

# Efecto de grandes plantas fotovoltaicas de la Península Ibérica sobre el verdor de la vegetación y la humedad de su entorno próximo

En los últimos años, en paralelo con el aumento de la potencia fotovoltaica instalada, ha surgido la inquietud de si las grandes plantas fotovoltaicas pueden afectar negativamente a la fauna y flora silvestre locales o a los cultivos de parcelas colindantes a los parques solares.

Así, Tinsley et al. (2023) estudiaron el impacto de 19 plantas fotovoltaicas ubicadas en el suroeste de Inglaterra sobre la actividad de los murciélagos de la zona. Moscatelli et al. (2022) analizaron el efecto de una planta fotovoltaica de 100 kWn ubicada en el centro de Italia sobre determinadas propiedades del suelo (humedad, temperatura, materia orgánica, actividad microbológica), transcurridos siete años desde su construcción. Vieron que en el suelo bajo los paneles la actividad microbológica era menor que en el suelo de los pasillos entre filas de paneles. Un estudio parecido lo encontramos en Fagnano et al. (2024) para una planta fotovoltaica de 5 MW ubicada en Grecia, quienes comprobaron que el sombreado y la disminución de la velocidad del viento debidos a los paneles redujo el consumo de agua de plantas aromáticas cultivadas con enfoque agrofotovoltaico en dicho parque.

En nuestro caso, hemos realizado un análisis a partir de imágenes de satélite de ocho grandes plantas fotovoltaicas construidas en la Península Ibérica entre 2017 y 2023, con objeto de determinar si dichos parques solares afectan al verdor y humedad de la vegetación que se desarrolla en los alrededores de dichos parques solares.

## Materiales y métodos

Una vez seleccionados ocho grandes parques fotovoltaicos ibero-peninsulares (Figura 1 y Tabla 1), seis en España y dos en Portugal, todos ellos construidos y entrados en funcionamiento entre 2017 y 2023, se procedió a seleccionar cuatro imágenes de cada uno, dos de 2017, de un día de primavera y otro de verano, y lo mismo para 2023. En total se analizaron 144 imágenes, 18 para cada parque solar. El criterio adoptado para seleccionar el día de la imagen fue trata de que fuera el mismo día en un año y otro, excepto si la nubosidad superaba el 20%; en este caso se trató de elegir el día mas próximo que dispusiera de imagen clara, ya fuera unos días del calendario antes o después.

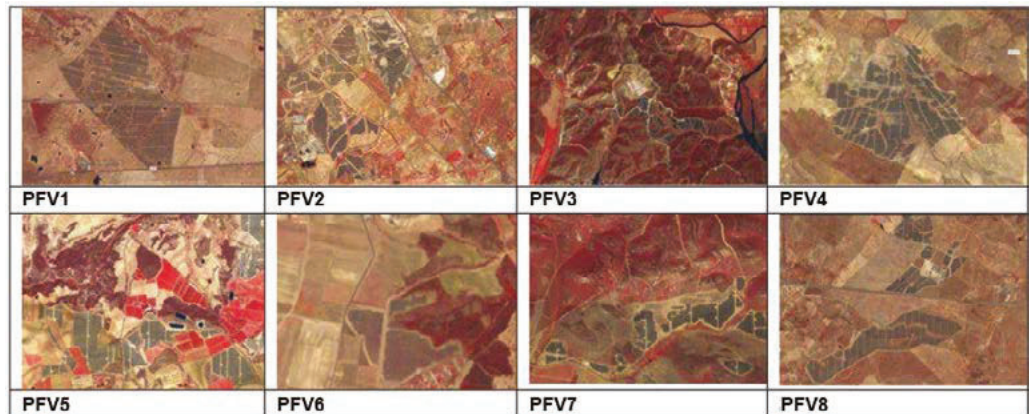


Figura 1. Imágenes en falso color de las ocho plantas fotovoltaicas (PFV) analizadas.

Para cada planta fotovoltaica, momento del año (estación más húmeda o primavera y estación más seca o verano) y año (2017, 2023), se analizó tanto una imagen más ajustada a la superficie ocupada por el parque solar, excluyendo los paneles, como otra imagen ampliada radialmente 10 veces (zoom digital de 10 aumentos), que en términos de área corresponde a una superficie 100 veces mayor que la imagen. A partir de imágenes obtenidas por los satélites de observación de La Tierra o teledetección Sentinel-2 y

Tabla 1. Datos básicos de las ocho plantas fotovoltaicas (PFV) ibero-peninsulares analizadas.

