

# La energía solar: ¿Un nuevo uso ordinario del medio rural? Ocupación de suelos agrícolas en el sur de España

SOLAR ENERGY: A NEW ORDINARY USE OF THE RURAL ENVIRONMENT?  
OCCUPATION OF AGRICULTURAL LAND IN SOUTHERN SPAIN

Recibido: 06-05-2024

Aceptado: 01-07-2024

Belen Pérez-Pérez

Dpto. de Geografía Humana de la Universidad de Granada

belenperez@ugr.es

0000-0002-9780-2338

Pilar Díaz-Cuevas

Dpto. de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional de la Universidad de Sevilla.

pilard@us.es

0000-0003-0846-9930

Francisco José Martín Peinado

Dpto. de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Granada.

fjmartin@ugr.es

0000-0002-1389-5531

**Resumen** La necesidad de cumplir con los objetivos europeos para sustituir las fuentes de energías no renovables por fuentes de energía renovable está llevando a la ocupación de suelos en el ámbito rural. En este contexto, los municipios de carácter eminentemente agrario encuentran que sus suelos están desprotegidos ante el modelo en el que se está basando la actual transición energética. Este trabajo analiza la distribución de las instalaciones solares fotovoltaicas y térmicas en Andalucía de más de 10 MW, la capacidad de uso de los suelos sobre los que se encuentran y los cambios de uso, para conocer si se han producido pérdidas de suelos de mayor capacidad. Los resultados muestran la desigual distribución de estas instalaciones en Andalucía, encontrando que estas se ubican en 52 de los 785 municipios andaluces. Asimismo, el 69,6% de las plantas solares fotovoltaicas y el 90,9% de las termosolares ocupan suelos catalogados como con buena capacidad de uso (categorías S1 y S2), lo que supone una importante pérdida de tierras productivas. Se establece la necesidad de que las administraciones responsables desarrollen

**Abstract** The need to meet European targets for replacing non-renewable energy sources with renewable energy sources is leading to the occupation of land in rural areas. In this context, predominantly agricultural municipalities find that their land is unprotected in the face of the model on which the current energy transition is being based. This paper analyses the distribution of photovoltaic and thermal solar installations in Andalusia of more than 10 MW, the capacity of use of the land on which they are located and changes of use, in order to find out whether there have been losses of land with greater capacity. The results show the unequal distribution of these installations in Andalusia, finding that they are located in 52 of the 785 Andalusian municipalities. Furthermore, 69.6% of photovoltaic solar plants and 90.9% of solar thermal plants occupy land classified as having a good capacity for use (categories S1 and S2), which represents a significant loss of productive land. It establishes the need for the responsible administrations to develop specific regulations that make energy needs compatible with the preservation of agricultural land.

### Cómo citar:

Pérez-Pérez, Belén, Díaz-Cuevas, Pilar y Martín Peinado, Francisco José. La energía solar: ¿Un nuevo uso ordinario del medio rural? Ocupación de suelos agrícolas en el sur de España. *Hábitat y Sociedad*, (17), 45-61.  
<https://doi.org/10.12795/HabitatySociedad.2024.i17.03>

normativas específicas que hagan compatible las necesidades energéticas con la preservación de los suelos agrícolas.

**Palabras claves** energía solar fotovoltaica, energía termosolar, capacidad de uso del suelo, transición energética, planificación energética.

**Keywords** solar photovoltaic, solar thermal, land use capacity, energy transition, energy planning.

## 1. Introducción

La política europea ha reforzado los objetivos comunitarios relacionados con la transición energética debido a la necesidad de mejorar la autosuficiencia y seguridad del suministro y cumplir con el acuerdo de París sobre cambio climático. Parte de la comunidad científica aboga por la necesidad de plantear escenarios de decrecimiento o postcrecimiento económico y energético como modelo más adecuado para alcanzar la sostenibilidad ambiental (Carpintero y Frechoso, 2023; Nieto et al., 2020; Sandberg et al., 2019). Sin embargo, el modelo de transición energética imperante en Europa sigue los parámetros del crecimiento verde sustentado por el actual sistema capitalista que apuesta, de forma decidida, por el desarrollo de grandes instalaciones de energías renovables que favorezcan las economías de escala (Labandeira et al., 2012). En este contexto, Europa, a través de la Directiva 2023/2413 sobre la promoción de energía procedente de fuentes renovables declara las instalaciones de energías renovables y sus infraestructuras de evacuación de interés público superior y, con el Plan REPowerEU (2022), insta a los estados miembros a que establezcan zonas de aceleración renovable que deben ser especialmente adecuadas a efectos de desarrollar proyectos de este tipo.

Por su parte, la legislación para la protección del suelo no avanza al mismo ritmo en Europa, a pesar de que según la FAO (2020) el suelo es un recurso no renovable a escala humana que alberga más del 25% de la biodiversidad y es el soporte de todas las actividades (urbanas, industriales y agrícolas). Además, contiene más carbono almacenado que el que hay en toda la vegetación del planeta y la atmósfera juntas, regula el ciclo del agua, favoreciendo la retención e infiltración y reduciendo el riesgo de sequías e inundaciones, lo que lo convierte en una pieza indispensable de la lucha y adaptación al cambio climático (Comisión Europea, 2021). La UE27 todavía no cuenta con normativa específica para la protección del suelo ya que la propuesta de Directiva Marco para la protección del suelo COM (2006) 232 fue retirada en 2014 tras el bloqueo de una minoría de Estados Miembros (Arrué Ugarte, 2015). Aunque existe una Estrategia de la UE27 para la Protección del Suelo para 2030 (COM, 2023) como objetivo político, todavía no se ha materializado en la normativa, a pesar de que se ha desarrollado una nueva propuesta de Directiva 2023/416 de vigilancia del suelo y resiliencia (Comisión Europea, 2023) que todavía está pendiente de aprobación. Países europeos como Alemania, Francia, Austria, Países Bajos, Islandia, Eslovaquia, República Checa, Dinamarca, o Italia, sí cuentan con legislación específica para la protección del suelo (Stankovics et al., 2018; WindEurope, 2020). De hecho, Francia tiene una Ley sobre el Clima y la Resiliencia (2021) en la que fijó el objetivo de una artificialización neta cero (ZAN) que pretende la

utilización sobria del suelo así como «renaturalizar» una zona por cada área artificial. También dispone del Décret n° 2023-1408 por el que se definen las condiciones a tener en cuenta en las instalaciones de producción de energía fotovoltaica montadas en suelo para minimizar los impactos irreversibles sobre el mismo.

