

CLEANTECH WAY

Las tecnologías que
nos llevarán al *net zero*



Un proyecto de BBVA en colaboración con *Ethic*

Dirección: Toni Ballabriga (BBVA) y Pablo Blázquez (*Ethic*)

Coordinación: Dr. Amaya López-Durán, Karla Ceño, Sonia Zorrilla, Victoria Mozos, Esther de la Torre y Jesús de las Heras (BBVA); y Carmen Gómez-Cotta y Nacho Hernández (*Ethic*)

Redacción: Inma Mora Sánchez, Jorge Ratia, Óscar Granados, Ramón Oliver y Carmen Gómez-Cotta

Edición: Elisabeth Torres

Arte y diseño: Natalia Ortiz

En este número han participado y colaborado: Javier Rodríguez Soler, Eric Trusiewicz, Inga Petersen, Ramya Swaminathan, Bianca Dragomir, Erik Fernández, José Miguel Carmona, Robert Arnoux, Jonathan Geifman, Tim Gould, Gozton Gómez Sarasola, Rafael Cossent, Franz Bechtold, Ismael Olmedo, Ciarán Humphreys, Harris Cohn, Rudy Kahsar, Johannes Tiefenthaler y Julián Cubero



COMPLETAR EL PUZLE DE LA DESCARBONIZACIÓN

Javier Rodríguez Soler

Responsable global de Sostenibilidad y CIB de BBVA



La gran noticia es que es una transformación imparables. Aunque nos adentramos en una etapa marcada por una creciente fragmentación e incertidumbre a nivel global, la revolución de las tecnologías limpias va a ser una gran oportunidad y una palanca clave para la competitividad de las empresas. La inversión en innovación y en el despliegue masivo de las *cleantech* tendrá cada vez más un claro sentido económico. En el caso de España y Europa y para acelerar esta oportunidad para las empresas es fundamental que se promueva un entorno favorable a la inversión marcado por una radical simplificación y agilización de la burocracia, el impulso de mecanismos público-privados para la mitigación de los riesgos de inversión y unas políticas industriales predecibles y con claras señales de demanda.

En esta publicación queremos dar voz a algunas de esas tecnologías emergentes que, si bien pueden ser algo desconocidas, van a ser decisivas en el camino hacia el *net zero*. Hablamos de *cleantech* punteras que se organizan en cuatro ejes progresivos: **electrificación, desarrollo de moléculas verdes, circularidad, y captura y almacenamiento de carbono.**

Todas estas innovaciones tecnológicas presentan, además, interesantes oportunidades económicas. Según el informe *Energy Technology Perspectives (2023)*, elaborado por la Agencia Internacional de la Energía, el mercado de las tecnologías limpias en la transición hacia una economía baja en carbono podría triplicarse hasta alcanzar los 650.000 millones de dólares anuales para 2030.

Debido a la transversalidad en distintos sectores y la globalidad de alcance de las *cleantech*, la fuerte inversión en este campo va a suponer una de las más notables en las últimas décadas. No cabe duda: las oportunidades que surgen ante los retos en la era de la descarbonización traen consigo una corriente de optimismo que supone un fuerte impulso para llegar con éxito a la meta del *net zero*.

Ha pasado casi una década desde que se firmara el histórico Acuerdo de París; un pacto vinculante que consiguió reunir a 195 países con un objetivo común: frenar el avance del cambio climático. Los signatarios se comprometieron a emprender las medidas necesarias para mantener la temperatura global de la Tierra por debajo de 1,5 °C respecto a los niveles preindustriales. Y, para ello, se perfiló necesario recortar las emisiones de CO₂ alrededor del 45% hasta 2030 respecto a las emisiones en 2019 como paso previo para alcanzar el *net zero* en 2050. Uno de los mayores desafíos a los que se ha enfrentado la humanidad.

Conscientes de las consecuencias de la inacción, las sociedades del siglo XXI han dado un fuerte impulso en las últimas décadas a la transición a través, principalmente, de una meteórica expansión de las energías renovables. Y aunque es cierto que se ha conseguido afianzar un buen número de tecnologías verdes que están logrando reducir las emisiones en diferentes sectores, teniendo en cuenta que el tiempo juega en nuestra contra, no bastará: resulta imprescindible desarrollar y consolidar tecnologías limpias (*cleantech*) emergentes que permitan acelerar la reducción de emisiones para completar el puzzle de la descarbonización.

