frecuente de las aves (Holmstrom *et al.*, 2011; Tabassum *et al.*, 2014), de acuerdo a modelados de migración (Liechti *et al.*,

2013), abundancia y agregación (Carrete *et al.*, 2012). Sin embargo, la mejor manera de reducir el riesgo de choque radica en la elección de áreas adecuadas y de baja calidad de hábitat previamente a la instalación de las turbinas (Arnett y May, 2016; Heuck *et al.*, 2019). La implantación de señales acústicas para avisar a la avifauna de la presencia de los aerogeneradores es una medida poco efectiva, dadas las diferentes capacidades auditivas de cada especie (Arnett y May, 2016). Las luminarias en algunos casos podrían atraer a murciélagos hacia las turbinas, por lo que debe ajustarse su color, intensidad y frecuencia de parpadeo (Arnett y May, 2016). Por otro lado, disminuir la velocidad del rotor a un máximo de 5 m/s en las horas más activas de los murciélagos podría reducir su mortalidad (Baerwald *et al.*, 2009; Arnett *et al.*, 2011). Otra opción consiste en reducir el periodo de actividad de los aerogeneradores a épocas que no sean de cría (Pearce-Higgins *et al.*, 2012), aunque la efectividad podría ser limitada y comprometería la obtención de energía. Reducir el periodo de funcionamiento a épocas de menor abundancia de insectos podría reducir el impacto sobre los murciélagos (Northrup y Wittemyer, 2013), ya que se ven atraídos a ellos al suponer una fuente de alimento, principalmente al final del verano y al comienzo del otoño (Sánchez-Navarro *et al.*, 2020). El orden jerárquico en las medidas de reducción de impactos debe basarse primero en la prevención mediante selección de emplazamientos seguros, después en medidas sobre el funcionamiento tecnológico y finalmente en medidas compensatorias (como la implantación de puntos de alimentación y de agua o el control de depredadores), dado el alto coste y reducida efectividad de estas últimas (Arnett y May, 2016). Por otro lado, se piensa que los aerogeneradores de mayor altura afectan en mayor medida a los murciélagos y los de menor altura, a la avifauna (Northrup y Wittemyer, 2013). La avifauna también puede sufrir electrocución al chocarse contra las líneas eléctricas de alta tensión aéreas asociadas a los complejos productores de energía, por lo que se recomienda que estas sean subterráneas (Kuvlesky *et al.*, 2007; Tabassum *et al.*, 2014; Bernardino *et al.*, 2018).

- **Pérdida y modificación del hábitat y afección a las comunidades vegetales:** se produce una pérdida inevitable de hábitat directamente sobre el área de ocupación y desbroce de cada aerogenerador y de las construcciones auxiliares (Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2006; Gasparatos *et al.*, 2017). El hábitat se fragmenta con la apertura de vías para tráfico pesado destinadas a la instalación y mantenimiento de los aerogeneradores y su consiguiente tala arbórea y desbroce de la cubierta vegetal nativa, aumentando el “efecto borde” o “barrera” (Jaber, 2014; Sánchez-Zapata *et al.*, 2016).