Código	País	Seguimiento mecánico	Terreno en pendiente*	Superficie ocupada (ha)
PFV1	España	Horizontal 1 eje	No (< 2%)	820
PFV2	España	No	No (< 3%)	300
PFV3	Portugal	No	Sí (< 58%)	100
PFV4	España	No	No (< 2%)	943
PFV5	España	No	Sí (< 12%)	1000
PFV6	España	Horizontal 1 eje	No (< 2%)	28,4
PFV7	España	No	No (< 2%)	---
PFV8	Portugal	No	No (< 6%)	368

\* Se considera que Sí hay pendiente cuando esta es superior al 10%.

Sentinel-3 (programa Copernicus de la Unión Europea, implementado por la Agencia Espacial Europea), procedimos a calcular el índice de vegetación NDVI y el índice de humedad NDMI. El índice NDVI se calcula como:

$NDVI = (RNIR - Rrojo) / (RNIR + Rrojo)$ , donde: R, reflectancia; NIR, infrarrojo cercano; NDVI, normalized difference vegetation index.

El cálculo del índice de vegetación NDVI se basa en que la vegetación sana, bien nutrida e hidratada, realiza diligentemente la fotosíntesis o función clorofílica. La clorofila es un biocompuesto que funciona como catalizador para que se pueda verificar la fotosíntesis. Cuando las plantas hacen la fotosíntesis, aparte de absorber CO<sub>2</sub> y agua, absorben luz. La clorofila presenta una fuerte absorbancia en la longitud de onda del rojo (también en el azul), mientras que los fotones en la longitud de onda del color verde no los absorbe, sino que los refleja, de ahí el color verde de la clorofila. Volviendo al rojo, una planta sana en general tendrá un color verde intenso, correspondiente a una elevada absorción de la componente roja de la luz solar, o lo que es lo mismo, baja reflectancia del rojo (Figura 2). En la fórmula del NDVI, ello se traduce en un valor pequeño del sustraendo, y en consecuencia un valor alto del NDVI. Por otro lado, la razón de que en la fórmula del NDVI se divida entre la suma de reflectancias es para que quede un valor comprendido entre +1 y -1. En definitiva, los valores más próximos a +1 corresponden a masas vegetales densas. Sin embargo, en nuestro trabajo (Muñoz-García et al., 2024) estos índices fueron llevados a una escala positiva, entre 0 y 255, donde el -1 original sería el 0 y el +1 original sería 255.

Por su parte, el índice de humedad NDMI, normalized difference moisture index, es específicamente un buen indicador de la humedad de la vegetación; por ejemplo, es muy útil para detección precoz de riesgo elevado de incendio forestal. La expresión de cálculo del NDMI a partir de las bandas espectrales 8A (B8A, 865 nm, perteneciente al infrarrojo cercano, NIR) y 11 (B11, 1614 nm, perteneciente al infrarrojo de onda corta, SWIR) de Sentinel-2 es:

$$NDMI = (RNIR - RSWIR) / (RNIR + RSWIR) = (RB8A - RB11) / (RB8A + RB11)$$

Cuando la vegetación sufre estrés hídrico, es decir, cuando está deshidratada, el NDMI toma valores negativos, mientras que valores próximos a +1 se dan cuando el terreno está anegado. De forma práctica, el estrés hídrico indicado por valores negativos del NDMI puede ser confirmado por un NDVI anormalmente bajo para una determinada masa vegetal. La interpretación física de la fórmula del NDMI se basa en que el agua presenta una fuerte absorbancia en el infrarrojo de onda corta (SWIR). Por tanto, cuanto más deshidratada esté una masa vegetal, menor será la absorción en la banda SWIR, mayor la reflectancia en esa misma banda y, en definitiva, más negativo se hará el sustraendo.