1. ELECTRIFICACIÓN

El objetivo primordial es electrificar todo lo que se pueda. Conseguirlo pasa por innovar en tecnologías de generación y almacenamiento de energía que permitan aumentar la expansión de las renovables al máximo.

2. DESARROLLO DE MOLÉCULAS VERDES

Cuando no se pueda electrificar, la alternativa es producir combustibles limpios, como el hidrógeno, los biocombustibles o los combustibles sintéticos.

4. CAPTURA Y ALMACENAMIENTO DE CARBONO

Si ninguno de los tres ejes anteriores fuera posible, entonces es necesario capturar y almacenar gases de efecto invernadero para llegar al *net zero*.

3. CIRCULARIDAD

El uso eficiente de los recursos es la clave para disminuir los gases de efecto invernadero a través de cadenas de valor que permitan reutilizarlos.

6

REPORTAJE

La transición verde se carga con baterías



12

ENTREVISTA

Ramya Swaminathan, Senior Advisor de Malta Inc.

18

TRIBUNA

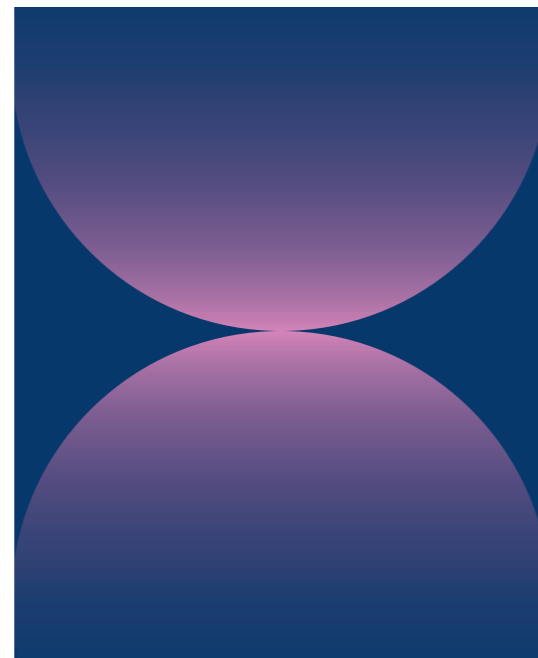
Liderazgo *cleantech*:
¿quién agita la coctelera?
Por Bianca Dragomir



20

REPORTAJE

Fusión nuclear: más cerca de replicar la energía del Sol



26

ENTREVISTA

Jonathan Geifman,
CEO de Helios

30

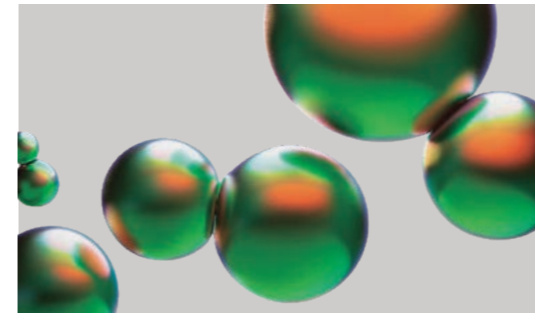
TRIBUNA

La innovación sigue siendo la clave del éxito
Por Tim Gould

32

REPORTAJE

Hidrógeno verde: cuando la combustión sí es sostenible



38

REPORTAJE

El verde está de moda

42

ENTREVISTA

Ismael Olmedo,
CEO de Captoplastic

46

TRIBUNA

El desafío de financiar el Acuerdo Limpio Industrial
Por Ciarán Humphreys

48

REPORTAJE

Captura de carbono, o cómo cerrar el círculo

52

ENTREVISTA

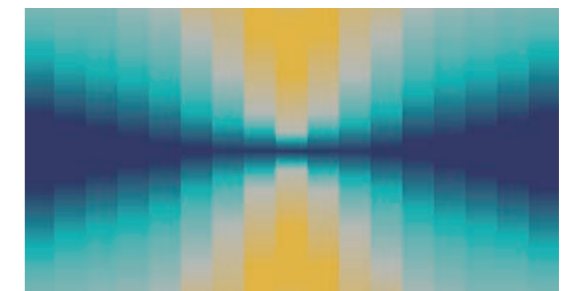
Johannes Tiefenthaler, co-CEO y cofundador de Neustark



