

MODELO EÓLICO

1. Descripción: Las capas de esta carpeta corresponden la determinación de zonas a priori incompatibles para la instalación de parques eólicos en Andalucía, así como a la caracterización del resto de zonas.

Cómo citar: Díaz, P. (2025). (Nombre del servicio, Modelo eólico). Proyecto de I+D+i MAPER@I (TED2021-129484A-I00), financiado por MICIU/ AEI/10.13039/501100011033 y por la “Unión Europea NextGenerationEU”/PRTR”. Disponible en: <https://mapera.cica.es/>.

2. Marco conceptual y metodológico: Esta propuesta constituye una primera aproximación a escala regional que deberá ser complementada con análisis más detallados a escalas subregionales y/o locales (Díaz-Cuevas, 2017; Díaz-Cuevas et al., 2017; 2023). Se pone de manifiesto que **los análisis a escala regional no deberían derivar en la selección de emplazamientos concretos para implantar parques eólicos y solares**, pues supondría establecer decisiones sobre realidades no definidas por varios motivos:

- Se **desconoce la ubicación y cómo serán finalmente los proyectos** (Pérez, Requejo y Ballesteros, 2007; Díaz-Cuevas et al., 2017).
- Por su **naturaleza, o por la ausencia de datos geoespaciales detallados**, algunos de los criterios a tener en cuenta (impacto sobre las aves o el paisaje, aceptación de la población, entre otros) no pueden ser abordados completamente a nivel regional, sobre todo en regiones de gran extensión, como es el caso de Andalucía. Aspectos tan relevantes como el impacto de los aerogeneradores sobre la avifauna, por ejemplo, están vinculados a su ubicación exacta en los parques (De Lucas, Janss y Ferrer, 2007; Atienza, et al., 2008), o los impactos en el paisaje o aceptación social, que deberá incluir necesariamente las escalas subregional y local.

La calidad y precisión de los resultados dependen en gran medida de la naturaleza de los datos y de las escalas espaciales empleadas. En este caso, todas las capas cartográficas pueden ser representadas con transparencias, lo que permite detectar inconsistencias. Así, por ejemplo, algunas celdillas aparecen clasificadas como compatibles cuando, en realidad, no lo son, al superponerse con elementos como ríos, zonas urbanizadas, caminos... Esto puede deberse al tamaño de celda utilizado (100 m), a la escala original de los datos (por ejemplo, ríos extraídos de la BCA a 1:10.000), o a la falta de actualización de las fuentes (como en el caso de las zonas construidas, clasificadas a partir de una rejilla de 250 m publicada por el IECA en 2022). Todo ello refuerza aún más la necesidad de realizar análisis multiescalares para una planificación rigurosa y contextualizada.

- La **adopción de distintas escalas es clave para entender la realidad en toda su complejidad**. Por ejemplo, la implantación de una infraestructura puede tener un efecto equilibrador o desequilibrador, dependiendo de la escala de estudio adoptada (Gutiérrez, 2001). En el caso que nos ocupa, si bien a nivel

regional la concentración de parques eólicos y solares en una determinada zona supondría un incremento de la eficiencia técnica y económica al compartir infraestructuras comunes, también implica la concentración del impacto local, pudiendo resultar su implantación altamente desequilibrante en esta escala.