Esto limita el intercambio de material genético entre comunidades vegetales, reduciendo las fuentes de propágulos, el recurso para los polinizadores y su carácter protector y amortiguador (MediNat, 2021). Además, se acusa una pérdida de la vegetación clímax y se degradan las comunidades vegetales por presión antrópica (Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2006). Se produce una afección sobre servicios de apoyo como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes y a servicios de regulación como el clima y la hidrología (Sánchez-Zapata *et al.*, 2019). Las vías de transporte y las líneas eléctricas asociadas a los complejos eólicos cuentan con un potencial de afección a la biodiversidad mayor que los propios aerogeneradores, ya que resultan en una extensa fragmentación del hábitat y una disminución de su calidad asociada a la facilitación de la entrada a especies exóticas invasoras (Kuvlesky *et al.*, 2007; Gasparatos *et al.*, 2017). Existe una correlación palpable entre la expansión de infraestructuras de producción de energía renovable y su afección a las áreas de alta importancia de conservación de biodiversidad (e.g., espacios protegidos) aunque la expansión eólica no se produzca directamente sobre estas áreas (De-Sadeleer, 2017; Rehbein *et al.*, 2020; Pérez-García *et al.*, 2022). En zonas degradadas, el declive poblacional puede multiplicarse hasta 50 veces por los efectos sinérgicos y/o acumulativos de la perturbación del hábitat y las alteraciones climáticas (Mantyka-Pringle *et al.*, 2012). La biodiversidad también puede verse afectada por variaciones en el microclima, que los complejos eólicos producen en un rango de hasta 23 km en la dirección del viento, por un mayor intercambio vertical de aire por las turbulencias (Armstrong *et al.*, 2014; MediNat, 2021). Los proyectos eólicos pueden afectar a ecosistemas con alto interés para la conservación de su flora (generalmente endémica), como son los riparios, orófilos y rupícolas (MediNat, 2021). Los ambientes riparios son frágiles, dada su dependencia con el ciclo del agua y que están muy afectados por los procesos de cambio global, por lo que deben ser preservados (Acedo, 2017). Por otro lado, los hongos se encuentran estrechamente relacionados con la vegetación vascular a través de micorrizas, por lo que la reducción de la cubierta vegetal también afecta a la abundancia y diversidad fúngica (MediNat, 2021). Los líquenes, sobre todo los epífitos, son muy sensibles a las variaciones en el medio en el que se desarrollan (Aragón *et al.*, 2010). La alteración de las comunidades vegetales fruto de la fragmentación reduce la diversidad de especies liquénicas, reduciendo su papel de fijación de nitrógeno atmosférico y de almacenamiento de agua de lluvia (Ellis, 2012).

- **Afecciones a vertebrados terrestres no voladores:** poblaciones de pequeños mamíferos de los grupos de los roedores y las musarañas fueron estudiadas, comparando poblaciones en zonas control con poblaciones en zonas interiores a un complejo eólico, hallando que sus parámetros poblacionales y sus medidas corporales no se veían modificadas ([Łopucki y Mróz, 2016](#)). No obstante, varias especies de vertebrados no voladores (mamíferos y herpetofauna) podrían sufrir modificaciones en su comportamiento derivadas de la fragmentación y reducción del hábitat, al verse modificados los lugares de reposo, alimentación y refugio ([Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2006; Kuvlesky et al., 2007; Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008; Gutián, 2021](#)). Los grandes ungulados y carnívoros evitan las zonas internas y próximas a los aerogeneradores, alejando sus lugares de alimentación y de cría (y por lo tanto su éxito reproductor), como en el caso del lobo (*Canis lupus*), según [Da-Costa et al. \(2018\)](#). Si un complejo eólico se convierte en una barrera en el hábitat para la movilidad de los animales, podría ocasionar efectos adversos en el caso de especies amenazadas como el oso pardo cantábrico (*Ursus arctos pyrenaicus*), de acuerdo a [MediNat \(2021\)](#).
- **Deforestación, erosión y pérdida de suelo y contaminación de aguas:** en la construcción de un complejo eólico, la excavación y movimiento de tierras necesaria para construir los viarios requiere eliminar la cobertura vegetal, dejando parte del suelo expuesta a erosión eólica e hídrica ([Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2006; 2008](#)), aumentando el riesgo de desertificación y propiciando el aumento de CO₂ atmosférico ([Armstrong et al., 2014](#)). El material particulado desplazado del suelo podría alcanzar masas de agua superficiales, enturbiándola y reduciendo su calidad. Por otro lado, el suelo sufre riesgo de compactación. Además, el aceite de la maquinaria en la fase de construcción podría infiltrarse en el suelo y percolar hasta aguas subterráneas, propiciando graves problemas ambientales. La construcción con maquinaria pesada y su ruido podrían alterar los patrones de comportamiento de las especies animales, por lo que las labores de excavación deberían contar con mano de obra humana a fin de reducir la maquinaria presente ([Dai et al., 2015](#)). Además, los huecos excavados para situar los aerogeneradores pueden favorecer la generación de simas en terrenos kársticos, al modificar la dinámica del flujo hidrológico subsuperficial mediante nuevas grietas y oquedades ([Maeztu, 2004](#)).
- **Afecciones a ecosistemas acuáticos:** modificaciones de su dinámica hidrogeomorfológica y alteración del comportamiento de la fauna que los habita o acude a ellos ([Díaz-Cuevas et al., 2017](#)).