El aumento en la instalación de plantas de energía solar, sobre todo fotovoltaica, se ha visto intensificado en los últimos años y su distribución se está centrando en zonas agrícolas relativamente llanas, donde la ausencia de grandes pendientes hace disponer, en las latitudes medias, de grandes valores de radiación solar ( $28 \text{ W/m}^2$ ) en comparación con otros tipos de terrenos (Adeh et al., 2019). Coincidirán con zonas de campiñas, valles y vegas interiores, de gran importancia agrícola, lo que lleva a que este uso entre en competencia con los usos tradicionales del suelo en el medio rural (McKenna et al., 2022; Van de Ven et al., 2021). De hecho, las instalaciones de energía solar cada vez requieren de mayores extensiones de terreno, por lo que para 2050 se cree que podrían llegar a ocupar hasta el 5% del territorio de la UE (Van de Ven et al., 2021). Estos cambios de uso del suelo pueden generar conflictos a corto-medio plazo en las zonas rurales a nivel económico, social y medioambiental, debido principalmente a la aparición de una dicotomía funcional entre la preservación de las tierras con fuerte potencial agrícola y patrimonial y la expansión masiva de las energías renovables (Poggi et al., 2018), un acaparamiento de la tierra que algunos autores definen como colonialismo energético (Sánchez y Matarán, 2023). Esta dicotomía es de gran importancia a sabiendas de la cuestionable reversibilidad de las instalaciones energéticas (Windemer y Cowell, 2021; Windemer, 2019) y de los efectos de las mismas sobre algunas propiedades del suelo, reduciendo su fertilidad, su capacidad de retención de agua e incrementando su temperatura (Moscatelli et al., 2022; Armstrong et al., 2014).

En España, la apuesta por el desarrollo de estas centrales es tal que, para cumplir con los objetivos de Europa y gracias al nuevo marco regulatorio establecido a través del Real Decreto-ley 15/2018, Real Decreto-ley 23/2020, la Ley 7/2021, el Real Decreto-ley 6/2022 y el Real Decreto-ley 5/2023, se ha dado a su vez un fuerte impulso al desarrollo de proyectos de energías renovables y se han elaborado unas herramientas de Zonificación Ambiental para la Implantación de Energías Renovables: Eólica y Fotovoltaica de todo el territorio nacional (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, MITECO, 2023) en las que se consideran distintos indicadores de exclusión y de ponderación en función de la fuente energética. Para el caso de la energía solar fotovoltaica, los criterios de exclusión incluyen: las poblaciones; las masas de agua y zonas inundables; las figuras de protección de la biodiversidad; los Espacios Naturales Protegidos; y las Reservas de la Biosfera. Los criterios de ponderación tienen en cuenta, además de estos aspectos: la conectividad ecológica y los lugares de interés geológico (Cuadro 1). Se observa que desde el punto de vista ambiental existen criterios que establecen determinaciones de protección, algo que no sucede para el suelo agrícola que carece de esta tutela ambiental, no habiéndose establecido ningún tipo de protección del mismo ante las energías renovables, consideradas un nuevo uso del medio rural.

**CUADRO 1**

*Indicadores empleados en el modelo de zonificación ambiental para la energía fotovoltaica. Fuente: MITECO, 2023.*

Exclusión	Ponderación
Núcleos urbanos	Conectividad Ecológica
Masas de agua y zonas inundables	Zonas de protección de la avifauna contra la colisión y electrocución en líneas eléctricas de alta tensión
Áreas críticas de recuperación y conservación de especies	Ámbitos de los planes de recuperación y de conservación de especies
Zonas ZEPA	ZEPIM las áreas importantes para la conservación de las aves y la biodiversidad en España
Zonas LIC/ZEC con regulación específica y los que incluyan quirópteros	Resto de LIC/ZEC
Espacios Naturales Protegidos	Hábitat de Interés Comunitario (HIC prioritarios e HIC)
Humedales Ramsar	Lugares de Interés Geológico
Reservas de la Biosfera (zonas núcleo y zonas de protección)	Reservas de la Biosfera (zonas de transición)

En Andalucía se instaló la primera planta termosolar de España en el año 2007. Unos años más tarde, en 2020, contaba con 6206,6 MW de potencia solar fotovoltaica y 997,4 MW de solar térmica (AAE, 2023), existiendo municipios en los que estas infraestructuras habían llegado a ocupar hasta el 15% de su superficie (Díaz-Cuevas et al., 2023). Si bien la evolución de la energía solar térmica se mantuvo igual, la energía solar fotovoltaica incrementó su potencia en casi un 25% respecto al año anterior, lo que supuso una aceleración del ritmo de implantación. Además, se presupone que la potencia instalada continuará aumentando, sobre todo a raíz de la legislación más reciente en materia de ordenación del territorio, la Ley de Impulso a la Sostenibilidad del Territorio de Andalucía, que considera a las energías renovables como un uso ordinario del suelo rústico (Ley 7/2021).

## 2. Objetivos

Este trabajo tiene como objetivo general avanzar en el conocimiento de la ocupación de suelos por las centrales solares (fotovoltaicas y termosolares) de más de 10 MW en Andalucía, prestando especial atención a la superficie, calidad y cambios de uso. Para alcanzar este objetivo general se proponen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar el número de centrales solares fotovoltaicas y termosolares de más de 10 MW instaladas en el territorio andaluz en la actualidad y calcular la superficie ocupada por estas.
- Analizar la distribución territorial de estas infraestructuras, en términos de porcentaje municipal ocupado por las mismas, lo que permitirá identificar los municipios que soportan mayor presión.

- Analizar la calidad de los suelos sobre los que están ubicadas, prestando atención a los cambios de uso producidos con la instalación de estas centrales.

### 3. Metodología

La consecución de los objetivos generales y específicos se ha llevado a cabo a partir del desarrollo de varias fases claramente diferenciadas.

Primero se han digitalizado todas las plantas solares fotovoltaicas (PV) y termosolares (PTS) de Andalucía con más de 10 MW de potencia instalada. Para ello, se ha hecho uso del Sistema de Información Geográfica (SIG) QGIS, de software libre, mediante el cual se han fotointerpretado y digitalizado las plantas a partir de la última ortofotografía aérea disponible, para el año 2022, difundida por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA, 2023). La información sobre el tipo de energía que produce cada una de las plantas se ha obtenido a partir de una capa puntual publicada en diciembre de 2023 en el Mapa de Infraestructuras Energéticas de Andalucía (MIEA) por la Agencia Andaluza de la Energía (AAE, 2023). Esta información se ha combinado con la capa de límites municipales de Andalucía del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (IECA, 2023), obtenida de su Base de Datos Espaciales de Referencia de Andalucía, que se ha completado con otras fuentes como Google Imágenes (2023-2024). Este primer proceso, ha permitido calcular la superficie municipal y el porcentaje de la misma ocupada por estas centrales. La Figura 1 muestra en detalle la digitalización de varias de estas centrales en torno a municipios de las provincias de Sevilla, Cádiz, Granada y Almería. Es posible observar la extensión de estas centrales en zonas de vega y campiña respecto a la superficie de los núcleos de población (Figura 1.1 y 1.2), en zonas de montaña (1.3) y en el Desierto de Tabernas (1.4).