- Pese a ser lícito asumir que los problemas locales pueden obtener respuestas más adecuadas desde la propia acción en esa misma escala, **desde la lógica del conocimiento del territorio resulta imprescindible rebasar el ámbito estricto de estudio y generar un marco conceptual de coherencia más amplio, pues, de no hacerlo**, se podría cometer el error grave de considerar el área a ordenar como un enclave o espacio aislado (Zoido, 1998).
- En el análisis territorial y en la planificación, el cambio de escala supone una modificación de las perspectivas con las que se observa el espacio y por ello se debe recurrir a distintos elementos de análisis. Territorialmente implica que en cada nivel han de detectarse los aspectos que permiten examinar esta estructura y los fenómenos esenciales que se originan a dicha escala. Así, **los cambios de escala aportan diferenciaciones y matices que quedan ocultos o enmascarados en el nivel precedente, y que podrían ser muy enriquecedores**. En el caso contrario, según Harvey (2003), al situar un problema en todas las formas de pensar que operan solo a una escala, las conclusiones se vuelven al menos cuestionables, si no directamente engañosas, y en materia eólica y solar, encontrar una adecuada localización de plantas requiere de una detallada evaluación del territorio que no es compatible con la visión de una sola escala (Díaz et al., 2017).

En síntesis, se podría decir que a la escala regional le correspondería determinar las condiciones de posibilidad y oportunidad de un proyecto eólico y solar en un determinado territorio, mientras que la escala subregional y local se ocuparían de la resolución de los problemas concretos y específicos de cada actuación. Este trabajo aborda la primera de las cuestiones y, en consecuencia, presenta un modelo locacional para caracterizar la potencialidad del territorio andaluz a escala regional. En cualquier caso, la selección de las ubicaciones óptimas debe estar realizada siempre en consonancia con las alternativas aportadas por los modelos regionales y subregionales; así mismo, a escala local correspondería señalar el modo más adecuado para la disposición de los elementos de los parques y marcar las pautas para hacer viable su integración en el territorio.

En base a lo descrito en los puntos anteriores, si bien el enfoque adoptado aporta una lectura integrada y rigurosa del territorio, no pretende ser una delimitación definitiva ni cerrada. Muy al contrario, se asume que la planificación energética — especialmente en un contexto de transición acelerada— requiere de múltiples escenarios complementarios, capaces de incorporar no solo datos físicos y técnicos, sino también variables normativas, sociales, culturales y dinámicas territoriales cambiantes.

La metodología desarrollada se ha basado en un análisis multicriterio utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). En primer lugar, se han determinado las zonas a priori incompatibles y posteriormente se han caracterizado las zonas compatibles de acuerdo con su grado de idoneidad.

2.1. ZONAS A PRIORI INCOMPATIBLES

La instalación de centrales se ha considerado incompatible con determinados usos (serán en las escalas más detalladas donde se evaluará la posibilidad de aplicar un buffer de protección a estos) e infraestructuras (carreteras, caminos, ferrocarril), donde se ha aplicado una distancia de 100 m con idea de proteger el dominio público, conforme a la normativa a aplicar (Tabla 1). También se ha declarado incompatible la actividad en el interior de los espacios de la Red Natura, tal y como queda recogido en la Directiva 2023/2413, adoptada el 18 de octubre de 2023.

Las capas de información han sido obtenidas a partir de la Base de Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA, -IECA, 2025), repertorio de bases cartográficas referidas al territorio andaluz. En concreto se han utilizado los últimos datos disponibles en el momento de realización de este trabajo (31/12/2024). Todas las capas el sistema de referencia espacial ETRS89 UTM Zona 30 N (EPSG25830). Para la representación de estas variables se ha utilizado el formato raster, con un tamaño de celdilla de 100m.

Generalmente, las experiencias analizadas sólo tienen en cuenta las incompatibilidades con los usos ya mencionados. En este trabajo se pretende dar un paso más y se incluyen criterios de protección de los servicios ecosistémicos en el proceso de zonificación. Esta consideración se ha realizado a partir de la información recogida en la valoración de los servicios ecosistémicos de Andalucía (Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul, 2022).

