

# Agrovoltaica, una alternativa sostenible para la transición energética

POR: CLAUDIA LORENA ESQUIVEL Y LUIS EDUARDO TOBÓN\*

## Fin de la era del fuego

Desde hace cerca de un millón de años los humanos controlamos el fuego. Nos brindó luz para no temer a la oscuridad y calor para resguardarnos del frío y cocinar nuestros alimentos; así, nos proporcionó tiempo y nutrientes para pensar más y mejor. Nuestro cerebro creció junto con las habilidades técnicas que nos permitieron dominar, de manera rudimentaria, la materia. En todo este tiempo los combustibles han cambiado más bien poco: leña, carbón, petróleo y gas. Hemos sido hijos de Prometeo durante mucho tiempo, hasta ahora, la era cuántica.

“ El 9.3% de la población mundial no se alimenta con el mínimo vital y hay lugares donde este porcentaje supera el 20%. ”

El control de la energía a escala atómica, desde el flujo de electrones en transistores hasta los procesos de fisión nuclear controlada, nos permite almacenar y transmitir cuantos de información a distancias del tamaño de sistemas solares. También permite generar energía de manera segura, continua y limpia, evitando el consumo de recursos cuya tasa de recuperación no supere su capacidad ambiental. No obstante, los



recursos no renovables siguen siendo la principal fuente de energía en el mundo. Cerca de 170 PWh de energía fue consumida en 2022; el 85% proviene del carbón, el petróleo y el gas [1].

En el escenario colombiano, el potencial de energía eólica y solar es cercano a los 500 TWh, que supera, varias veces, la demanda energética nacional (menos de 77 TWh en el 2022). Sin embargo, la capacidad instalada operativa solar y eólica solo alcanza el 1.5% y el 0.1% de este potencial de generación [2]. Lo cual deja un amplio margen de acción para incrementar planes, programas y acciones por la incorporación de la energía de fuentes renovables en la matriz energética colombiana.

## Las virtudes de la energía solar fotovoltaica

Podríamos decir que la energía de origen fósil también es solar, pues la energía química acumulada en las cadenas de hidratos de carbono se formó a partir de procesos fotobioquímicos accionados por la luz del sol y luego almacenados en el subsuelo por millones de años. Los pigmentos en los cloroplastos de las células vegetales capturan fotones que excitan electrones, los cuales transportan la energía necesaria para la construcción de azúcares y oxígeno, a partir de dióxido de carbono y agua.



Esta reacción, piedra angular de la vida en nuestro planeta, tiene una eficiencia del 1%, en el mejor de los casos. Hoy tenemos celdas solares experimentales de silicio que alcanzan eficiencias cercanas al 50% o nuevos materiales orgánicos que están llegando al 20%, las mejores disponibles en el mercado llegan al 23%, pero, ¿cómo funcionan las celdas fotovoltaicas?

Toda celda solar tiene un material activo sensible a la luz que recibimos del sol. Cuando este material recibe un fotón con energía suficiente se genera un par

electrón-hueco, llamado excitón, que debe romperse para que los electrones y huecos fluyan por caminos separados. Esta corriente puede usarse en un circuito externo para hacer algún trabajo, entregarse a una red eléctrica o almacenarse para uso futuro.

## Hambre y territorio

A pesar de este cada vez más preciso, control de la energía, persisten varios desafíos globales. Si bien, contamos con la capacidad de generar energía de manera más eficiente y limpia, aún luchamos por garantizar un acceso adecuado a alimentos básicos y nutritivos para una gran parte de la población global. El 9.3% de la población mundial no se alimenta con el mínimo vital y hay lugares donde este porcentaje supera el 20% [1]. La paradoja es que, mientras nuestro conocimiento científico y tecnológico se ha incrementado de manera exponencial, las soluciones para abordar un problema básico como la seguridad alimentaria siguen siendo insuficientes.

Colombia tiene sembrado solo el 18% de 40 millones de hectáreas con potencial agrícola [3]. Tenemos sobre el papel, un área cultivable equivalente al territorio de Alemania y Holanda juntas; sin embargo, más de 15 millones de colombianos viven sus días con hambre, de los cuales 2.1 millones están en una situación de inseguridad alimentaria severa, es decir, están muriendo por no consumir el mínimo vital. En valores absolutos, las ciudades tienen el mayor número de población en esta situación: Bogotá (1.5 Millones), Medellín (650 mil), y Cali (500 mil) [4].