56

TRIBUNA

Innovación: hacer de la necesidad virtud
Por J. Julián Cubero



LA TRANSICIÓN VERDE SE CARGA CON BATERÍAS

Por Inma Mora Sánchez

Como resultado de la expansión de las energías renovables, cada vez resulta menos sorprendente cruzarse con un campo de paneles fotovoltaicos o divisar molinos eólicos entre montañas.

Ahora, el gran desafío de los sistemas eléctricos libres de combustibles fósiles es desarrollar infraestructuras de almacenamiento a gran escala para que las plantas renovables no dependan de las arbitrariedades de la meteorología.

ERIC TRUSIEWICZ
(RONDO ENERGY): «LA
ENERGÍA ALMACENADA
SE PUEDE UTILIZAR
COMO CALOR,
ELECTRICIDAD O UNA
COMBINACIÓN DE
AMBOS PARA SERVIR A
UNA AMPLIA VARIEDAD
DE INDUSTRIAS»

Aunque quizás no se encuentra en el foco mediático, la capacidad de las baterías para almacenar y gestionar eficientemente la energía es clave para transitar hacia un sistema eléctrico basado en las renovables, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o crear nuevas oportunidades económicas. Según el **Foro Económico Mundial** y la **Global Battery Alliance (GBA)**, en 2030 las baterías podrían permitir el 30% de las reducciones de emisiones de carbono necesarias en los sectores de transporte y energía, dar acceso a electricidad a 600 millones de personas y crear 10 millones de empleos seguros y sostenibles en el mundo.

La expansión de las energías renovables se ha acelerado en los últimos años. Sin embargo, ese futuro de cero emisiones netas debe superar un desafío ineludible: para terminar de cargar un sistema energético descarbonizado es necesario desarrollar infraestructuras de almacenamiento a gran escala. Mientras que las baterías para automoción están más consolidadas, los Sistemas de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS, por sus siglas en inglés) a nivel industrial aún continúan en fase de expansión.

Estos sistemas están pensados para almacenar energía generada por fuentes renovables como plantas solares o parques eólicos. Esta se recoge durante horas de baja demanda pero alta generación (es decir, cuando el viento y el sol permiten generar más energía de la que se necesita en ese momento) para liberarla en picos de consumo o cuando las condiciones ambientales complican su generación. Por tanto, cuando hablamos de BESS no solo nos referimos a baterías como las de un teléfono móvil, sino a un sistema capaz de asegurar el suministro energético renovable y de ofrecer continuidad operativa al sistema eléctrico.

Baterías para electrificar (y descarbonizar) la industria

Las baterías desempeñarán un papel clave en el cumplimiento de los compromisos adoptados por casi 200 países en la COP28, que inclu-

yen multiplicar por seis la capacidad mundial de energía renovable hasta 1,5 TW desde 2024 hasta 2030. Según el informe *Batteries and Secure Energy Transitions* de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en los últimos cinco años se han añadido más de 2.000 GWh de capacidad de baterías de iones de litio en todo el mundo, alimentando 40 millones de vehículos eléctricos y miles de proyectos de almacenamiento de energía en baterías. Aunque los vehículos eléctricos representan más del 90% del uso de baterías, cada vez más empresas están desarrollando soluciones de almacenamiento de baterías a gran escala para su uso en sectores industriales y energéticos.

