

Agrivoltaica: interacción entre energía solar y la producción agrícola



Ciencia al Instante

La agrivoltaica combina la generación de energía solar con la producción agrícola en un mismo espacio, permitiendo que paneles solares elevados sobre los cultivos generen electricidad mientras las plantas crecen bajo ellos. Esta innovadora estrategia surgió para resolver la competencia histórica por el territorio entre la agricultura y la infraestructura energética. Los estudios demuestran que en regiones con alta radiación y estrés térmico, la sombra parcial de los paneles beneficia ciertos cultivos al reducir la temperatura del suelo y conservar la humedad del terreno.



Agrivoltaica: interacción entre energía solar y la producción agrícola



Cómo citar este artículo: Martínez-Hernández CJ, Acosta-Banda A, Hechavarría-Difur L. 2026. Agrivoltaica: interacción entre energía solar y la producción agrícola. Revista Ciencia y Naturaleza (1249).





Bajo el mismo rayo de sol

Hay escenas que comienzan a repetirse en distintas regiones del mundo. A primera vista, parecen campos agrícolas comunes. Sin embargo, al acercarse, algo transforma esa imagen. Sobre los cultivos, elevadas a varios metros de altura, se extienden estructuras metálicas que sostienen paneles solares. Debajo de ellos, las plantas siguen creciendo.



La misma luz que permite la vida vegetal también puede generar electricidad. La agrivoltaica surge a partir de esta idea sencilla: aprovechar simultáneamente la energía solar para la producción agrícola y la generación eléctrica. Durante décadas, la agricultura y la producción de energía parecieron competir por el mismo recurso. Los terrenos fértiles eran valiosos tanto para cultivar alimentos como para instalar infraestructura energética.



Esta tensión generó un dilema constante sobre el uso del territorio. La agrivoltaica propone una alternativa distinta. En lugar de elegir entre producir alimentos o generar electricidad, plantea la posibilidad de hacer ambas cosas al mismo tiempo. Desde el punto de vista energético, los sistemas agrivoltaicos distribuyen la radiación solar entre la generación eléctrica, el cultivo y los procesos térmicos del ambiente, como se esquematiza en la Figura 1.