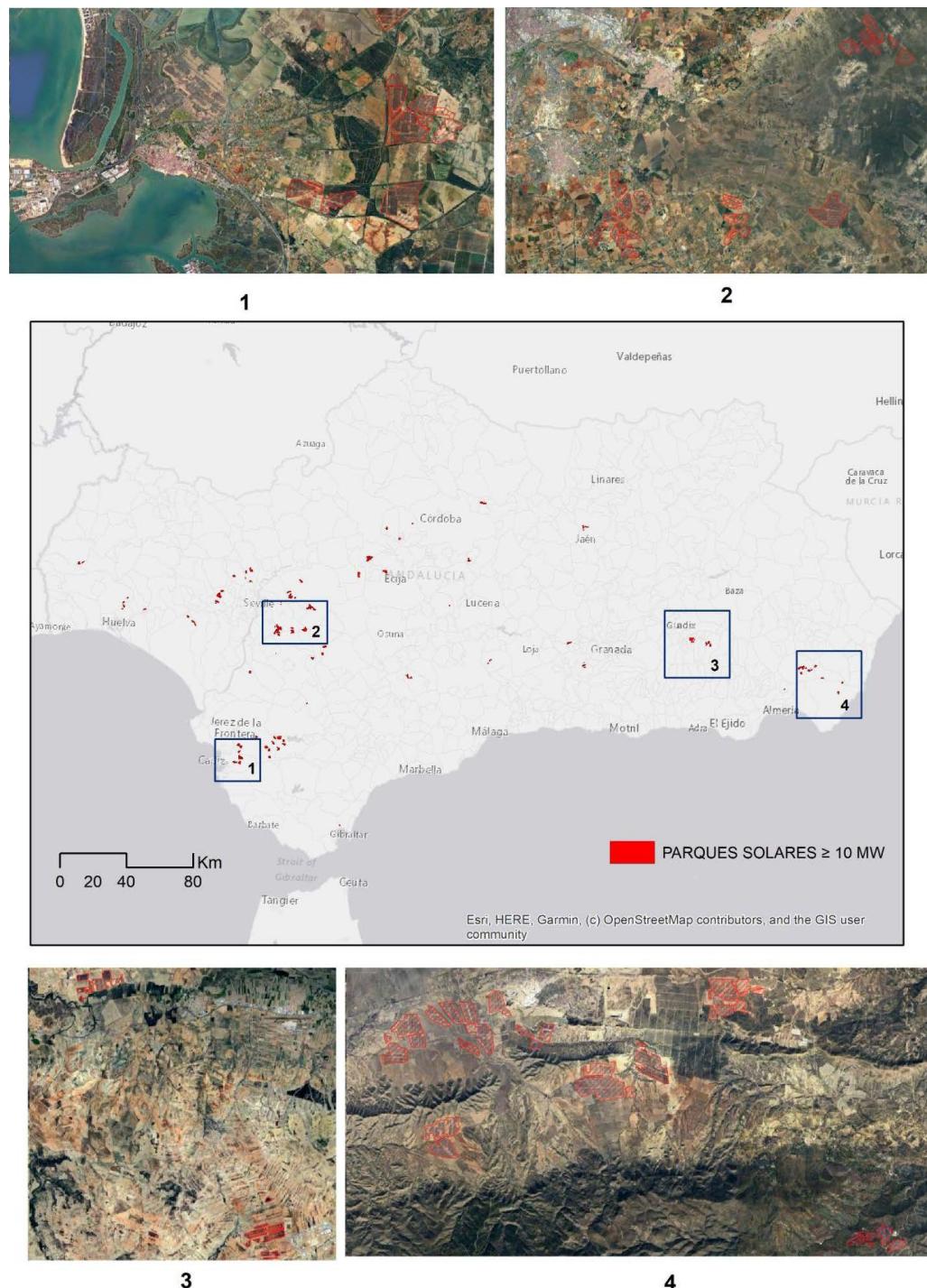
Una vez digitalizadas las centrales solares, esta información se ha relacionado con el Mapa de Capacidad de Uso General y Erosión de las tierras de Andalucía (REDIAM, 1996). Este se llevó a cabo a partir de un proceso de evaluación cuya metodología fue desarrollada por De La Rosa y Moreira (1987) a partir de la interpretación de diversos indicadores topográficos, edáficos y climáticos (Cuadro 2). La información que se ha usado en este mapa se ha basado en el Informe de Medio Ambiente en Andalucía 1996, publicado por la Consejería de Medio Ambiente y realizado por la Dirección General de Planificación.

Este mapa califica los suelos en cuatro categorías según su calidad:

- S1 (Excelente): Muy buena fertilidad natural. Excelente productividad con manejo adecuado. No precisa prácticas especiales de conservación (riesgo de erosión/ degradación muy limitado). Ocupan terrenos fértiles de origen aluvial, como zonas llanas del valle de Guadalquivir, la vega de Granada y algunas zonas interiores de campiña, representando un 2,3% de la superficie regional.

FIGURA 1

Detalle de la digitalización de centrales solares.  
Fuente: Elaboración propia, 2024.



- S2 (Buena a moderada): Tienen alguna limitación que puede reducir el número de cultivos posibles o la capacidad productiva. Productividad muy buena con manejo adecuado. Requiere prácticas moderadas de conservación para prevenir su deterioro. Se asocian con terrazas fluviales, campiñas del medio y bajo Guadalquivir y con vegas interiores y costeras, ocupando el 22,6% del suelo andaluz.
- S3(Moderada a marginal): Presenta limitaciones importantes que reducen bastante el número de cultivos y la productividad. Manejo complicado y costoso. Requieren prácticas intensivas de conservación para prevenir su deterioro. Estos suelos se

asocian a diversas unidades geomorfológicas y se reparten uniformemente en toda la región, siendo su porcentaje en Andalucía del 35,3%.

- N (Marginal o improductiva): No apta para cultivos (limitantes excluyentes). Usos recomendados: pastos, forestal o conservación del medio natural, como única forma de mantener la capacidad productiva del suelo y el régimen hidrológico de la cuenca. Se circunscriben fundamentalmente a zonas de fuertes pendientes donde se localizan los suelos de menor desarrollo o fuertemente degradados, representando el 39,8% de la superficie regional.

Por último, se ha incluido la información con la cartografía de los usos y coberturas del suelo de Andalucía para diferentes años, con el fin de identificar los cambios de uso producidos en base a la instalación de estas infraestructuras. En concreto se han utilizado los Mapa de Uso y Coberturas de Suelo de Andalucía de los años 2005, 2016 y 2020, utilizando el nivel de descripción de usos del suelo más detallado coincidente en las tres capas de información (SIOSE, 2005; 2016; 2020). En este punto resulta necesario mencionar que, si bien el SIOSE tiene delimitados polígonos de infraestructura solar, éstos no han podido ser utilizados porque no recoge la información alfanumérica relativa al tipo de central (fotovoltaica o termosolar) o potencia instalada.

