

Investigadores modelan 1.708 vías para el reciclaje global de residuos fotovoltaicos

- Una nueva investigación concluye que el reciclaje fotovoltaico optimizado y externalizado podría reducir hasta 3.320 millones de toneladas métricas de CO2 equivalente y generar hasta 935.500 millones de dólares en beneficios netos para 2060. Los investigadores afirman que los subsidios decrecientes podrían ayudar ...



<https://www.pv-magazine.es/2026/08/20/investigadores-modelan-1-708-vias-para-el-reciclaje-global-de-residu...>

Luis Ini

Jueves, 20 agosto 2026

Un grupo internacional de investigadores ha desarrollado un marco integral para evaluar los beneficios económicos y climáticos del reciclaje local de residuos fotovoltaicos frente al reciclaje externalizado. El estudio abarca las principales tecnologías de reciclaje, 32 regiones, distintas configuraciones de comercio de residuos y esquemas de subsidios, y los investigadores evaluaron 1.708 escenarios diferentes de reciclaje.

“La principal novedad de nuestra investigación es que vamos más allá de simplemente preguntarnos cuántos residuos fotovoltaicos se generarán y, en cambio, examinamos cómo deberían gestionarse entre regiones con condiciones tecnológicas y económicas muy diferentes”, declaró a **pv magazine** el autor principal, Jian Zuo. “Desarrollamos un marco global integrado que vincula las limitaciones del suministro de materiales, el futuro despliegue fotovoltaico y la generación de residuos con vías tecnológicas de reciclaje específicas para cada región, los flujos de residuos entre regiones y las intervenciones de política pública”.

Zuo afirmó que el marco recoge tanto los beneficios económicos como climáticos del reciclaje fotovoltaico y, algo importante, cómo se distribuyen esos beneficios entre las regiones.

“Al evaluar 1.708 escenarios de prácticas de reciclaje en 32 regiones del mundo, nuestro estudio muestra que las estrategias que aumentan los beneficios globales del reciclaje también pueden

conducir a una mayor concentración de esos beneficios en regiones con mayores ventajas tecnológicas y económicas”, señaló.

Los investigadores modelaron primero los precios futuros del cobre, el aluminio, la plata y el silicio. Después incorporaron estas proyecciones al Modelo de Análisis del Cambio Global (GCAM) para estimar el despliegue fotovoltaico bajo diferentes trayectorias socioeconómicas y climáticas. Las proyecciones de capacidad resultantes se utilizaron en un análisis dinámico de flujo de materiales para calcular los residuos fotovoltaicos al final de su vida útil hasta 2060.

Por último, los investigadores combinaron la evaluación del ciclo de vida con el análisis de costos del ciclo de vida para estimar los impactos climáticos y económicos del reciclaje bajo diferentes vías tecnológicas, acuerdos de comercio de residuos y esquemas de subsidios.

Los 1.708 escenarios combinaron supuestos sobre el futuro desmantelamiento de instalaciones fotovoltaicas, tecnologías de reciclaje, comercio internacional de residuos y políticas de subsidios. Las vías tecnológicas incluyeron continuidad de las prácticas actuales (BAU), prioridad económica, prioridad de carbono y difusión tecnológica. Los escenarios comerciales abarcaron reciclaje local, comercio orientado a la responsabilidad ampliada del productor (EPR), expansión del comercio mundial y comercio regional.

Los investigadores también probaron cinco esquemas de subsidios: sin subsidio, subsidio continuo, subsidio decreciente, apoyo con un precio bajo del carbono y apoyo con un precio alto del carbono. Estas combinaciones se evaluaron en 28 escenarios de desmantelamiento fotovoltaico para comparar sus efectos sobre la economía del reciclaje, los beneficios climáticos y la desigualdad regional.

Al considerar las limitaciones de materiales por el lado de la oferta, el marco proyecta que los residuos fotovoltaicos mundiales alcanzarán entre 297 millones y 402 millones de toneladas métricas para 2060, y que regiones de ingresos medios como China se convertirán en importantes contribuyentes después de 2040. A pesar de los avances tecnológicos previstos, no se espera que el reciclaje mundial de residuos fotovoltaicos alcance su punto de equilibrio durante más de una década.

“Nos sorprendió el doble papel de los precios de los materiales”, afirmó Zuo. “El aumento de los precios de materiales como el silicio, la plata, el cobre y el aluminio puede hacer más rentable el reciclaje porque los materiales recuperados adquieren mayor valor. Pero, al mismo tiempo, esos precios más altos pueden encarecer el nuevo despliegue fotovoltaico, ralentizar las instalaciones y, en última instancia, reducir la cantidad de residuos fotovoltaicos que se generarán décadas después.

“Por lo tanto, el mismo incremento de precios que hace que cada tonelada de residuos fotovoltaicos sea más valiosa para reciclar también puede reducir la cantidad de residuos que finalmente estará disponible para el reciclaje. Esta interacción entre los mercados de materiales, el despliegue fotovoltaico y la futura generación de residuos es algo que las proyecciones convencionales de residuos suelen pasar por alto”.

Según los resultados, la combinación de tecnologías de reciclaje específicas para cada región con estrategias de reciclaje externalizado produce los mayores beneficios netos mundiales. Este enfoque podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero hasta en 3.320 millones de toneladas métricas de CO2 equivalente y generar beneficios netos acumulados de entre 529.100 millones y 935.500 millones de dólares para 2060.

“Sin embargo, el mismo proceso puede concentrar los ingresos derivados del reciclaje y el desarrollo tecnológico en un número relativamente pequeño de regiones. Esto significa que las estrategias que funcionan bien en términos de beneficios globales generales pueden producir una distribución más desigual de esos beneficios entre las regiones”, señaló Zuo.

Los investigadores descubrieron que un esquema de subsidios decrecientes bien diseñado puede ayudar a mitigar estas desigualdades, especialmente durante las primeras etapas de desarrollo del mercado.

“Un subsidio decreciente, que se elimina gradualmente una vez que el reciclaje se vuelve económicamente viable, puede reducir las disparidades regionales de manera más eficaz que los subsidios continuos y requerir solo una pequeña fracción del gasto fiscal”, afirmó Zuo. “En cambio, los subsidios vinculados a un precio elevado del carbono pueden aumentar las disparidades regionales porque las regiones con mercados de carbono maduros e industrias de reciclaje avanzadas tienden a recibir beneficios desproporcionadamente grandes”.

Los resultados de la investigación se presentaron en “ **Towards an equitable future of global photovoltaic waste recycling** ” (Hacia un futuro equitativo del reciclaje global de residuos fotovoltaicos), publicado en *Nature* . Científicos de la Universidad de Shandong, la Universidad de Ciencia y Tecnología de Huazhong y la Universidad de Hong Kong, en China; la Universidad Tecnológica de Taiyuan; la Universidad de Adelaida, en Australia; y la Universidad de Linköping, en Suecia, contribuyeron al estudio.