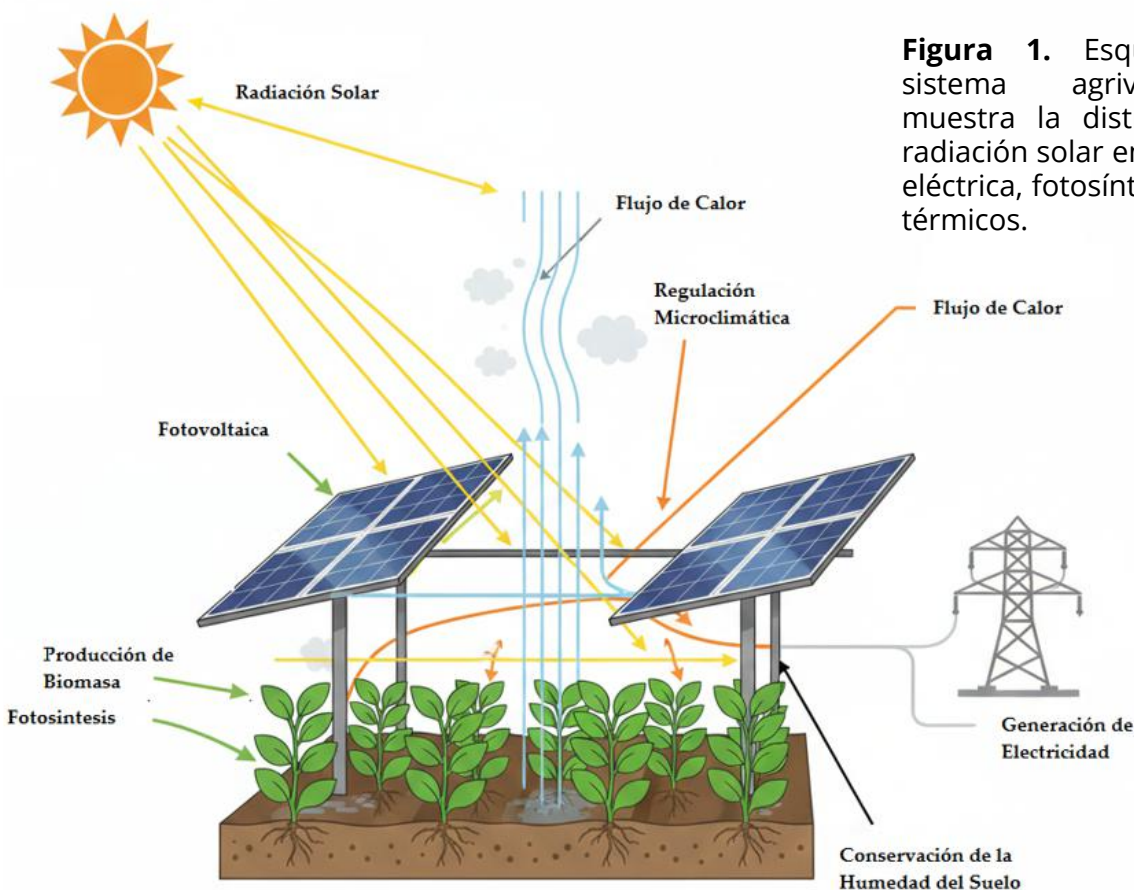


Figura 1. Esquema de un sistema agrivoltaico que muestra la distribución de la radiación solar entre generación eléctrica, fotosíntesis y procesos térmicos.

La observación que lo cambió todo

La idea de combinar agricultura y energía solar no es reciente. En 1981, investigadores alemanes propusieron elevar los paneles solares para permitir el crecimiento de cultivos debajo de ellos. Sin embargo, durante muchos años esta propuesta no tuvo aplicación práctica. Décadas después, nuevos estudios retomaron la idea con una pregunta clave: ¿cómo reaccionan las plantas cuando reciben menos luz directa? Los resultados mostraron que, en condiciones de alta radiación y estrés térmico, una reducción parcial de la radiación puede beneficiar a determinados cultivos.



Las plantas utilizan la luz solar para realizar la fotosíntesis y producir biomasa. Sin embargo, cuando reciben más radiación de la que pueden utilizar eficientemente para la fotosíntesis, activan mecanismos de protección que disminuyen su rendimiento fotosintético. En este contexto, los paneles solares reducen parcialmente la radiación incidente y ayudan a mantener condiciones más favorables para ciertos cultivos. De esta manera, la energía solar disponible se distribuye entre la producción vegetal y la generación eléctrica.

¿Sabías que...? Durante las horas de mayor intensidad solar, muchas plantas reciben más luz de la que pueden aprovechar. En esos casos, la sombra parcial de los paneles solares puede disminuir el estrés térmico y ayudar a conservar un ambiente más estable para el cultivo.

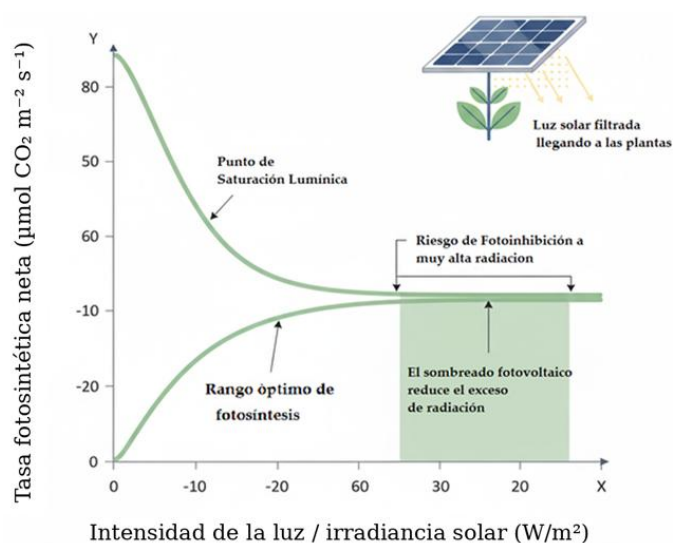


Figura 2. Relación entre la intensidad de la luz y la fotosíntesis en plantas. La luz favorece la fotosíntesis hasta un punto óptimo; después de ese límite, el exceso de radiación causa estrés, y la sombra parcial de los paneles solares ayuda a moderar ese efecto.

Un microclima inesperado bajo los paneles

Uno de los efectos más interesantes de los sistemas agrivoltaicos no ocurre únicamente en las plantas o en los paneles, sino en el espacio que existe entre ambos: el microclima del campo. Cuando los paneles se instalan sobre un terreno agrícola, las sombras se desplazan a lo largo del día siguiendo el movimiento del sol.



Como se observa en la figura 3a, en un sistema convencional la alta radiación incrementa la temperatura del suelo y favorece la pérdida de humedad, lo que puede generar estrés en las plantas. En contraste, la figura 3b muestra cómo, en un sistema agrivoltaico, la sombra parcial reduce la temperatura y permite conservar mejor el agua en el suelo.

