

Absorber la luz en delgadas películas:

la revolución de las celdas solares de perovskita

Santiago Mesa Espinal

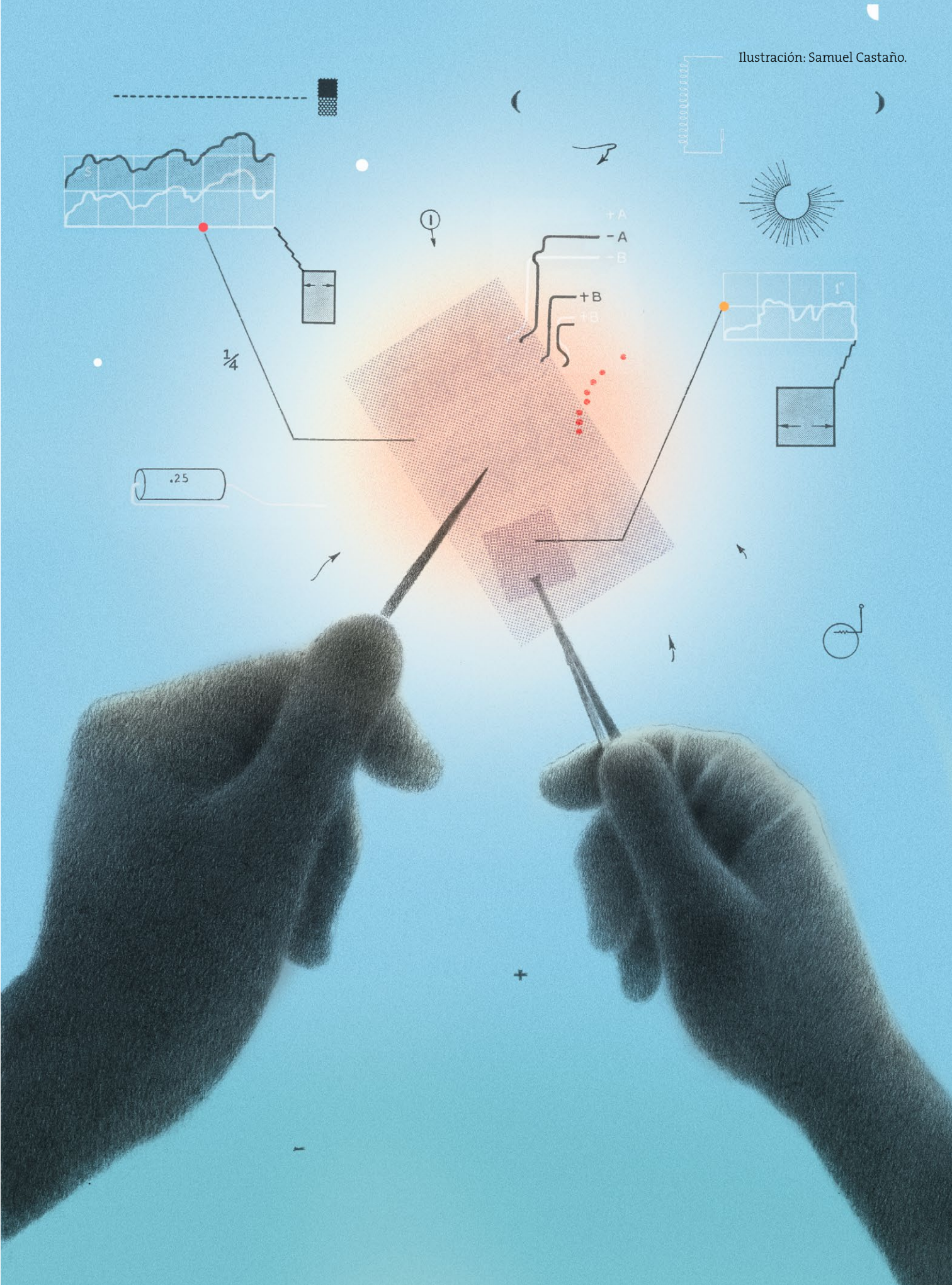
Ingeniero de materiales y magíster en Ciencias Químicas
santiago.mesa@udea.edu.co

Franklin Jaramillo Isaza

Ingeniero químico y Ph. D. en Química
franklin.jaramillo@udea.edu.co

Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales
—CIDEMAT—

Imaginemos ventanas que generan electricidad, dispositivos que se recargan con la luz del día y paneles impresos tan fácilmente como un periódico. Las celdas solares de perovskita, desarrolladas como un sánduche de delgadas láminas capaces de transformar la luz en energía a bajas temperaturas, prometen desarrollos de bajo costo que avanzan hacia la democratización del acceso a la energía.