- **Afecciones al paisaje, impacto visual:** la Convención Europea del Paisaje considera como paisaje todo entorno sujeto a la apreciación subjetiva de cada sujeto, con variable calidad de acuerdo a la valoración sociológica en su conjunto. Es por ello que el criterio paisajístico es el más escuchado a la hora de determinar la capacidad de acogida de un territorio para la implantación de centrales eólicas (España, 2008a; Van-Der-Horst y Lozada-Ellison, 2010). Además, debe tenerse en cuenta que un aerogenerador puede ser visible hasta una distancia de 30 km (Bishop, 2002), dependiendo de las condiciones atmosféricas y de la capacidad de absorción de la vegetación y del relieve (Gómez-Villarino, 2011). Por otro lado, algunas personas pueden sufrir el efecto conocido como *not in my backyard*, por el que consideran las centrales eólicas como un elemento positivo al tratarse de energía renovable, pero que no quieren cerca del lugar donde viven al tratarse de un elemento que no les agrada visualmente (Devine-Wright, 2005), generando indirectamente una devaluación del valor de los terrenos próximos. Ciertos estudios como el previamente citado sugieren solucionar este efecto “fruto del egoísmo” mediante publicidad positiva. No obstante, en una realidad con una población rural concienciada e informada más allá de una publicidad superficial, es importante que se exija una adecuada ordenación en la que asumir un impacto visual tuviese cabida únicamente si se respetaran todos los demás intereses naturales y sociales. Numerosos estudios demuestran que los complejos eólicos no fijan población, generan un empleo inapreciable y temporal y disminuyen la actividad ecoturística en el territorio sobre el que se disponen (Kipperberg *et al.*, 2019; Dorrell y Lee, 2020; Sæþórsdóttir y Ólafsdóttir, 2020).
- **Perjuicios sobre el disfrute y la conservación del patrimonio cultural, geológico, arqueológico y natural,** que supone una pérdida de servicios ecosistémicos culturales (Molina-Ruiz y Tudela-Serrano, 2008; Sánchez-Zapata *et al.*, 2019). Para el caso del patrimonio geológico y arqueológico, las afecciones directas a este supondrían la eliminación irreversible de sus valores científicos (registros históricos, paleontología) y educativos (MediNat, 2021). Sin embargo, podría estudiarse la implementación de centros de interpretación de la energía en puntos clave como una oportunidad turística (Jaber, 2014).
- **Interferencias electromagnéticas:** el giro de las turbinas de los aerogeneradores causa interferencias electromagnéticas en los sistemas radar (Díaz-Cuevas *et al.*, 2017), de navegación y telecomunicación en un radio de hasta 2-3 km, aunque las instalaciones

de televisión y radio por cable o satélite más modernas son capaces de reducir el efecto (International Energy Agency, 2023) y los más recientes materiales sintéticos que forman las aspas o palas también lo reducen (Katsaprakakis, 2012).