Clase	TOPOGR	EDÁFICOS						CLIMÁTICOS	
		Pendiente (%)	Prof(cm)	Textura	Pedr/Roc. (%)	Drenaje	Salinidad (dS/m)	Erosión (Tm/ha)	Humedad
S1	<7	>75	Equilibr.	<15	Bue-Mod	<4	<12	Sufic	Nulo o ligero
S2	7-21	75-50	Pesada	15-40	Def-Exces	4-8	12-50	Moder	Ligero a mod.
S3	21-35	50-25	Ligera	>40	-	8-12	50-100	Escasa	Elevado
N	>35	<25	-	-	-	>12	>100	Muy esc	-

CUADRO 2

Indicadores topográficos, edáficos y climáticos utilizados para la elaboración del Mapa de Capacidad de Uso del Suelo en Andalucía (REDIAM, 1996). Fuente: IMA, 1996.

Al no disponer del año exacto de implantación de la central, dado que esta información no está recogida en el shapefile puntual del MIEA (AAE, 2023), varias operaciones se han realizado para obtener el uso previo de los terrenos ocupados por las centrales solares. En primer lugar, se han intersectado las centrales existentes con el Mapa de Usos de 2020. Cuando la central no coincidía con polígonos catalogados como de infraestructura solar en este mapa, se ha asignado a esta el uso del suelo de 2020. Para el caso de las centrales coincidentes, éstas han sido intersectadas con el Mapa de usos de 2016, asignando a las no coincidentes con polígonos de infraestructura solar en el Mapa de usos, el valor del uso del suelo. La misma metodología se ha utilizado con las centrales que ya tenían asignado el uso de infraestructura solar en 2016, a las que se ha asignado el uso de esas parcelas en 2005, a partir del Mapa de usos de 2005. De este modo es posible obtener información de los cultivos existentes en las parcelas previamente a ser ocupadas por las centrales.

## 4. Resultados

### 4.1. Datos generales y distribución territorial

El número total de instalaciones solares de más de 10 MW en Andalucía asciende a 114 (92 PFV y 22 PTS). Si se atiende a la distribución de las instalaciones por provincias (Cuadro 3), Sevilla es la que cuenta con mayor número, agrupando 45 centrales (entre fotovoltaicas y termosolares), seguida de Cádiz con 20. También es Sevilla la provincia que cuenta con mayor potencia instalada, con 2242,2 MW, que representa el 42,7% de la misma, seguida de Cádiz con 1008,2 MW y el 19,2% de la potencia. Las provincias con menor potencia instalada son Jaén y Málaga (Cuadro 3).

En relación a la superficie (Cuadro 4), las instalaciones de más de 10 MW ocupan 11.475,1 ha, de las que 4917,1 ha se encuentran en Sevilla, lo que representa un 42,9% del total, seguida de Cádiz con 2194,7 ha, Córdoba con 1323,2 ha y Granada con 1155,5 ha. La mayor parte de estas infraestructuras (7096 ha) se han realizado con posterioridad a 2020.

CUADRO 3

Número de instalaciones y potencia instalada (MW) por provincia en Andalucía. Fuente: Elaboración propia, 2024.

		Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Total
PFV	Nº plantas	9	18	5	9	10	3	4	34	92
	Potencia instalada	387,5	908,3	153,4	365,0	402,7	103,8	137,4	1794,4	4252,5
PTS	Nº plantas	0	2	6	3	0	0	0	11	22
	Potencia instalada	0	100	299,8	149,7	0	0	0	447,8	997,3
Potencia total		387,5	1008,3	453,2	514,7	402,7	103,8	137,4	2242,2	5249,8
% Potencia por provincia		7,4	19,2	8,6	9,8	7,7	2,0	2,6	42,7	100

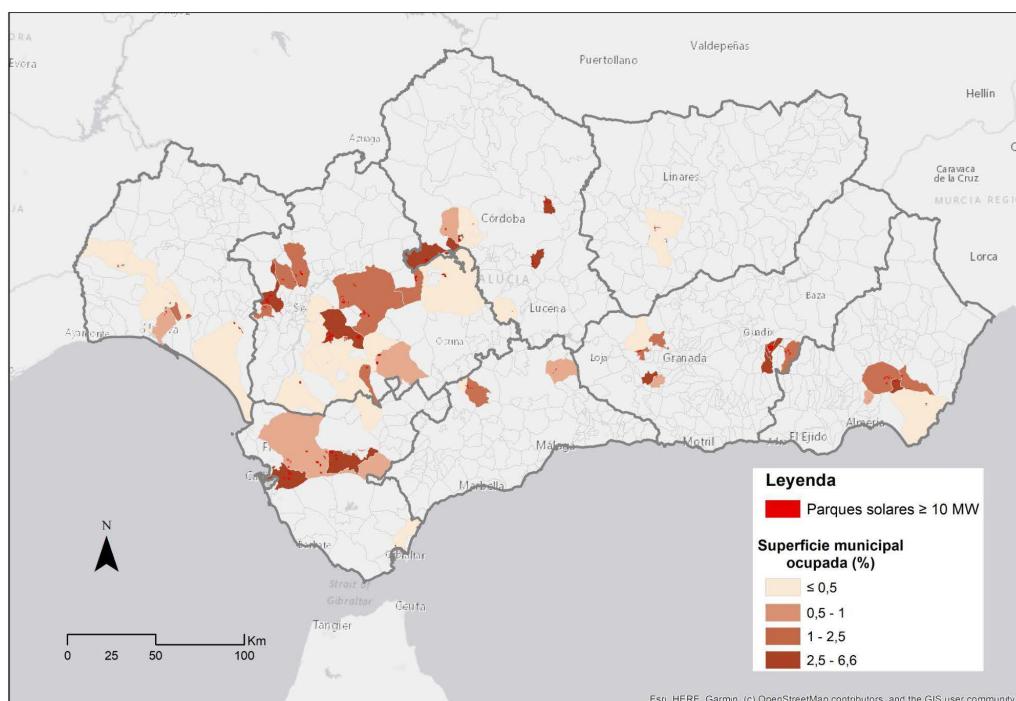
Si se atiende a la superficie media ocupada por tecnología, se observa que para instalar 1 MW de potencia fotovoltaica se necesitan 1,96 ha frente a las 3,13 ha necesarias para instalar 1 MW de potencia termosolar, siendo Sevilla la que tiene más instalaciones de este tipo.

CUADRO 4

Superficie ocupada (ha) por plantas fotovoltaicas (PFV) y termosolares (PTS) por provincia en Andalucía. Fuente: Elaboración propia, 2024.