El geólogo alemán Gustave Rose recibió en 1839 un mineral, proveniente de los montes Urales, que debía identificar. Se

trataba de un mineral cristalino de titanato de calcio que recibió el nombre de perovskita en honor al coleccionista ruso de minerales, el conde Lev Aleksévich Perovski. Hoy denominamos perovskita a una familia de compuestos sintetizados químicamente que mantienen, en términos generales, la estructura cristalina descrita del material original. Este tiene propiedades de fotoconductividad, es decir, la capacidad de convertir luz en electricidad.

La historia moderna de las perovskitas en aplicaciones para la producción de energía solar comenzó en 2009 gracias a un hallazgo coincidencial: el investigador Akihiro Kojima no lograba disolver un material con estructura de perovskita en solventes convencionales. Tras observar a sus colegas usar otro solvente en particular, logró, además de disolverlo, fabricar la primera celda solar de perovskita del mundo. Esta primera celda, elaborada a partir de películas de la nueva solución, arrojó una eficiencia de alrededor del 3 % que, aunque baja, sentó un precedente para la investigación en esta área. En cuestión de una década y de numerosas pruebas de hibridaciones de materiales, se

ha logrado una eficiencia de más del 25 %. Este desarrollo ha llevado a la comunidad científica a interesarse en las perovskitas como una solución viable y económica para aumentar el uso de la energía solar y contribuir a la transición energética.

Un breve paso por las celdas solares más comunes

Para comprender mejor el desarrollo de las tecnologías basadas en las perovskitas es importante conocer con qué funciona la tecnología fotovoltaica actual. Los paneles solares convencionales que vemos en techos y estructuras están formados por múltiples módulos interconectados. Su conjunto compone un panel solar de delgadas láminas de silicio encapsuladas en varias capas protectoras con las que forma la estructura típica del panel solar: varias celdas en forma de cuadrícula.

En términos generales, la producción de estas láminas de silicio se lleva a cabo en cinco etapas: calentamiento, purificación, dopado, conformado y pulido. Al final de estas etapas se obtiene un silicio de altísima pureza, la cual es indispensable para su uso final en aplicaciones en celdas solares. Si bien los paneles solares de silicio están muy bien consolidados como tecnología, existen alternativas prometedoras como las celdas solares de perovskita. Una de sus principales ventajas es que pueden fabricarse mediante procesos de recubrimiento en solución, lo que permite crear una tinta con los materiales activos de la celda solar y aplicarla directamente sobre superficies. Este enfoque simplifica significativamente el proceso, por lo que estos materiales han captado un creciente interés en la investigación.

Las de perovskita: promesa de bajo costo y flexibilidad

Varios atributos de las celdas solares de perovskita nos permiten pensar que está revolucionándose el campo de la energía solar y que podría transformarse nuestro futuro energético. Están constituidas por una serie de capas delgadas, de las cuales algunas son de perovskita. Pensemos en un sánduche: el pan inferior es el soporte o sustrato; lo que sería el queso en nuestra comparación es la capa inferior necesaria para el transporte electrónico; el jamón en el centro sería la perovskita, responsable de captar la luz; la lechuga en la capa superior sería la responsable del transporte de cargas. El pan superior

que completa el sánduche sería un electrodo de un metal que conduzca la electricidad generada.

En comparación con las celdas solares tradicionales de silicio, las celdas de perovskita son más fáciles y baratas de fabricar, y su eficiencia en la conversión de luz a electricidad ha mejorado ostensiblemente en los últimos años. En particular, las celdas de silicio requieren procesos de producción costosos, de altas temperaturas (mayores a 900 °C) y ambientes con altísimos estándares de limpieza. En cambio, las celdas de perovskita pueden producirse a través de métodos de deposición en solución; es decir, es posible usar tintas de las distintas capas para fabricar una celda solar, ese sánduche del que hablábamos antes. Esto significa que las celdas pueden fabricarse a bajas temperaturas (menores a 150 °C), de manera continua y aplicarse sobre sustratos flexibles y livianos, lo que las hace adaptables a diferentes condiciones de luz y de superficies.

Versátiles y portátiles, pero aún inestables

Todas estas ventajas, abren la puerta a una variedad de aplicaciones inmensa. Imaginemos celdas solares integradas en las ventanas de los edificios o en dispositivos portátiles que podemos llevar con nosotros. O imaginemos celdas que puedan imprimirse de manera rápida usando equipos de bajo costo con el fin de democratizar el acceso a la energía. Las posibilidades son inmensas.