Así, por ejemplo, para el caso de los parques eólicos se ha tenido en cuenta:

- Valor económico de la producción agrícola, que adquiere valores en un intervalo entre 300 y 15.000 o más euros/ha/año. Se han determinado como zonas donde la implantación eólica resultaría incompatible, aquellos territorios con un valor de ≥ 1500 euros/ha/año.
- Valor económico real del carbono total acumulado en ecosistemas agrícolas y forestales por ha en los últimos 12 meses (€/ha), con idea de valorar y proteger el servicio de filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas. Se han protegido el 25 % de los suelos con valores económicos de carbono acumulado más altos.
- Valor económico del capital ambiental del agua correspondiente al flujo superficial y subterráneo (agua azul) (€/ha/año) y al agua verde. En este servicio correspondiente a regulación del ciclo hidrológico y flujos de agua en unidades monetarias para los ecosistemas andaluces. Cualquier celdilla que preste servicio de este tipo ha sido protegido.
- Número de especies amenazadas por ha, que se distribuyen en un rango de valores entre 0.006 y 1.

Todos estos indicadores, disponibles en la Descarga de Datos Espaciales de la Red De Información Ambiental de Andalucía -REDIAM-, de la Junta de Andalucía (Junta de Andalucía, s.f.), concretamente la carpeta 10/Sistemas productivos/subcarpeta 12/Servicios Ecosistémicos 2022). Una vez descargados, los datos han sido transformados a EPSG25830. Posteriormente se han resampleado para asignar el tamaño de celdilla de 100 m

Tabla 1. Criterios de incompatibilidad

	Eólico
OTROS USOS (campos de golf, embalse, manantial, núcleos, patrimonio cultural (BICS, zonas arqueológicas, reca...), puertos, ríos, vías pecuarias, zonas militares, puertos, diploma europeo, humedales Ramsar, patrimonio humanidad, zonas boscosas, infraestructuras ya existentes (aerogeneradores y centrales solares). Asimismo, se ha excluido las lagunas costeras, los estuarios, las zonas pantanosas, lagunas costeras, marismas, roquedo, salinas, zonas llanas intermareales, zonas verdes urbanas, zonas construidas (Malla de tipologías constructivas de 250 m de IECA), edificios, espacios tecnológicos y establecimientos de ocio.	No en estos usos
RED NATURA	No en esos espacios. Directiva 2023/2413, adoptada el 18 de octubre de 2023
Red de carreteras, ferrocarril, caminos, vías pecuarias	< 100 m
Protección Servicios ecosistémicos	
Eólico	
Plantas terrestres cultivadas con fines alimentarios Indicador: Valor económico de la producción agrícola (€/ ha).	
Filtración, secuestro y almacenamiento de carbono en plantas. Valor económico real del carbono total acumulado en ecosistemas agrícolas y forestales por ha en los últimos 12 meses (€/ha)	
Valor económico del capital ambiental del agua correspondiente al flujo superficial y subterráneo (agua azul) (€/ha/año).	
Valor económico del capital ambiental del agua correspondiente del Agua verde	
Número de especies amenazadas por ha	
Valor económico de la producción de carne bruta por ha (€/ha)	

Fuente: Elaboración propia

2.2. NIVEL DE COMPATIBILIDAD

Una vez delimitadas las zonas a priori incompatibles, se procede a la clasificación del resto del territorio andaluz en función de su idoneidad para acoger instalaciones eólicas fotovoltaicas. Esta fase se fundamenta en el análisis de tres factores clave, seleccionados por su relevancia técnica, territorial y estratégica en la planificación eficiente del despliegue renovable. Estos factores han sido representados espacialmente y categorizados en quintiles. Los factores seleccionados han ido:

1) **Proximidad a subestaciones eléctricas.** La cercanía a subestaciones eléctricas constituye un factor importante para la viabilidad de los proyectos, dado que estas infraestructuras permiten transformar la electricidad generada y facilitar su evacuación a la red de transporte o distribución. Para este análisis se ha utilizado la capa de subestaciones eléctricas disponible en el DERA. Posteriormente se ha calculado la distancia euclídea desde cada celda a la subestación más cercana y se han reclasificado los valores en quintiles.