## Energía o alimento, dilema superado

Surge el dilema sobre el uso más eficiente de la tierra fértil. En Europa, esta disyuntiva no existe, pues la carencia de tierra cultivable impide su uso para generación de energía fotovoltaica. Es decir, si una hectárea puede producir una tonelada de trigo o 100kW de potencia eléctrica, se prioriza el grano. Sin embargo, es posible combinar estas dos fuentes de recursos en un mismo espacio con paneles solares sobre el cultivo, con un diseño adecuado en que ambos sistemas

tomen lo suficiente para producir trigo y energía eléctrica de manera armonizada y simultánea, esto se conoce como producción Agrovoltáica.

Los sistemas agrovoltaicos son una realidad en países europeos y norteamericanos. A pesar de la cantidad enorme de área cultivable en lugares con altas tasas de radiación solar y con suficientes cantidades de agua para riego o generación de hidrógeno (pero esa es otra historia), estos sistemas siguen siendo una rareza en Colombia. Pues la política energética y agraria no se encuentran armonizadas y no existen alternativas de trabajo conjunto para la maximización de los beneficios del uso del suelo.

Un sistema agrícola transitorio tradicional implica en el año varios ciclos de siembra, cuidado, cosecha, pos-cosecha y recuperación del terreno. En sistemas agrícolas permanentes, requieren un tiempo inicial de crecimiento de las plantas que puede ser de varios años, lo que redundaría en una baja tasa inicial de ingresos. Similarmente, los sistemas pecuarios tienen tiempos de engorde o recuperación de los animales, que reducen la frecuencia de ingresos.

En todos los casos existe un flujo constante de gastos de insumos, mano de obra y energía. En el caso de un sistema fotovoltaico, una vez instalado podrá generar energía desde el primer día y operar por años, con un mantenimiento básico limpieza y revisión eléctrica. En Colombia, donde no hay estaciones marcadas, habría una producción de energía fotovoltaica relativamente estable.

Así pues, la sinergia entre sistemas agropecuarios y fotovoltaicos ofrece a los productores una fuente de energía para sus procesos diarios y una fuente potencial de ingresos. La energía solar distribuida por terrenos amplios cultivados, permite la instalación de sistemas de monitoreo de variables de suelo, planta, animal y atmósfera, para la toma informada de decisiones y la sistematización de la misma producción [5].

Se ha demostrado experimentalmente que las celdas fotovoltaicas mejoran las condiciones microclimáticas

bajo su sombra, regulando la temperatura, la humedad y la erosión [6]. Durante el día, la sombra de los paneles solares, puede disminuir la temperatura varios grados, ofreciendo mayor comodidad a las personas encargadas del mantenimiento o cosecha de los cultivos; en la noche, la temperatura aumenta ligera y reguladamente, mejorando las condiciones de crecimiento de los cultivos.

“ Con un adecuado diseño agrovoltaico se puede garantizar continuidad en el suministro de energía, adecuada distribución de recursos energéticos y autonomía en las decisiones energéticas en comunidades. ”

Estos efectos positivos verificados en cultivos agrícolas, tienen un enorme potencial en la recuperación de terrenos degradados de bajo potencial agrícola [7], promoviendo el crecimiento de arbustos de variada naturaleza y la proliferación de insectos polinizadores. Esta nueva aplicación lleva el nombre de Ecovoltáica, y puede ser una alternativa agroecológica para comunidades ubicadas en terrenos alejados y de poca vocación agrícola.

## Agrovoltáica en la transición energética

Uno de los retos de la transición energética es dar respuesta al trilema energético que determina el desarrollo sostenible del sector, que de acuerdo con el Consejo Mundial de Energía [8] está compuesto por: I) la seguridad energética, que representa la confiabilidad y continuidad en el suministro energético alternativo, renovable y competitivo; II) la justicia energética, entendida, desde una perspectiva axiológica, como la equidad en las decisiones ener-

géticas y en la distribución de las cargas y beneficios de los sistemas energéticos; y III) la sostenibilidad ambiental, bajo los presupuestos de generación de energía limpia y descarbonización de la matriz energética. Bajo el presupuesto del trilema energético, se debe entender que los sistemas agrovoltaicos tienen el potencial para contribuir a la solución de los tres desafíos mencionados.

Desde la respectiva de sostenibilidad ambiental la agrovoltaica ayuda a disminuir la rivalidad entre el uso del suelo para el cultivo de alimentos o la generación de energía [9]. Desde la perspectiva de seguridad energética, la agrovoltaica robustece los sistemas eléctricos y permiten que los consumidores gestionen autónomamente sus necesidades energéticas y la confiabilidad de sus fuentes de generación.