Los dos satélites que componen la misión Sentinel-2 captan imágenes de la superficie terrestre en 13 bandas ópticas del espectro electromagnético. Dependiendo de la banda en cuestión, la resolución espacial es de 60, 20 o 10 metros. La resolución espacial de las bandas B8A y B11 que intervienen en el cálculo del NDMI es de 20 metros. El periodo de paso o “*tiempo de revisita*” de los satélites es de cinco días, es decir, cada cinco días se dispone de imágenes actualizadas para cualquier ubicación, a no ser que haya una capa de nubes opacas que no permita obtener imágenes claras. La reflectancia en bruto captada por los sensores de imagen embarcados en los satélites gemelos (A y B) de Sentinel-2 se conoce en inglés como TOA, top-of-atmosphere, de la parte alta de la atmósfera. Estos datos son en bruto porque están afectados entre otras variables por las nubes poco densas o cirros que se interponen entre la superficie terrestre y el sensor de imagen embarcado en el satélite. Para facilitar el uso de los datos registrados, existe un algoritmo que corrige los datos TOA, permitiendo disponer así de los datos de reflectancia bottom-of-atmosphere, de la parte baja de la atmósfera.

Una vez expuesta la interpretación física de los índices

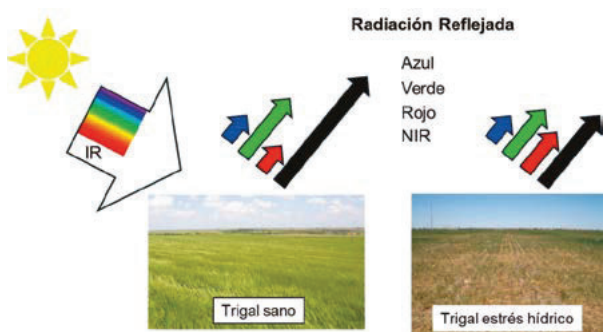
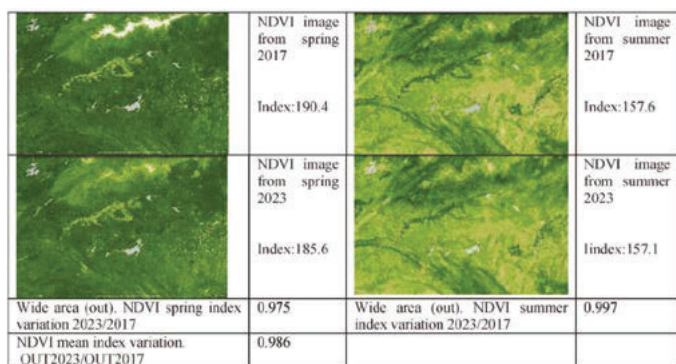
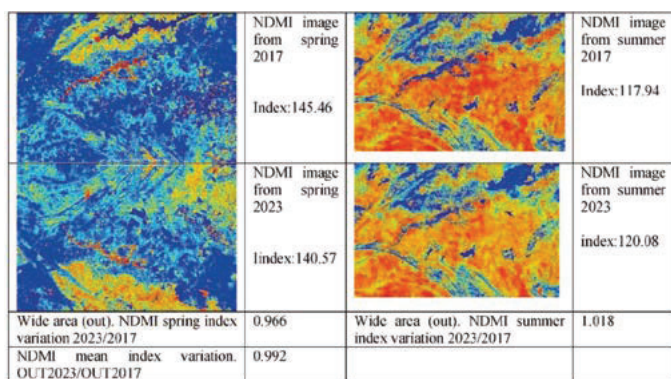


Figura 2. Diferencias espectrales en la radiación solar reflejada por una masa vegetal sin limitaciones para la fotosíntesis (izqda.) y masa vegetal con fotosíntesis limitada (dcha.).



**Figura 3.** Imágenes NDVI de la misma localización antes (2017) y después (2023) de la construcción de la planta fotovoltaica, para primavera y verano; el máximo verdor corresponde a primavera de 2017.



**Figura 4.** Imágenes NDMI de la misma localización antes (2017) y después (2023) de la construcción de la planta fotovoltaica, para primavera y verano; la máxima humedad corresponde a primavera de 2017.

NDVI y NDMI, queremos señalar que en este trabajo dichos índices no se han normalizado exactamente como en las fórmulas indicadas, sino que, a partir de los histogramas de las imágenes, procesadas mediante el programa libre ImageJ, se han calculado ratios de NDVI y NDMI comparando el antes de la construcción del parque solar, año 2017, con el después, año 2023.

## Resultados y discusión

La Figura 3 y la Figura 4 muestran respectivamente imágenes NDVI y NDMI. En ellas se aprecia que el mayor verdor y humedad de la vegetación se da en la primavera del año previo a la construcción de los parques solares.