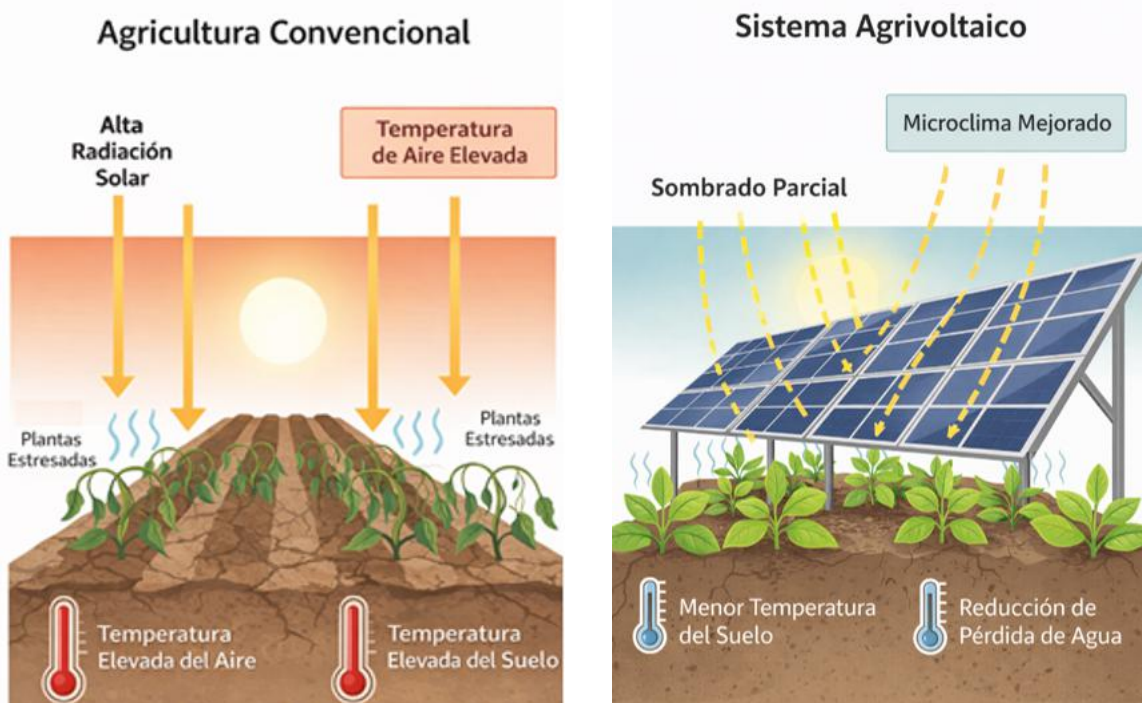


Figura 3. (a) Agricultura convencional con alta radiación, mayor temperatura y estrés hídrico. (b) Sistema agrivoltaico con sombra parcial, menor temperatura y mejor conservación de humedad.

Bajo los paneles solares, los cultivos desarrollan un microclima más fresco, más húmedo y más estable que el de un sistema convencional. Es decir, la temperatura del aire y del suelo puede disminuir entre 2 °C y 5 °C, mientras que la humedad relativa suele aumentar alrededor de un 5 % a un 15 %.



Por otra parte, la sombra parcial también transforma el ambiente inmediato de las plantas. Cerca de sus hojas, el aire conserva una humedad más constante y la evapotranspiración puede reducirse entre un 10 % y un 30 % dependiendo del cultivo y de las condiciones climáticas. En otras palabras, las plantas necesitan “sudar” menos para mantenerse activas, lo que les permite ahorrar agua sin comprometer de manera importante su crecimiento. Estos cambios no alteran el clima en general, esto ocurre a pequeña escala. Es decir, dentro del propio campo de cultivo. Sin embargo, son suficientes para generar condiciones distintas, donde la energía del sol se distribuye de manera más eficiente y el entorno resulta más favorable para el desarrollo de las plantas.

Una historia del desierto de Arizona

Para quienes dudan de que los cultivos puedan prosperar bajo paneles solares, existe un experimento que suele citarse como punto de referencia. En el desierto de Arizona, en los Estados Unidos, un equipo de investigadores encabezado por Greg Barron-Gafford instaló cultivos bajo estructuras fotovoltaicas y los comparó con parcelas idénticas expuestas al sol directo durante varios ciclos de producción.