- **Riesgo de incendio:** la maquinaria eólica y sus redes eléctricas asociadas llevan aparejado cierto riesgo de incendio (Díaz-Cuevas *et al.*, 2017). Anualmente, entre 1 de cada 2.000 y 1 de cada 10.000 turbinas se incendian una vez (Firetrace, 2021).
- **Contaminación acústica y lumínica y afecciones a la salud y a la seguridad:** el ruido continuo generado por el movimiento de las aspas y los destellos de las luminarias, si se producen demasiado cerca, pueden generar enfermedades crónicas relacionadas con estrés (aunque la intensidad sonora generalmente no presenta riesgos) y una rotura del aerogenerador podría causar un accidente con daños personales físicos (Díaz-Cuevas *et al.*, 2017). Por otro lado, el efecto *shadow-flicker* producido por el movimiento de las aspas en la sombra del terreno podría inducir mareos si se proyecta sobre hogares cercanos (Jaber, 2014) e incluso episodios de epilepsia (Harding *et al.*, 2008). Sobre el ruido producido por las aspas al girar, en noches silenciosas, el ruido se percibe molestante en un radio de 500 m y se aprecia en un rango de 1.900 m (Pedersen y Persson-Waye, 2004; Van-Den-Berg, 2004), aunque dadas las mejoras tecnológicas de las últimas décadas, estos valores podrían estar desactualizados. En Dai *et al.* (2015), se presenta una revisión detallada de la generación de diferentes tipos de ruido por parte de los aerogeneradores.
- **Potenciales impactos sobre el suministro** de agua, al variar las propiedades del suelo a través de la modificación de los suelos y de alimentos, al reducir los potenciales usos del suelo como lugares de abastecimiento (Sánchez-Zapata *et al.*, 2019).

16. Anexo X: Transición energética, modelo de energía distribuida y desarrollo rural en España

En el presente anexo (así como en el siguiente), se amplía la temática de lo expuesto en el Apartado 1.1. (Marco teórico).

Es urgente una transición energética global para limitar el incremento de la temperatura de la superficie terrestre por debajo de los 2 °C en vista al año 2100 respecto de la época preindustrial (Linares-Llamas, 2018; Sánchez-Zapata *et al.*, 2019; Díaz-Estebaran *et al.*, 2021; Valera *et al.*, 2022), basada en la denominada “Economía Verde” (Gasparatos *et al.*, 2017). El PNIEC (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima), que fija la hoja de ruta para esta década, contempla un

incremento de un 42 % de las renovables sobre el uso final de la energía en 2030, más ambicioso que el objetivo fijado por el Marco europeo de actuación sobre clima y energía, de un 32 % (Lozano-Cutanda, 2021; San-Miguel *et al.*, 2023). Además, España cuenta desde el año 2006 con el CECRE (Centro de Control de Energías Renovables), el primer centro del mundo que permite el control y la gestión de los productores de energías renovables, permitiendo integrar en el sistema eléctrico energía renovable garantizando la seguridad en el suministro (Espejo-Marín y García-Marín, 2012). Por otro lado, Castilla y León es la Comunidad Autónoma de España con mayor tradición de producción eléctrica a través de eólicas, a partir de la puesta en marcha del Plan Eólico de Castilla y León (Baraja y Herrero, 2010).

La eficiencia energética y las tecnologías de obtención de energía renovable (principalmente solar y eólica) en pro de los combustibles fósiles son elementos clave para esa transición (Gielen *et al.*, 2019). No obstante, un elemento menos popular a nivel nacional pero igualmente influyente, se trata del modelo o estructura de obtención de energía de acuerdo a su ordenación territorial (Linares-Llamas, 2018).

En el siglo XX el modelo de obtención de energía en el territorio de estudio era “centralizado”, ya que se explotaban los recursos mineros de carbón, procesados en centrales térmicas próximas a las zonas de extracción. Esto era así dados los yacimientos o núcleos finitos con disponibilidad de carbón en el territorio. La comarca de El Bierzo basaba su economía en el sector secundario, en el que destacaba la minería, al cual se dedicaban principalmente los hombres y en el primario, destacando la agricultura, al cual se dedicaban principalmente las mujeres (Sanz-Falagán, 2018; Ramón-Sánchez, 2023).

No obstante, el escenario actual de explotación de recursos renovables debería suponer un replanteamiento sobre el modelo de obtención de energía, ya que no implica la centralización de grandes infraestructuras en terrenos delimitados y dados los impactos más que patentes relativos a grandes instalaciones eólicas. Es por ello que el foco se dispone en un modelo “distribuido” y local de obtención de energía, basado en el autoconsumo (Presicce, 2019). Esto sería posible mediante pequeñas instalaciones de obtención de energía renovable que aprovecharan los espacios ya urbanizados, antropizados o alterados (Serrano *et al.*, 2020; ALIENTE, 2022) y que se comunicaran, compartiendo dentro de los núcleos urbanos la electricidad generada mediante redes inteligentes o *smart grids*. Así, podría disminuir sensiblemente la cantidad de grandes instalaciones de renovables dispuestas de manera centralizada, ganando espacio con otros potenciales usos, aunque a medio plazo siguieran