Película de perovskita depositada en un sustrato flexible. Una ventaja de este tipo de tecnología es la posibilidad de lograr dispositivos semitransparentes.

Fotografía: Cortesía del grupo de investigación.



No obstante, y a pesar de sus numerosas ventajas, las celdas solares de perovskita todavía enfrentan algunos desafíos importantes. Uno de los problemas más críticos es su estabilidad y durabilidad. Las perovskitas pueden degradarse rápidamente cuando se exponen a la humedad y el oxígeno de manera directa, lo que limita su vida útil y afecta su rendimiento en el largo plazo. Para abordar estos problemas, se están desarrollando nuevas composiciones de perovskita, nuevas capas de materiales y recubrimientos protectores que limiten el acceso de la humedad y el oxígeno al dispositivo. En ese sentido, aún queda bastante investigación por desarrollar para que las celdas de perovskita sean más viables en integraciones finales. Es en este punto que el Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales —CIDE-MAT—, en su línea de energía, ha estado investigando durante los últimos años.

El reto de hacer láminas más grandes

Este grupo de investigación ha estado trabajando en sistemas energéticos durante más de veinte años, diez de estos en celdas de perovskita. Al principio de su investigación, el grupo se enfocó en desarrollar metodologías que le permitiera fabricar celdas con eficiencias

aceptables para seguir mejorando los rendimientos. Inicialmente se fabricaron pequeñas celdas solares de aproximadamente 8 mm² con una eficiencia de aproximadamente 18 %. Para ello el equipo de trabajo desarrolló diferentes capas de materiales en la búsqueda de celdas más estables y eficientes. Por ejemplo, se desarrolló una tinta de nanopartículas de óxido de níquel dispersadas en agua para la primera capa de la celda, lo que la hizo más estable y fácil de fabricar. Como resultado de la investigación y metodologías desarrolladas en el grupo, se realizaron prototipos de celdas solares de perovskita.

Esto implicó pasar de los 8 mm² de celda solar que se tenían inicialmente a 25 cm², ¡un área más de 300 veces mayor!, todo un reto en la fabricación que llevó a una investigación intensiva relacionada con metodologías para escalar la tecnología y su integración en sistemas energéticos. Así, el grupo fabricó mini-módulos fotovoltaicos de 25 cm² basados en nuevos materiales y realizados mediante métodos de procesamiento de las tintas desarrolladas. Dado que era necesaria la integración de estos mini-módulos, fueron puestos a prueba en condiciones reales de operación para las condiciones climáticas colombianas, lo que constituyó un hito puesto que esta es la primera vez que en el país se probó tecnología solar basada en perovskita.

Probar en el desafiante clima del trópico

Estas pruebas en condiciones reales fueron cruciales para evaluar el rendimiento y la durabilidad de las celdas solares de perovskita en el contexto climático colombiano y para entender cuáles podrían ser los pendientes en el contexto de una aplicación potencial. Esto implicó innovaciones en el encapsulamiento de los mini-módulos, esencial para protegerlos de la degradación por la humedad y el oxígeno, lo que extendió su vida útil. Los mini-módulos probados presentaron un voltaje de 3 voltios con una eficiencia de aproximadamente 13 %, lo suficiente para darle carga a un celular o encender un pequeño arreglo de luces LED.

El impacto potencial de las celdas solares de perovskita es inmenso, y con lo realizado por el grupo CIDEMAT se espera aportar a la revolución energética que está en ciernes. La investigación desarrollada sobre los desafíos inherentes de la tecnología permite imaginar un futuro en el que los edificios no solo consuman energía, sino que también la generen a través de sus propias ventanas

Celda solar de perovskita realizada en un sustrato flexible. Esta es la celda típica pequeña que se fabrica en el laboratorio, con un área activa de 8 mm².

Fotografía: Cortesía del grupo de investigación.



y fachadas y, por ejemplo, los dispositivos electrónicos se carguen automáticamente con energía solar. El sueño de desarrollar tecnología solar local y democratizar el acceso a la energía continúa con el grupo CIDEMAT. ✕

Glosario

Dopado: Proceso de añadir otros elementos químicos a un semiconductor, como el silicio, para modificar sus propiedades eléctricas.

Este texto hace parte del programa SÉNECA, en el proyecto «Desarrollo nacional de tecnología solar fotovoltaica de última generación e implementación de sistemas de alto desempeño para las condiciones climáticas colombianas».