	Almería	Cádiz	Córdoba	Granada	Huelva	Jaén	Málaga	Sevilla	Total
PFV	776,1	1813,5	637,5	549,3	696,1	160,6	251,8	3463,2	8348,1
PTS	-	381,2	685,7	606,2	-	-	-	1453,9	3127,0
Total	776,1	2194,7	1323,2	1155,5	696,1	160,6	251,8	4917,1	11475,1

Atendiendo a la distribución por municipios, 52 de los 785 municipios andaluces disponen de parte de su superficie ocupada por estas centrales, por lo que su incidencia se concentra en un 6,62% de los mismos. En términos de porcentaje de superficie ocupada, en la Figura 2 destacan los amplios valores de los municipios de Aldeire (6,57%), El Carpio (5,36%), Alcalá de Guadaíra (4,44%) y Turrillas (4,09%). En quince de estos 52 municipios se

**FIGURA 2**

Superficie municipal ocupada por centrales solares de más de 10 MW. Fuente: Elaboración propia, 2024.

registra que más del 2% de su territorio se encuentra ocupado por estas instalaciones, siendo en 10 de ellos la población menor de 10.000 habitantes. No obstante, dado que en este trabajo se consideran únicamente las centrales de más de 10 MW, esta cifra sería más elevada si se tuvieran en cuenta todas las centrales fotovoltaicas y termosolares instaladas.

#### 4.2. Ocupación del suelo según su capacidad de uso: Cambios en Andalucía

Atendiendo a la ocupación del suelo según su capacidad de uso, en el Cuadro 5 se aprecia que las centrales solares fotovoltaicas y termosolares ocupan el 0,29% de los suelos catalogados como excelentes (S1) y el 0,41% de los suelos de clase buena a moderada (S). Sin embargo, las instalaciones de estas características se localizan únicamente en el 0,07% de los suelos de calidad moderada a marginal (S3) y en el 0,016% de los suelos de capacidad marginal o improductiva (N). Esto muestra la elevada afinidad de las instalaciones de considerables dimensiones por los suelos de calidad excelente (S1) y de buena a moderada (S2), siendo 10 veces más probable encontrar estas infraestructuras

sobre suelos de este tipo que sobre los de calidad moderada a marginal (S3) así como 44 veces más probable que sobre suelos marginales o improductivos (N).

**CUADRO 5**

*Superficie ocupada por centrales en Andalucía según categorías de capacidad de uso del suelo a 31 de diciembre de 2023.*  
Fuente: Elaboración propia a partir de IMA (1996).

Capacidad de uso del suelo	Superficie total (ha)	Superficie ocupada (ha)
S1 Excelente	201.602,36	593,39
S2 De buena a moderada	1.980.962,32	8063,24
S3 De moderada a marginal	3.094.157,96	2259,92
N Marginales o improductivas	3.488.597,36	556,87
Total	8.765.320,00	11473,42

En el Cuadro 6, se observa el tipo de uso del suelo sobre el que se han ido ubicando estas instalaciones, principalmente sobre tierras de labor de secano y regadío (10.438,74 ha) ocupando los de mayor calidad. No obstante, existen diferencias entre las ubicaciones de las plantas termosolares y las plantas fotovoltaicas, estando las primeras preferentemente ubicadas sobre suelos de secano y regadío y las segundas más distribuidas sobre las distintas categorías (Díaz-Cuevas et al., 2023).

**CUADRO 6**

*Evolución de la ocupación de los usos del suelo por las centrales solares (>10 MW) en Andalucía. Fuente: elaboración propia a partir de SIOSE 2005, 2016, 2020.*

USO	HA (2005)	HA (2016)	HA (2020)	HA TOTALES
Tierras de labor (secano/ regadío)	3342,60	730,17	6365,97	10438,74
Olivares	27,60	10,00	115,86	153,46
Bosques de frondosas	17,50	-	98,44	115,94
Matorral	59,40	16,80	74,92	151,12
Pastizales	7,10	65,20	67,43	139,73
Mosaico de cultivos	-	-	59,39	59,39
Prados y Praderas	-	-	55,09	55,09
Frutales	41,00	-	50,73	91,73
Otras	151,38	30,16	88,40	269,94
Total usos	3646,58	852,33	6976,23	11475,14

## 5. Discusión

Los resultados ponen de manifiesto la predominancia de las instalaciones de energía solar fotovoltaica con una extensión de 8348,78 ha frente a 3127,02 ha de termosolar. Además, mientras que el número de centrales de energía termosolar se ha mantenido igual entre 2020 y 2023, en el caso de las fotovoltaicas se ha incrementado en 4803,98

ha, siendo esta superficie de 3544,80 ha en 2020, lo que supone un aumento del 135% en los últimos 3 años. Todo ello, pone de manifiesto el acelerado ritmo de implantación de la fotovoltaica en los últimos años, a raíz del impulso europeo a las energías renovables y de la normativa autonómica especialmente facilitadora, que asemeja las instalaciones energéticas a un uso ordinario del suelo rústico, tal y como se advertía por Díaz-Cuevas et al. (2023).

Asimismo, se muestra la desigual contribución de las provincias al desarrollo solar en términos de número, potencia y superficie ocupada, destacando el papel de Sevilla y Cádiz. Esta desigual contribución se registra también a nivel municipal, donde las instalaciones solares mayores de 10 MW se concentran en 52 de los 785 municipios andaluces. Esto señala cómo, a pesar de que la distribución de la energía solar es más homogénea de lo que se esperaría por su amplia difusión por el territorio (Baraja y Herrero, 2010), son determinados municipios (gran parte de ellos con menos de 10.000 habitantes) los que están asumiendo mayores esfuerzos en la transición energética verde.

A la fecha considerada para este estudio (31 de diciembre de 2023), el 69,6% de las plantas solares fotovoltaicas y el 90,9% de las plantas termosolares se ubican sobre suelos de buena calidad (S1 y S2), lo que pone de manifiesto que la implantación de estas instalaciones se está realizando sin tener en cuenta la capacidad de uso de los suelos. Estos porcentajes suponen un total de 8656,63 ha, que sumadas a las 153.701,4 ha de territorio ocupado por zonas artificiales (y por otros elementos naturales como ríos, lagunas, etc.), llevan a que el 7,44% de los suelos de mejor calidad (clasificados como S1 y S2) hayan perdido su clara vocación agrícola (Figura 3). No se puede olvidar, que el suelo es un recurso no renovable a escala humana (FAO, 2020) y que su formación, hasta alcanzar unas condiciones estables con el medio, requiere de largos períodos de