Los resultados sorprendieron incluso a los propios científicos. Durante los meses de verano, cuando las temperaturas superaban con frecuencia los cuarenta grados Celsius, varias especies vegetales mostraron mejores indicadores fisiológicos como mayor conservación de humedad y menor estrés térmico bajo los paneles que en las parcelas de control. La humedad del suelo se conservaba por períodos más prolongados, la temperatura del aire cerca de las plantas era algunos grados menores y el sufrimiento de las plantas por falta de agua era perceptiblemente inferior.



Tomates, pimientos y plantas forrajeras mostraron rendimientos comparables o superiores a los de los campos convencionales, mientras el mismo espacio generaba electricidad suficiente para abastecer múltiples viviendas. El concepto de aprovechar doblemente la tierra dejó de ser solo una hipótesis. Hoy existen proyectos agrivoltaicos documentados en Europa, Asia y América del Norte, adaptados a cultivos tan distintos como la vid, las hortalizas de hoja, los cereales y las plantas aromáticas.

Cuando las plantas también ayudan a los paneles

La interacción entre cultivos y paneles solares no ocurre en una sola dirección. Hasta aquí se ha descrito cómo los paneles modifican el ambiente de las plantas. Pero la vegetación, a su vez, también influye en el desempeño de los paneles solares, y de una manera que los ingenieros energéticos no siempre anticipan.



Los paneles solares son sensibles a la temperatura. Cuando se calientan demasiado, su eficiencia eléctrica disminuye de forma apreciable. Este fenómeno es bien conocido en la ingeniería fotovoltaica y representa uno de los principales desafíos en regiones con climas cálidos. Un panel que opera a temperaturas elevadas puede rendir hasta un quince por ciento menos que el mismo panel a temperatura óptima. Las plantas liberan vapor de agua mediante la transpiración, proceso que contribuye a refrescar ligeramente el aire circundante. En sistemas agrivoltaicos, este efecto puede disminuir la temperatura alrededor de los paneles y favorecer su desempeño.

Se trata de una interacción recíproca: las estructuras modifican las condiciones de radiación sobre el cultivo y la vegetación contribuye a regular parcialmente el entorno térmico de los paneles.



No todos los cultivos responden igual

Uno de los aspectos más importantes para el diseño de sistemas agrivoltaicos es la selección de las especies vegetales. La agrivoltaica no es una solución universal que funcione igual para cualquier cultivo en cualquier condición. Cada especie tiene una relación particular con la luz, el agua y la temperatura, y estas relaciones determinan en gran medida si el sistema será exitoso.



Las hortalizas de hoja, como la lechuga, la espinaca o la acelga, presentan buena adaptación a condiciones de sombra parcial y radiación reducida. En cambio, cultivos altamente demandantes de luz solar, como el maíz o el girasol, pueden experimentar reducciones en su rendimiento si el diseño del sistema no se ajusta adecuadamente.



¿Sabías que...? En algunos sistemas agrivoltaicos se incorporan plantas florales nativas o especies ricas en néctar bajo los paneles solares. Estas plantas atraen polinizadores como abejas y mariposas, lo que contribuye a aumentar la biodiversidad y fortalece el equilibrio del ecosistema agrícola.

La arquitectura del sistema también juega un papel determinante. La altura de las estructuras, el espaciamiento entre filas de paneles y el ángulo de inclinación de los módulos determinan cuánta radiación llega al cultivo, cómo se distribuye a lo largo del día y qué fracción del suelo permanece en sombra durante las horas de mayor irradiancia. En algunos diseños, los paneles se instalan a mayor altura para permitir el paso de maquinaria agrícola entre las filas. En otros se emplean sistemas con seguimiento solar que modifican la orientación de los módulos a lo largo del día para optimizar tanto la producción eléctrica como la cantidad de luz que reciben los cultivos. Cada configuración crea un microambiente diferente.



Un paisaje productivo que empieza a cambiar de forma

Más allá de sus implicaciones biológicas y energéticas, la agrivoltaica tiene también consecuencias sobre la estructura del paisaje rural. La presencia de paneles introduce elementos físicos nuevos en el campo y modifica la forma en que el territorio se organiza visualmente y funcionalmente.



En algunas regiones, los sistemas agrivoltaicos han comenzado a crear hábitats inesperados. Las zonas sombreadas bajo los paneles pueden convertirse en refugios para insectos, pequeños reptiles y aves que encuentran en esos microambientes condiciones más favorables que en el campo abierto. Cuando se incorporan plantas florales o especies con floración prolongada, la diversidad de polinizadores puede incrementarse de manera notable. Este tipo de paisaje híbrido, donde conviven producción de alimentos, generación eléctrica y biodiversidad, es una forma emergente de organización del territorio rural. No es un campo agrícola convencional ni un parque solar. Es algo diferente, con su propia lógica ecológica y productiva.