“ En el caso de un sistema fotovoltaico, una vez instalado podrá generar energía desde el primer día y operar por años, con un mantenimiento básico limpieza y revisión eléctrica. ”

Finalmente, desde la perspectiva de justicia energética, la fotovoltaica le permite a los usuarios acceder a las fuentes de generación de energía de manera directa, contribuyendo a su democratización e incentivando la autonomía en las decisiones energéticas de los usuarios.

En el escenario de las comunidades organizadas para autogenerar a partir de sistemas agrovoltaicos se incrementaría la justicia energética, reduciendo la desigualdad que se presenta por el desfase geográfico entre fuentes de energía y lugares de consumo y reduciendo las asimetrías entre el sistema interconectado nacional y las zonas no interconectadas [10].



Ciertamente, en las comunidades energéticas existe la opción de que converjan las figuras de generador y consumidor, y se puede potencializar la autonomía con figuras como el productor marginal y autogenerador de energía, empleando para ello fuentes renovables. Así las cosas, las comunidades energéticas tienen la oportunidad de transformarse de consumidores a proveedores de energía, ya que podrían vender sus excedentes de energía.

Con un adecuado diseño agrovoltaico se puede garantizar la continuidad en el suministro de energía, una adecuada distribución de los recursos energéticos y la autonomía en las decisiones energéticas en las comunidades. Por lo tanto, existe una dimensión ética en la ponderación de la contribución de la agrovoltaica a la transición energética justa, en la medida a que reduce las brechas entre la riqueza y pobreza, tanto por el acceso a servicios energéticos como por el aseguramiento de la provisión alimentaria.

La justicia energética avanza en el reconocimiento de los usos significativos de la energía para una

comunidad y las elecciones sobre la priorización de las necesidades energéticas en calidad de usuarios finales, además, existe la justicia procesal donde lo relevante es el procedimiento en la toma de decisiones energéticas y la participación de una pluralidad de actores relevantes [11].

Aunque el potencial de desarrollo de la agrovoltaica es relevante para la transición energética, es importante evidenciar que existen barreras técnicas y jurídicas que deben ser abordadas para que exista un aumento en su implementación.

Las barreras jurídicas pueden resumirse en los siguientes aspectos: I) la incoherencia normativa de los objetivos del sector eléctrico, los planes de expansión plurianuales y decenales, y el ordenamiento

jurídico vigente; II) la conveniencia de una modificación en la legislación actual, o una nueva legislación, III) la necesidad de nuevos modelos contractuales, que permitan interactuar a los comercializadores, distribuidores y transmisores de energía. IV) La revisión de los modelos contractuales para que los usuarios del servicio público de energía eléctrica, puedan convertirse en autogeneradores e incluso puedan exportar sus excedentes de energía a la red de distribución local; V) El cumplimiento de la garantía del principio de libre acceso a las redes de distribución y transmisión para los nuevos generadores de energía, bien sea en calidad de autogenerador, cogenerador o generador que pretende participar en los mercados del sector eléctrico; VI) La reestructuración del modelo institucional para dotar de mayor seguridad jurídica al sector eléctrico [12].

## Procables

Prysmian  
Group

Selecciona el cable adecuado  
para cada instalación.

# Cable App.

¡Descárgala  
aquí!



Envíanos a [mercadeo@prysmiangroup.com](mailto:mercadeo@prysmiangroup.com) la dirección de correo desde el cual descargaste **Cable App** y reclama un premio sorpresa.

## Conclusiones

Vivimos una época de creciente consumo de energía y alimentos, con recursos limitados o en franca reducción. Los sistemas agrovoltaicos surgen como una alternativa que reúne las ventajas de generación solar en sinergia con sistemas agrícolas, permitiendo a los productores del campo tener una fuente estable de electricidad y potencialmente de ingresos adicionales, con la venta de sus excedentes de energía.

Se evidencia que los paneles solares ubicados sobre cultivos mejoran ciertas condiciones bioclimáticas que favorecen la producción agrícola, a pesar de la reducción de la radiación solar que el cultivo recibe, manteniendo una producción favorable de alimentos y energía y armonizando los usos del suelo de manera sostenible. Finalmente, los sistemas agrovoltaicos favorecen la seguridad, la sostenibilidad y la justicia energética de las comunidades, viabilizando el desarrollo sostenible en los territorios y materializando la transición energética justa.