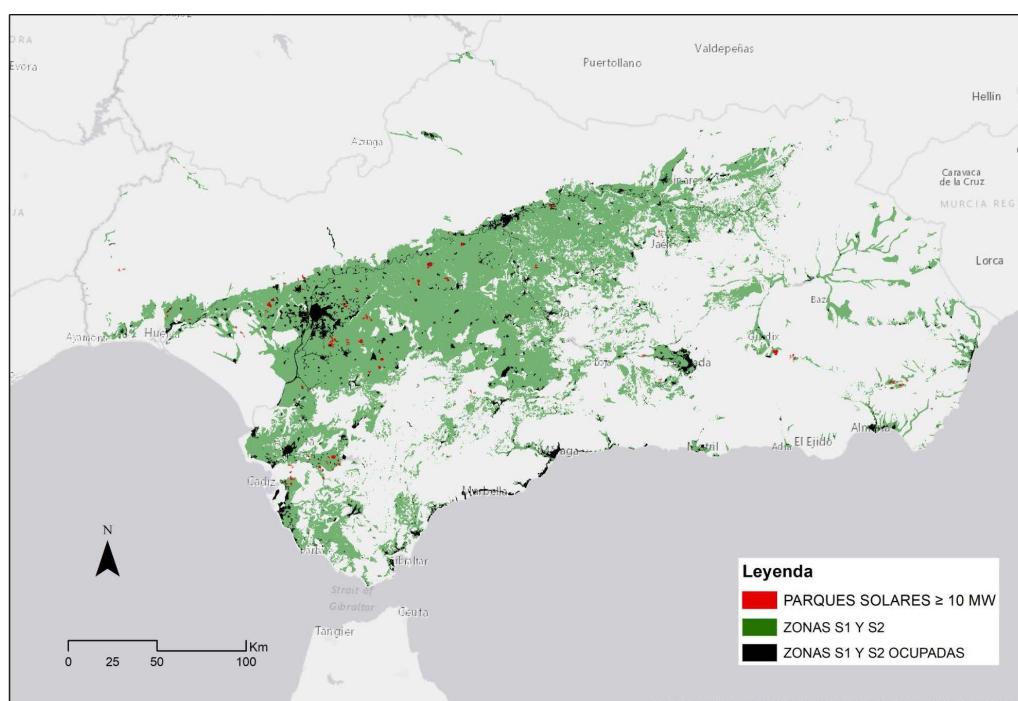


FIGURA 3

Superficie ocupada en Andalucía en las categorías S1 y S2 (2020).  
Fuente: Elaboración propia a partir del Mapa de Usos y Cobertura del Suelo de Andalucía (SIOSE, 2020).

evolución; especialmente en climas templados o semiáridos se puede estar hablando de valores de entre  $10^2$  y  $10^3$  años (Huggett, 1998). Por lo tanto, cualquier impacto sobre los suelos de mejor calidad, puede alterar gravemente estas condiciones de equilibrio y provocar una pérdida irreparable, a corto plazo, de su capacidad productiva.

Asimismo el uso secular del territorio por el ser humano ha provocado una degradación generalizada de los suelos; así, en la Unión Europea, se estima que entre el 60-70% de los suelos están afectados por procesos de degradación como resultado de prácticas de manejo insostenible, lo que ha provocado una pérdida parcial de sus funciones ecológicas (Comisión Europea, 2023). Concretamente en España, el uso de técnicas intensivas de cultivo en las últimas décadas ha acelerado enormemente los procesos de degradación, por lo que el Mapa de Capacidad de Usos del Suelo (REDIAM, 1996) debería ser revisado, teniendo en cuenta que no hay información actualizada a nivel regional sobre la calidad de los suelos y su estado de degradación (Rodríguez-Berbel et al., 2022). Desde el punto de vista del equipo investigador, entre los parámetros considerados en este mapa (Figura 3), variables edáficas, como la textura y el drenaje, o climáticas, como la humedad o el riesgo de heladas, deberían ser revisadas con más detalle para generar un mapa de capacidad de usos del suelo actualizado.

En la Figura 4 (izda) se observa el proceso de preparación del terreno mediante maquinaria niveladora para acoger la instalación solar localizada en una zona S2. En una primera fase, se ha eliminado por completo la cobertura vegetal, removiendo y apelmazando el horizonte más superficial de los suelos. Estas actuaciones provocan una grave degradación de las propiedades químicas (p. ej.: pérdida de fertilidad), biológicas (p. ej.: reducción de la actividad de los microorganismos del suelo) y, sobre todo, físicas, ya que destruyen la estructura superficial, aumentan la densidad aparente, reducen la porosidad natural y provocan una reducción de la capacidad de infiltración de agua de los suelos. En la Figura 4 (dcha) se observa que la instalación solar ya ubicada en el territorio incluye multitud de caminos y viales en su interior y en las zonas que dan acceso, permitiendo el tráfico rodado recurrente y necesario para las labores de vigilancia y mantenimiento. Estas intervenciones generan una grave compactación del terreno que puede llegar a afectar a una profundidad de más de 50 cm, por lo que, tras el desmantelamiento de estas, la compactación subsuperficial que se produce puede ser muy persistente e incluso irreversible (ADAS, 2023). Además, en climas como el nuestro, en el que las precipitaciones son cada vez más irregulares y de mayor intensidad, los procesos de erosión asociados a una compactación del suelo podrían provocar una degradación que haga totalmente irrecuperable el anterior uso agrícola de estos suelos después de un hipotético desmantelamiento de las instalaciones, poniendo en duda la reversibilidad de las mismas (Windemer y Cowell, 2021; Windemer, 2019). Por otro lado, resulta necesario mencionar la importancia futura que tendrán los suelos agrícolas de secano como medida de adaptación a la escasez hídrica provocada por el cambio climático.

Teniendo en cuenta que el recurso suelo es considerado “no renovable” a escala humana (FAO, 2020) y que el grado de degradación actual de los suelos es muy elevado (Comisión Europea, 2023), se pone de manifiesto la necesidad de incorporar la calidad de



FIGURA 4.

Proceso de preparación del suelo de una instalación solar fotovoltaica en Jerez de la Frontera (izda) e instalación solar finalizada (dcha). Fuente: Elaboración propia a partir de ortofotografía aérea 2022 y Google satélite.

estos y sus parámetros relacionados con la capacidad de uso, a los criterios de toma de decisiones para estudiar la idoneidad de las ubicaciones donde se instalarán las plantas solares, tal y como ocurre en algunos países como Francia a raíz de la aplicación del Décret n° 2023-1408, que establece las condiciones para minimizar los impactos irreversibles de la energía fotovoltaica sobre el suelo. En España, Cataluña ha incorporado estos criterios mediante la Prospectiva Energética de Cataluña 2050 (Institut Català d'Energia, 2023), donde se insta a la preservación de los suelos agrícolas de mayor calidad, habiendo creado también la primera instrucción técnica para agrovoltaica de España con estrictos criterios de preservación del suelo.

## 6. Conclusiones

La expansión de la energía solar en Andalucía, con una clara predominancia de la fotovoltaica sobre la termosolar, revela un acelerado crecimiento impulsado por políticas europeas y normativas autonómicas favorables. Este fenómeno, aunque prometedor en términos de transición energética verde, no está exento de preocupaciones, como lo demuestra el impacto sobre los suelos agrícolas de alta calidad, ya que todavía no existe legislación específica ni en Europa ni en España para la preservación del suelo.

Los resultados ponen de manifiesto la desigual distribución de las instalaciones solares de más de 10 MW en Andalucía, encontrando que están ubicadas en tan solo 52 de los 785 municipios andaluces, siendo los municipios rurales, muchos de ellos con menor número de habitantes, los que soportan una mayor presión. Asimismo, el estudio muestra cómo la tecnología solar fotovoltaica es menos consuntiva de suelo que la termosolar, para la misma potencia instalada.