El principal resultado obtenido tras el análisis de las 144 imágenes es una pequeña disminución del verdor y la humedad: 3% en el NDVI y del 5% en el NDMI. No obstante, a la hora de interpretar y extraer consecuencias conviene ser cauto, ya que hay algunos factores que pueden ser en parte responsables de dichos valores. Nos referimos principalmente al efecto de los caminos de acceso a los parques solares, que suponen unos determinados metros cuadrados sin cobertura vegetal, así como a posibles variaciones de aprovechamiento del suelo en las parcelas colindantes con los parques solares entre 2017 y 2023.

Otros investigadores han llevado a cabo estudios similares al

nuestro, con resultados parecidos. Así, Hurduc et al. (2024) compararon el antes y el después de la implantación de un parque fotovoltaico de 46 MWp en Portugal; mientras que para el invierno posterior a la construcción del parque solar obtuvieron un NDVI inferior al invierno previo, al comparar un verano y otro no encontraron diferencia apreciable. Xu et al. (2024) observaron una disminución del índice de verdor EVI (enhanced vegetation index) en 98 de 116 parques solares situados en diferentes continentes. Para los ubicados en Norteamérica obtuvieron una disminución más acusada del EVI en cultivos sembrados en líneas frente a pastizales, disminución del 19,1% y del 6,6% respectivamente.

En cuanto a la incertidumbre asociada a los valores calculados, las bandas espectrales que intervienen en el cálculo del NDMI presentan, de acuerdo con la documentación Sentinel-2, una relación señal/ruido (signal to noise ratio, SNR) menor que las que intervienen en el NDVI. Por ejemplo, la SNR correspondiente a la radiación de referencia en la banda infrarroja de onda corta B11 que interviene en el NDMI es de 100, mientras que la SNR para la banda roja o B4 es de 142. Dicho a la inversa, la relación ruido/señal es mayor para el NDMI, es decir, la incertidumbre inherente a los valores del NDMI es superior a los del NDVI.

## Conclusiones

La comparación entre el antes y el después de la construcción de los grandes parques solares fotovoltaicos analizados en este estudio sugiere una ligera disminución del verdor y la humedad en el área inmediatamente circundante al parque solar. Concretamente, hemos obtenido una disminución en el índice NDVI del 3%, y del 5% en el NDMI. ☞

### Referencias bibliográficas

- Fagnano et al. (2024). Effects of a photovoltaic plant on microclimate and crops growth in a Mediterranean area. *Agronomy*, 14, 466.
- Hurduc et al. (2024). Impact of a small-scale solar park on temperature and vegetation parameters obtained from Landsat 8. *Renewable Energy*, 221: 119827.
- Moscattelli et al. (2022). Soil properties changes after seven years of ground mounted photovoltaic panels in Central Italy coastal area. *Geoderma Regional*, 29: e00500.
- Muñoz-García et al. (2024). Assessment of the impact of utility-scale photovoltaics on the surrounding environment in the Iberian Peninsula. Alternatives for the coexistence with agriculture. *Solar Energy*, 271: 112446.
- Tinsley et al. (2023). Renewable energies and biodiversity: Impact of ground-mounted solar photovoltaic sites on bat activity. *Journal of Applied Ecology*, 60: 1752-1762.
- Xu et al. (2024). A global assessment of the effects of solar farms on albedo, vegetation, and land surface temperature using remote sensing. *Solar Energy*, 268: 112198.

### Autores

- Miguel Ángel Muñoz García<sup>1</sup>, Guillermo Pedro Moreda Cantero<sup>1</sup>, Delia Rodríguez Lucas<sup>2</sup>
- 1 Grupo de investigación LPF-Tagralia. Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Escuela T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas.
- 2 Universidad de Harvard y Eklabs corp.

## 04 *Panorama*

- La fotovoltaica sigue avanzando en la consecución de los objetivos del PNIEC y en la creación de empleo y riqueza

## 08 *Opinión*

- UNEF propone medidas urgentes para impulsar el autoconsumo, que sigue cayendo
- La evolución del autoconsumo fotovoltaico en España, avanzando hacia el futuro energético
- Convocatoria de Subasta Europea de Hidrógeno Renovable 2024: ¿qué esperar?