siendo necesarias (Díaz-Estebar *et al.*, 2021). De este modo, se podría dar solución a la problemática del sistema energético español, muy dependiente de importaciones energéticas, oligopólico, eléctricamente sobredimensionado, favorecedor de economías locales rurales vulnerables y con precios al consumidor superiores a los de la media europea (Serrano-Rodríguez, 2017), además de basado en políticas energéticas de ordenación del territorio jerárquicas, autoritarias y funcionales (Frolova, 2010).

Por otro lado, la mayoría de los complejos eólicos en España se localizan en pequeños municipios de entorno rural habitados por menos de 5000 habitantes (Galdos-Urrutia y Madrid-Ruiz, 2010). Existen empresas multinacionales, españolas y foráneas, que han ocupado espacios rurales con infraestructuras eólicas mediante procesos en los que los agentes rurales apenas han contado con capacidad de decisión ni participación, a pesar de ser aquellos objeto de padecer los posibles impactos como el visual y paisajístico. Las personas propietarias de terrenos rurales con interés en aprovechar sus aptitudes eólicas tienen que esperar a que una empresa promotora se decida a instalar en ellos un complejo eólico. Si se da esta circunstancia, la negociación entre la empresa y el titular de la propiedad rural es completamente asimétrica, dado que la primera dispone de un amplio nivel de conocimiento sobre la actividad y la segunda no. Esto se ve agravado por la ausencia de asesoramiento en el proceso de negociación por parte de la Administración u otras entidades públicas o privadas. En ocasiones, desenlaza el miedo a una expropiación forzosa, que se traduce en la firma de contratos con bajas contraprestaciones económicas, algo muy común en la Comunidad Autónoma de Galicia, territorio colindante con el área objeto de este estudio y cuya Administración autonómica ha permitido a las empresas promotoras solicitar la expropiación de los terrenos necesarios previa declaración de utilidad pública de la central renovable (Copena, 2017).

17. Anexo XI: La ordenación eólica en los ODS de la Agenda 2030

En el presente anexo (así como en el anterior), se amplía la temática de lo expuesto en el Apartado 1.1. (Marco teórico).

Este estudio proporciona una herramienta espacial y pública de apoyo a la hora de establecer una correcta ordenación de grandes complejos eólicos en el territorio, que permita optimizar los usos del suelo de acuerdo a sus potenciales y teniendo en cuenta los posibles impactos,

respondiendo a las peticiones de asistencia a la ordenación territorial como las de Kuvlesky *et al.* (2007).

La justicia y soberanía energética conforma un pilar fundamental de las democracias contemporáneas. De acuerdo a los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible) establecidos por Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2015; Ministerio de Derechos Sociales y Agenda 2030, 2022), el ODS nº 7 considera necesario un acceso universal a energía asequible, segura y sostenible. En cuanto a las tecnologías de obtención de energía renovable, como la eólica, es cierto que su coste de mantenimiento y producción es relativamente bajo, aunque su coste de implantación es alto y su nivel de distribución podría repercutir en problemas sobre los sectores de la población rurales o más aislados (Díaz-Esteban *et al.*, 2021) si su ordenación resultara inadecuada.

Una adecuada ordenación de eólicas también vería favorecida la premisa del ODS nº 3, de salud y bienestar, al promover la correcta utilización de energías renovables, que posibilitaría la reducción de daños a la salud humana por la contaminación atmosférica convencional con SO₂, NO_x y partículas. Además, un correcto uso del suelo con respecto a las renovables se encuentra estrechamente relacionado con los ODS nº 13, sobre cambio climático; nº 11, sobre ciudades sostenibles; nº 12, sobre la producción responsable y nº 1, sobre la erradicación de la pobreza (Linares-Llamas, 2018).