La constatación de que la mayoría de las plantas solares se encuentran en suelos de buena calidad, sin considerar su capacidad de uso, resulta cuanto menos preocupante. La preparación del terreno para las instalaciones solares, que implica la eliminación de la cobertura vegetal junto a la remoción del suelo, genera la alteración

del horizonte superficial, provocando procesos de degradación de las propiedades edáficas. Además, la presencia de caminos y viales dentro de las plantas solares genera compactación y agrava la erosión, lo que podría dificultar la reversibilidad de estas intervenciones. La degradación de la calidad de los suelos, exacerbada por prácticas agrícolas intensivas, plantea un desafío importante para la sostenibilidad ambiental y la seguridad alimentaria.

Todo ello podría tener consecuencias irreversibles, ya que el suelo es un recurso no renovable a escala humana. Resulta por tanto necesario integrar la calidad del suelo en los procesos de toma de decisiones para la ubicación de plantas solares, así como en la creación de instrucciones técnicas específicas, que preserven la productividad agrícola. El desarrollo de políticas y prácticas que armonicen la expansión energética con la conservación del suelo será esencial para asegurar un equilibrio duradero entre las necesidades energéticas, agrícolas y ambientales de la región.

## Agradecimientos

La publicación es parte del Proyecto TED2021-129484A-I00, financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033 y por la Unión Europea “NextGenerationEU”/PRTR.

## Referencias bibliográficas

- AAE (2023). *Informe de Infraestructuras Energéticas de Andalucía*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Infraestructuras/20231231%20Informe\\_ANDALUZ\\_MIEA.pdf](https://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/sites/default/files/Documentos/Infraestructuras/20231231%20Informe_ANDALUZ_MIEA.pdf)
- ADAS (2023). *2020/21 Soil Policy Evidence Programme The impact of solar photovoltaic (PV) sites on agricultural soils and land quality*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.gov.wales/sites/default/files/publications/2023-08/impact-solar-photovoltaic-sites-agricultural-soils-land-spep21-22-03-work-package-3.pdf>
- Adeh, Elnaz H.; Good, Stephen P.; Calaf, M., y Higgins, Chad W. (2019). Solar PV power potential is greatest over croplands. *Scientific reports*, 9(1), 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47803-3>
- Armstrong, Alona; Waldron, Susan; Whitaker, Jeanette y Ostle, Nicholas J. (2014). Wind farm and solar park effects on plant-soil carbon cycling: uncertain impacts of changes in ground-level microclimate. *Global change biology*, 20(6), 1699-1706. <https://doi.org/10.1111/gcb.12437>
- Arrué Ugarte, José Luis (2015). *La protección del suelo: apuntes sobre el estado de la cuestión a escala nacional e internacional*. Ciclo de Conferencias en la EEAD-CSIC, AIS 2015, 19 de marzo de 2015. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <http://hdl.handle.net/10261/112697>
- Baraja Rodríguez, Eugenia y Herrero Luque, Daniel (2010). Energías renovables y paisaje en Castilla y León: estudio de casos. *Nimbus: revista de climatología, meteorología y paisaje*, 25-26, 21-42. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1454/Art.21-42.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carpintero, Óscar y Frechoso, Fernando A. (2023). Energía, sostenibilidad y transición: nuevos desafíos y problemas pendientes. *Arbor*, 199(807), a687-a687. <https://doi.org/10.3989/arbor.2023.807001>
- Comisión Europea (2021). *Forging a climate-resilient Europe - The new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, SWD(2021) 25 final. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021SC0025&from=EN>.

Comisión Europea (2023). *Proposal for a DIRECTIVE OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law)*, COM(2023) 416 final. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://environment.ec.europa.eu/document/download/ff3bd94e-fdddf-4d92-8c32-bec1c02a06cc\\_en](https://environment.ec.europa.eu/document/download/ff3bd94e-fdddf-4d92-8c32-bec1c02a06cc_en)

Comisión Europea (2006). *Comunicación de la Comisión al Consejo, al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, de 22 de septiembre de 2006, «Estrategia temática para la protección del suelo»*, COM (2006) 231 final. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/thematic-strategy-for-soil-protection.html>

Décret n° 2023-1408, du 29 décembre, définissant les modalités de prise en compte des installations de production d'énergie photovoltaïque au sol dans le calcul de la consommation d'espace au titre du 6° du III de l'article 194 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. *Journal Officiel de la République Française*, du 31 décembre, n° 75, 192. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.legifrance.gouv.fr/download/pdf?id=iUnBtnNr0X9aHA0B-iV7dc24fAfgQxpCEgOpUhEK1ZE=>

De la Rosa, Diego y Moreira, José Manuel (1987). *Evaluación Ecológica de Recursos Naturales de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.juntadeandalucia.es/servicios/publicaciones/detalle/49973.html>

Díaz-Cuevas, Pilar; Orozco-Frutos, Gabriel; Prieto Campos, Antonio y Pérez Pérez, Belén (2023). Geografía de la energía solar en Andalucía (Sur de España): Nuevos datos y posibilidades de análisis. *Cuadernos Geográficos*, 62(2), 163-183. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v62i2.27775>

Directiva (UE) 2023/2413, de 18 de octubre, 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*, de 31 de octubre, 2023/2413. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L\\_202302413](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413)

FAO (2020). *Estado del conocimiento de la biodiversidad del suelo - Situación, desafíos y potencialidades*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.fao.org/3/cb1929es/cb1929es.pdf>

Huggett, Richard J. (1998). Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: a critical review. *Catena*, 32(3-4), 155-172. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(98\)00053-8](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(98)00053-8)

IECA (2023). *Base de Datos Espaciales de Referencia*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://beta.juntadeandalucia.es/datosabiertos/portal/dataset/datos-espaciales-de-referencia-andalucia-d-dera>

IMA (1996). *Informe de Medio Ambiente en Andalucía*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR?path=%2F\Inf\\_archivo%2F16\\_INDICADORES\\_ESTADISTICAS%2F01\\_IMA%2FIMA\\_1987\\_1996](https://descargasrediam.cica.es/repo/s/RUR?path=%2F\Inf_archivo%2F16_INDICADORES_ESTADISTICAS%2F01_IMA%2FIMA_1987_1996)

Institut Català d'Energia (2023). *Prospectiva Energética de Cataluña 2050 (PROENCAT 2050)*. Generalitat de Catalunya. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://icaen.gencat.cat/web/.content/10\\_ICAEN/17\\_publicacions\\_informes/PROENCAT/20230512\\_Proencat-2050\\_web\\_Acc.pdf](https://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/17_publicacions_informes/PROENCAT/20230512_Proencat-2050_web_Acc.pdf)