## 14 *Empresa*

- “Diverse, Inclusive & Equal Company”

## 16 *Entrevista*

- Javier Sánchez García, Director General de Voltia Renovables

## 20 *Tecnología*

- Paneles Solares Híbridos (PVT) y Bomba de Calor (BdC)
- El reto del reciclaje de los paneles solares

## 28 *Proyecto*

- El proyecto HARMONISE impulsará los Distritos de Energía Positiva en España
- Efecto de grandes plantas fotovoltaicas en la Península Ibérica sobre el verdor de la vegetación y la humedad de su entorno próximo
- El proyecto de hidrógeno verde y almacenamiento energético de CIUDEN avanza con el arranque de la obra de construcción de la planta solar fotovoltaica

## 38 *Especial: Bombeo solar*

- Rafael Calvo-Júdice Torres, Director de la Comunidad de Regantes del Valle Inferior del Guadalquivir (Valle Inferior)
- Juan Valero de Palma, Presidente de la Federación Nacional de Comunidades de Regantes (Fenacore)
- Bombeo solar con el armario ACV30-PV de Salicru

## 46 *Informe: Protección contra sobretensiones*

- El sector del material eléctrico crece un 1,63% en 2023
- Los retos (resueltos) de las empresas al incorporar la NIS2
- El descargador de sobretensiones DEHNguard YPVSCI ha sido desarrollado específicamente para la protección de instalaciones fotovoltaicas
- Pautas para cumplir con la ITC-BT-52 y proteger la instalación eléctrica
- Soluciones innovadoras para proteger sistemas de almacenamiento de energía y otras aplicaciones críticas de Cirprotec

## 58 *Mercado*

- El sector energético maneja unas expectativas netas de generación de empleo del 24%
- Sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS): Mejora de la estabilidad y la eficiencia del sistema

## 62 *Novedades*

## 64 *Noticias*

## 68 *Nombramientos*

## 70 *Agenda*

## 72 *Guía de empresas destacadas*

## 74 *Próximo número*



### EDITA

Grupo Acorde Comunicación, S. L. L.  
Parc Tecnològic del Vallès,  
Centre de Empreses, Local 111  
08290 Cerdanyola del Vallès (Barcelona)  
Tel: +34 93 5824451 / 52  
Fax: +34 93 5824452  
Web: [www.grupoacorde.es](http://www.grupoacorde.es)  
ISSN: 1699-8405 DL:B-29538-2005

### Directora Editorial:

• María Jesús Jiménez  
[comunicacion@grupoacorde.es](mailto:comunicacion@grupoacorde.es)

### Redacción:

• Julia Jaque  
[redaccion@grupoacorde.es](mailto:redaccion@grupoacorde.es)  
• Pedro Ledesma  
[informacion@grupoacorde.es](mailto:informacion@grupoacorde.es)  
• María Teresa García  
• Sara Molina  
• Maite Montes

### Colaboradores:

• Pascual Polo, Director General de ASIT  
• José Antonio Sierra  
• Vicente Salas Merino

### Dirección de Publicidad:

• Pilar Fuentes  
[revistasolarnews@grupoacorde.es](mailto:revistasolarnews@grupoacorde.es)

### Publicidad:

• Lorena Idalgo  
[comunicacion@grupoacorde.es](mailto:comunicacion@grupoacorde.es)

• Elisabeth Cantón  
[marketing@grupoacorde.es](mailto:marketing@grupoacorde.es)

### Administración:

• Marina Pacheco

### Diseño y Maquetación:

• Esther Correa  
[disenyo@grupoacorde.es](mailto:disenyo@grupoacorde.es)

### Impresión:

• Tauro Gráfica  
Edición on line: [www.solarnews.es](http://www.solarnews.es)

Nuestra revista está presente en:



Solar News galardonada con el Premio Solar 2007

115

6° bimestre de 2024

# SOLAR NEWS

REVISTA ESPECIALIZADA EN ENERGÍA SOLAR

## ESPECIAL BOMBEO SOLAR

La fotovoltaica sigue avanzando en la consecución de los objetivos del PNIEC y en la creación de empleo y riqueza

El reto del reciclaje de los paneles solares

El proyecto de hidrógeno verde y almacenamiento energético de CIUDEN avanza con el arranque de la obra de construcción de la planta solar fotovoltaica

# FULL OF ENERGY

SMA

Nueva solución de almacenamiento comercial

## SMA Commercial Storage Solution

Impulsando tu negocio con la fuerza del sol