En este sentido, se requiere el desarrollo de una normatividad que ofrezca la seguridad jurídica que permita atraer nuevos inversionistas y nuevos actores comprometidos con las decisiones energéticas de las comunidades y con el reconocimiento de sus particulares necesidades. Todo lo cual redundaría en la consolidación de un sector energético en el que coexistan desde el presupuesto de justicia los nuevos actores generadores del sistema energético. ▲

\* **Luis Eduardo Tobón**, profesor titular del Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación, Pontificia Universidad Javeriana Cali. Integrante de la Comisión de Electrónica de ACIEM y vocal de la Junta Directiva de ACIEM Valle del Cauca.

**Claudia Lorena Esquivel**, profesora Asociada del Departamento de Ciencia Jurídica y Política, Pontificia Universidad Javeriana Cali.

- 1 Hannah Ritchie, Pablo Rosado y Max Roser (2023) - Published online at OurWorldInData.org.
- 2 José Vega Araújo y Miquel Muñoz Cabré (2023). Energía solar y eólica en Colombia: panorama y resumen de políticas 2022. Stockholm Environment Institute.
- 3 Alejandro Pastrán (2021). Colombia solo tiene cultivado 17,5% de hectáreas del total de su potencial agrícola. [www.larepublica.co](http://www.larepublica.co)
- 4 Evaluación de seguridad alimentaria para población colombiana. 2023. Resumen ejecutivo. Programa Mundial de Alimentos
- 5 Walston, L. J., et al. (2022). Opportunities for agrivoltaic systems to achieve synergistic food-energy-environmental needs and address sustainability goals. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- 6 Barron-Gafford, G. A., et al. (2019). Agrivoltaics provide mutual benefits across the food-energy-water nexus in drylands. *Nature Sustainability*.
- 7 Sturchio, M. A., and Knapp, A. K. (2023). Ecovoltaic principles for a more sustainable, ecologically informed solar energy future. *Nature Ecology Evolution*.
- 8 World Energy Council WEC. 2018. World Energy Trilemma Index 2018. Londres U.K: Consejo Mundial de Energía, 2018.
- 9 Pujkit, J., et al. (2021) Agrovoltaics: Step towards sustainable energy-food combination. *Bioresource Technology Reports*. Vo. 15.
- 10 Kumpanalaisatit, M., et al. (2022) Current status of agrivoltaic systems and their benefits to energy, food, environment, economy, and society. *Sustainable Production and Consumption*. Vo. 33.
- 11 McCauley, D., et al. (2019). Energy justice in the transition to low carbon energy systems: Exploring key themes in interdisciplinary research. *Applied Energy*, 233–234
- [12] PAINULY. J. Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. *Renewable Energy* 24 (2001)

# Cambiamos para que su negocio siga avanzado

Mobil Delvac™



Garantice el máximo desempeño y eficiencia **con la última tecnología.**

Mobil Delvac™, la marca líder en lubricantes para flotas e industria, ha decidido dar un paso adelante cambiando su imagen, nombres, y etiquetas. Además de ofrecer una gama de productos en su portafolio diseñadas específicamente para satisfacer las necesidades de sus operaciones, la línea **Mobil Delvac Modern™ se enfoca en lubricantes de última generación para motores de alta tecnología**, optimizando su funcionamiento y brindando la posibilidad de largos intervalos entre cambios de aceite, dando una posible economía de combustible.

Lubricantes como el **Mobil Delvac Modern™ 15W-40 Full Protection**, ofrecen una protección superior contra el **desgaste de hasta un 50%, la oxidación y la formación de depósitos**, lo que se traduce en una mayor eficiencia rendimiento y vida útil del motor. Por su parte, **Mobil Delvac Modern™ 10W-40 Advanced Protection** es un nuevo producto en nuestro portafolio, totalmente sintético, que **extiende el periodo de cambio a más de 35.000 Km.**

Mobil Delvac Modern™ es el núcleo de la oferta en el mercado de Mobil™ cubriendo la gama más amplia de tecnologías, que buscan soluciones confiables y que requieren máximo desempeño garantizando una operación eficiente en todo momento.

Para las operaciones exigentes de los sectores de minería e infraestructura la marca incluyó los productos Mobil Delvac Modern™ 15W-40 Advanced Protection Mine y Full Protection Mine, los lubricantes especializados para motores diésel de alta potencia, desarrollados para brindar mayores prestaciones para **motores Cummins, Caterpillar y MTU** diseñados para estos tres beneficios:



**Antes**

Mobil Delvac™  
**MX ESP  
15W-40**



**Ahora**

Mobil Delvac  
Modern™  
**15W-40 Full  
Protection**

Para conocer más visite nuestro perfil



Mobil en Colombia y contacte a su representante Mobil™