Junta de Andalucía (2023). *Base Cartográfica SIOSE Andalucía*. Escala 1:10.000. Año 2020. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F01\\_CARACTERIZACION\\_TERRITORIO%2F06\\_USOS\\_COBERTURAS%2F06\\_SIOSE%2F06\\_SIOSEA\\_2020%2FSioseA20\\_OS\\_Detalles\\_2023\\_02](https://portalrediam.cica.es/descargas?path=%2F01_CARACTERIZACION_TERRITORIO%2F06_USOS_COBERTURAS%2F06_SIOSE%2F06_SIOSEA_2020%2FSioseA20_OS_Detalles_2023_02)

Labandeira, Xavier; Linares, Pedro y Würzburg, Klaas (2012). Energías renovables y cambio climático. *Cuadernos económicos de ICE*, 83, 37-59. <https://doi.org/10.32796/cice.2012.83.6032>

Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. *Boletín Oficial del Estado*, n° 121, de 21 de mayo. BOE-A-2021-8447. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2021/BOE-A-2021-8447-consolidado.pdf>

Ley n°2021-1104, du 2021, portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. *Journal Officiel de la République Française*, du 24 août, n° 196. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000043956924/>

McKenna, Russel; Mulalic, Ismir; Soutar, Iain; Weinand, Jann Michael; Price, James y Petrović, Stefan (2022). Exploring trade-offs between landscape impact, land use and resource quality for onshore variable renewable energy: an application to Great Britain. *Energy*, 250, 123754. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123754>

MITECO (2023). *Zonificación ambiental para energías renovables: Eólica y Fotovoltaica*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/zonificacion\\_ambiental\\_energias\\_renovables.html](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/evaluacion-ambiental/zonificacion_ambiental_energias_renovables.html)

Moscatelli, Maria Crsitina; Marabottini, Rosita; Massaccesi, Lusia y Marinari, Sara (2022). Soil properties changes after seven years of ground mounted photovoltaic panels in Central Italy coastal area. *Geoderma Regional*, 29, e00500. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00500>

Nieto, Jaime; Carpintero, Óscar; Miguel, Luis J., y de Blas, Ignacio (2020). Macroeconomic modelling under energy constraints: Global low carbon transition scenarios. *Energy Policy*, 137, 111090. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111090>

Poggi, Francesca; Firmino, Ana y Amado, Miguel (2018). Planning renewable energy in rural areas: Impacts on occupation and land use. *Energy*, 155, 630-640. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.05.009>

Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. *Boletín Oficial del Estado*, de 6 de octubre, nº 242, p. 97420. Recuperado el 4 de mayo de 2023 de: <https://www.boe.es/boe/dias/2018/10/06/pdfs/BOE-A-2018-13593.pdf>

Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica. *Boletín Oficial del Estado*, del 24 de junio, nº175, BOE-A-2020-6621. Recuperado el 4 de mayo de 2023 de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2020/BOE-A-2020-6621-consolidado.pdf>

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*, de 30 de marzo, nº 76, BOE-A-2022-4972. Recuperado el 4 de mayo de 2023 de: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-4972-consolidado.pdf>

Real Decreto-ley 5/2023, de 28 de junio, por el que se adoptan y prorrogan determinadas medidas de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la Guerra de Ucrania, de apoyo a la reconstrucción de la isla de La Palma y a otras situaciones de vulnerabilidad; de transposición de Directivas de la Unión Europea en materia de modificaciones estructurales de sociedades mercantiles y conciliación de la vida familiar y la vida profesional de los progenitores y los cuidadores; y de ejecución y cumplimiento del Derecho de la Unión Europea. *Boletín Oficial del Estado*, de 29 de junio, nº 154, p. 90565. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.boe.es/boe/dias/2023/06/29/pdfs/BOE-A-2023-15135.pdf>

REDIAM (1996). *Mapa de Capacidad de Uso General y Erosión de las tierras de Andalucía. Año 1996*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://portalrediam.cica.es/geonetwork/srv/api/records/c82d9475-a88b-4d6e-a4da-96de6eecf5ba>

REPowerEU (2022). *Una energía asequible, segura y sostenible para Europa*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe\\_es](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_es)

Rodríguez-Berbel, Natalia; Soria, Rocío; Ortega, Raúl; Lucas-Borja, Manuel Esteban y Miralles, Isabel (2022). Agricultural Land Degradation in Spain. En Paulo Pereira, Miriam Muñoz-Rojas, Igor Bogunovic y Wenwu Zhao (Eds.), *Impact of Agriculture on Soil Degradation II: A European Perspective* (pp. 263-297). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978\\_2022\\_924](https://doi.org/10.1007/978_2022_924)

Sánchez Contreras, Josefa y Matarán Ruiz, Alberto (2023). *Colonialismo Energético. Territorios de Sacrificio para la Tíransición Energética Corporativa en España, México, Noruega y el Sáhara Occidental*. Icaria.

Sandberg, Maria; Klockars, Kristian y Wilén, Kristoffer (2019). Green growth or degrowth? Assessing the normative justifications for environmental sustainability and economic growth

through critical social theory. *Journal of Cleaner Production*, 206, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.175>

SIOSE (2005; 2016; 2020). *Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: <https://www.siose.es/presentacion>

Stankovics, Petra; Tóth, Gergely y Tóth, Zoltán (2018). Identifying gaps between the legislative tools of soil protection in the EU member states for a common European soil protection legislation. *Sustainability*, 10(8), 2886. <https://doi.org/10.3390/su10082886>

Van de Ven, Dirk-Jan; Capellan-Peréz, Íñigo, Arto, Iñaki; Cazcarro, Ignacio; de Castro, Carlos; Patel, Prality González-Eguino, Mikel (2021). The potential land requirements and related land use change emissions of solar energy. *Scientific reports*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82042-5>

Windemer, Rebecca (2019). Considering time in land use planning: An assessment of end-of-life decision making for commercially managed onshore wind schemes. *Land Use Policy*, 87, 104024. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104024>

Windemer, Rebecca y Cowell, R. (2021). Are the impacts of wind energy reversible? Critically reviewing the research literature, the governance challenges and presenting an agenda for social science. *Energy Research & Social Science*, 79, 102162. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102162>

WindEurope (2020). *Decommissioning of Onshore Wind Turbines. Industry Guidance Document*. Recuperado el 4 de mayo de 2023, de: [https://proceedings.windeurope.org/biplatform/rails/active\\_storage/blobs/eyJfcnFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBamNDIwiZXhwIjpudWxsLCJwdXliOjibG9iX2lkIn19--aa5e04f508cbc0111e0f5abc1fcf18db99f5557c/WindEurope-decommissioning-of-onshore-wind-turbines.pdf](https://proceedings.windeurope.org/biplatform/rails/active_storage/blobs/eyJfcnFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBamNDIwiZXhwIjpudWxsLCJwdXliOjibG9iX2lkIn19--aa5e04f508cbc0111e0f5abc1fcf18db99f5557c/WindEurope-decommissioning-of-onshore-wind-turbines.pdf)