2) **Consumo eléctrico total por habitante.** Ante la inexistencia de datos referentes al consumo energético municipal en Andalucía, el consumo eléctrico per cápita se ha considerado como un indicador indirecto de la demanda energética territorial. Esta aproximación se fundamenta en el principio de **generación distribuida**, que no solo busca acercar los puntos de producción a los de consumo para mejorar la eficiencia del sistema, sino que también responde a criterios de **justicia territorial, favoreciendo que aquellos territorios con mayores necesidades energéticas se prioricen a la hora de participar en la generación**, reduciendo así desigualdades en el acceso y distribución de los recursos energéticos. Se han utilizado los datos de población y consumo eléctrico de 2023 publicados por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA) a través del SIMA.

4) **Velocidad media del viento a 150 metros.** La evaluación del potencial eólico se ha realizado utilizando la velocidad media del viento a 150 metros de altura, que se corresponde con la altura habitual de buje de los aerogeneradores más recientes instalados en Andalucía (TheWindPower, s.f). Los datos provienen del Global Wind Atlas (GWA), una herramienta desarrollada por el Banco Mundial y el Departamento de Energía Eólica de la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU Wind Energy), que ofrece datos de recurso eólico de alta resolución a nivel global, especialmente útil para países y regiones en fases iniciales de planificación (Davis et al., 2023; World Bank & DTU, 2023).

Cada variable ha sido representada cartográficamente en cinco niveles de idoneidad — Muy baja, Baja, Media, Alta y Muy alta— mediante clasificación por quintiles, facilitando así la comparación espacial entre zonas.

REFERENCIAS

- Atiienza, J. C., Martín Fierro, I., Infante, O., Valls, J., & Domínguez, J. (2008). Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (Versión 3.0). Madrid: SEO/BirdLife.
- Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul. (2022). Valoración de los servicios ecosistémicos de Andalucía. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/areas-tematicas/biodiversidad-y-vegetacion/ecosistemas-y-capitalnatural/capital-natural/servicios-ecosistemicosJunta>
- Díaz Cuevas, M.D.P. (2013). Energía eólica y territorio. Potencialidades para la implantación de parques eólicos en Andalucía (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla).
- Díaz Cuevas, P., Pita López, M. F., Fernández Tabales, A., & Limones Rodríguez, N. (2017). Energía eólica y territorio en Andalucía: diseño y aplicación de un modelo de potencialidad para la implantación de parques eólicos. *Investigaciones Geográficas*, (67), 9–29. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.67.01>
- Díaz-Cuevas, P., Orozco-Frutos, G., Prieto Campos, A. C Pérez-Pérez, B. (2023). Geografía de la energía solar en Andalucía (Sur de España): Nuevos datos y posibilidades de análisis. *Cuadernos Geográficos*, 62(2), 160-180. 10.30827/cuadgeo.v62i2.27775
- 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. <https://www.boe.es/doue/2023/2413/L00001-00077.pdf>
- Gutiérrez, J. (2001). Escalas espaciales, escalas temporales. *Estudios Geográficos*, 2001, volumen 62, nº 242. <https://doi.org/10.3989/egeogr.2001.i242.295>
- Harvey, D. (2003). *Espacios de esperanza*. Madrid: Akal.
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (2025). Datos Espaciales de Referencia de Andalucía - DERA. Recuperado de <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/index.htm>

World Bank & DTU Partnership. (2023). Global Solar Atlas 3.0: A free, web-based application developed, owned and operated by the World Bank Group and provided by Solargis. <https://globalsolaratlas.info>

Zoido, F. (1998). Geografía y ordenación del territorio. Iber: Didáctica de las Ciencias Sociales. Geografía e Historia, 16, 19-31

Zoido, F. (2001). La ordenación del territorio a distintas escalas. En: A. Gil y J. Gómez. (Coords.): Geografía de España (505-618). Barcelona: Ariel.