Mirar el sol con otros ojos

Durante miles de años, la agricultura ha sido una de las formas más sofisticadas de aprovechar la energía del sol en la Tierra. A través de la fotosíntesis, las plantas han alimentado civilizaciones, sostenido ecosistemas y dado forma a los paisajes que hoy consideramos naturales. Todo ello gracias a su capacidad para transformar la luz en materia viva.





La tecnología fotovoltaica es otra manera de utilizar ese mismo recurso. En lugar de convertir la energía solar en biomasa, la transforma directamente en electricidad. Ambos procesos parten de la misma fuente y generan beneficios distintos, aunque durante mucho tiempo se pensaron como alternativas que no podían coexistir. La agrivoltaica demuestra que es posible integrarlos en un mismo espacio, permitiendo que la energía del sol alimente simultáneamente la vida y la tecnología. En este sentido, la energía solar es aprovechada simultáneamente para la producción de alimentos y la generación eléctrica en un mismo espacio.



Aunque sus efectos dependen del tipo de cultivo, el diseño del sistema y las condiciones climáticas locales, su potencial resulta significativo, especialmente en regiones donde la disponibilidad de agua, suelo y energía representa un desafío creciente. Más que sustituir la agricultura convencional o los sistemas fotovoltaicos tradicionales, la agrivoltaica propone una estrategia complementaria que busca aprovechar de manera más eficiente los recursos disponibles.

Los sistemas agrivoltaicos muestran que un mismo territorio puede integrar funciones energéticas y agrícolas de forma conjunta y sostenible. 🍀

Para Consulta

- Barron-Gafford GA, Minor RL, Allen NA, *et al.* 2019. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands. *Nature Sustainability* 2: 848-855. [\[Link\]](#)
- Dupraz C, Marrou H, Talbot G, *et al.* 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy* 36(10): 2725-2732. [\[Link\]](#)
- Goetzberger A, Zastrow A. 1982. On the coexistence of solar-energy conversion and plant cultivation. *International Journal of Solar Energy* 1(1): 55-69. [\[Link\]](#)



- Marrou H, Guillioni L, Dufour L, *et al.* 2013. Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels? *Agricultural and Forest Meteorology* 177: 117-132. [\[Link\]](#)
- Martínez-Hernández CJ, Acosta-Banda A, Aguilar-Esteva V, *et al.* 2026. Efficiency, Sustainability and Governance of Agrivoltaic Systems: A PRISMA-Based Systematic Review of Global Evidence (2010–2025). *Energies* 19(6): 1418. [\[Link\]](#)

Crédito de imágenes en orden de aparición: Arthon meekodong, Getty Images (GI), nomica studio, sketchify, Pexels (Pex), pixabay (pix), sudut belajar, sketchify, Getty Images Signature, Monster Images, Monsters Visual, pavlovakhrushev, Toku & Nana, irasutoya. Crédito de figuras: Figura 1, 2 y 3. Elaboración del autor mediante inteligencia artificial generativa a partir de prompts originales. Google, 2025. Gemini. Google LLC [\[Link\]](#). Los autores confirmaron que ningún párrafo del manuscrito ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con esta herramienta.

Dra. Beatriz Escobar
Editora Asociada Revista CyN

Diseño de publicación: Sofia Paz



Carlos Javier Martínez Hernández

Profesor-Investigador de la Licenciatura en Ingeniería en Energías Renovables. Universidad del Istmo. Campus Tehuantepec. Investigador especializado en sistemas agrivoltaicos, energías renovables y sostenibilidad. Su trabajo integra modelado, evaluación ambiental, gobernanza y desarrollo de proyectos agrivoltaicos en regiones tropicales.

contacto: cjmh@unistmo.edu.mx



Adán Acosta Banda

Ingeniería Industrial. Universidad del Istmo. Campus Tehuantepec. Sus principales líneas de investigación se enfocan en el estudio de las energías alternativas, desarrollo sustentable, sistemas complejos, socioformación y sociedad del conocimiento.

contacto: adan.acosta.b@gmail.com



Liliana Hechavarría Difur

División de Estudios de Posgrados. Universidad del Istmo. Campus Tehuantepec. Investigadora especialista en el área de Ingeniería en Energía, específicamente en materiales, dispositivos y sistemas de aprovechamiento de la Energía Solar Fotovoltaica.

contacto: lihed@live.com