Finalmente, la herramientas digital generada impulsa el cumplimiento del ODS nº 9, sobre industria, innovación e infraestructura, ya que posibilita el crecimiento industrial de las energías renovables de manera segura y controlada (Romagosa, 2020).

18. Anexo XII: Equipo para ejecutar el software

Se empleó un ordenador portátil que disponía de las siguientes características: procesador Intel Core TM i7-8750H con 6 núcleos (12 hilos) a 2,20 GHz, 32 GB de memoria RAM SO-DIMM DDR4 a 2666 MHz, tarjeta gráfica NVIDIA GeForce GTX 1060 Max-Q con 6 GB de vRAM GDDR5 dedicada, disco duro SSD y S.O. Windows 11 Home 64 bits.

19. Abreviaturas

AEMET:	Agencia Estatal de Meteorología.
ALIENTE:	Alianza, Energía y Territorio.
BIC:	Bien de Interés Cultural.
BDN:	Banco nacional de Datos de la Naturaleza.
BOCYL:	Boletín Oficial de Castilla y León.
BOE:	Boletín Oficial del Estado.
BOP:	Boletín Oficial Provincial de León.
CECRE:	Centro de Control de Energías Renovables de España.
CENER:	Centro Nacional de Energías Renovables.
CNIG:	Centro Nacional de Información Geográfica.
DIA:	Declaración de Impacto Ambiental.
DL:	Decreto Ley.
DPH:	Dominio Público Hidráulico.
EEA:	Agencia Europea de Medio Ambiente.
Eq.:	Ecuación.
EsIA:	Estudio de Impacto Ambiental.
Fcc:	Fracción de cabida cubierta.
FDJCC:	Fondo para la Defensa Jurídica de la Cordillera Cantábrica.
HIC:	Hábitats de Interés Comunitario (Directiva Hábitat 92/43/CEE).
IBA:	Área Importante para la Conservación de Aves y Biodiversidad en España.
IEC:	Instituto de Estudios Cabreireses.
IGME:	Instituto Geológico y Minero de España.
IGN:	Instituto Geográfico Nacional.

INE:	Instituto Nacional de Estadística.
INES:	Inventario Nacional de Erosión de Suelos.
IELIG:	Inventario Español de Lugares de Interés Geológico.
ITACYL:	Instituto Tecnológico Agrario de Castilla y León.
JCYL:	Junta de Castilla y León.
MAPA:	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
MFE:	Mapa Forestal Español.
MITECO:	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (/MITERD).
msnm:	Metros sobre el nivel del mar.
LESPRE:	Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial.
LIC:	Lugares de Importancia Comunitaria (Red Natura 2000).
ODS:	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
PFMCL:	Plataforma por el Futuro de la Montaña Central Leonesa.
PNIEC:	Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.
PNOA:	Plan Nacional de Ortofotografía Aérea.
PORN:	Planes de Ordenación de los Recursos Naturales.
RDL:	Real Decreto Ley.
REN:	Red de Espacios Naturales.
RN2000:	Red Natura 2000.
SECEM:	Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos.
SRE:	Sistema de Referencia Espacial.
SIG:	Sistemas de Información Geográfica.
SIOSE:	Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España.
SOCYLEM:	Sociedad Castellana y Leonesa de Educación Matemática Miguel de Guzmán.

UE:	Unión Europea.
UICN:	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
ULE:	Universidad de León.
UNE:	Una Norma Española / Asociación Española de Normalización.
UNESCO:	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura.
VIPA:	Área Vegetal de Gran Importancia.
ZARI:	Zonas de Alto Riesgo de Incendios.
ZEC:	Zona de Especial Conservación (Red Natura 2000).
ZEPA:	Zona de Especial Protección para las Aves (Red Natura 2000).
ZEPIM:	Zonas Especialmente Protegidas de Importancia para el Mediterráneo.
ZHC:	Zonas Húmedas Catalogadas.
ZIM:	Zonas Importantes para los Mamíferos de España.
ZNIE:	Red de Zonas Naturales de Interés Especial de Castilla y León.
ZPA:	Zonas de Protección de la Avifauna contra la colisión y la electrocución.