Las tecnologías de almacenamiento resultan esenciales para alcanzar los objetivos de descarbonización en los sistemas industriales que requieren calor, desde el sector metalmeccánico a la alimentación. Según **Eric Trusiewicz, CEO de Rondo Energy**, «el calor industrial representa el 25% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero». Es decir, evitar todas esas emisiones «duplicaría el impacto de electrificar todos los coches, motocicletas, autobuses y taxis». Rondo, especializada en baterías térmicas —también conocidas como almacenamiento de energía térmica eléctrica (ETES, por sus siglas en inglés)—, fabrica sus sistemas con materiales duraderos que pueden integrarse en instalaciones industriales de múltiples sectores, como el de la alimentación, el del papel o el textil, entre otros. «Descarbonizamos estos sectores reemplazando directamente los combustibles fósiles usados en calderas con calor generado a partir de fuentes de electricidad renovable», explica Trusiewicz.

Pero ¿cómo funcionan exactamente estas baterías? «La forma más sencilla de entender la batería de calor Rondo es como un gran horno con cientos de ladrillos apilados como legos en su interior. Calentamos los ladrillos a más de 1.000 °C para generar aire caliente o vapor continuo para procesos industriales o generación de energía. Cada ladrillo en una batería de calor Rondo almacena más energía que un Tesla Model X cuando está caliente, sin requerir minerales críticos difíciles de obtener y con una vida útil mucho más larga. Las baterías de iones de litio almacenan electricidad químicamente, lo cual no es adecuado para la demanda de calor industrial y requieren minerales críticos costosos. La bate-

Inga Petersen (GBA):
«Ver el compromiso por parte de los fabricantes de baterías nos da una gran confianza en el potencial de la colaboración internacional»

ría de calor Rondo almacena electricidad como calor a alta temperatura en ladrillos de bajo coste, que se puede distribuir de manera flexible como calor, electricidad o en una combinación de calor y energía para servir a una amplia variedad de industrias y aplicaciones», describe Trusiewicz.

En la Cumbre Breakthrough Energy —una conferencia global organizada para acelerar la innovación en tecnologías limpias— se anunció una colaboración público-privada entre el **Banco Europeo de Inversiones y Breakthrough Energy Catalyst** por valor de 75 millones de euros. Esta inversión irá destinada a tres proyectos pioneros que desarrollará Rondo con el objetivo de contribuir a la descarbonización industrial en Europa.

El primer proyecto se realizará en la planta de Covestro, en Alemania, donde las baterías de Rondo generarán vapor reemplazando la fuente de calor de combustibles fósiles existente por energía renovable para producir productos químicos. El segundo proyecto se desarrollará en un parque ecológico de Dinamarca, GreenLab, y uno de los aspectos más relevantes es que habrá una sola infraestructura energética para todo el parque. Tal y como explica Trusiewicz, «Rondo suministrará a Greenlab una batería de calor de 100 MWh que obtendrá la energía de un parque híbrido de 84 MW de energía eólica y solar». Por último, Rondo realizará un tercer proyecto que generará vapor con energía solar para un productor europeo del sector de alimentación y bebidas. Aunque aún no se conocen más detalles del proyecto, Rondo asegura que supondrá una gran descarbonización para la empresa. En suma, se estima que estos proyectos pioneros reduzcan un millón de toneladas de CO₂ de aquí a 2050. «Esto es solo el principio, ya que tenemos previsto extender esos tres proyectos a toda Europa», afirma Trusiewicz.

Cooperación internacional para superar retos globales

Para acelerar la transición hacia un futuro

energético sostenible, la cooperación internacional juega un papel crucial. En este contexto, la GBA, fundada en 2017 por el Foro Económico Mundial, se ha convertido en una pieza clave. Esta asociación está liderando el desarrollo de baterías para el almacenamiento de la red, y reúne a gobiernos, empresas, ONG y otros actores para promover la producción y gestión sostenible de baterías.

Su proyecto más destacado es el Pasaporte de Baterías, que fue presentado en la Reunión Anual del Foro Económico Mundial de enero de 2023. En este proyecto participaron desde fabricantes hasta proveedores de soluciones como Audi, BASF, CATL, Eurasian Resources Group, Glencore, LG Energy Solution, Umicore, Tesla, Volkswagen AG, IndustriALL Global Union, Pact o Transport & Environment, así como organizaciones internacionales no gubernamentales como UNEP o UNICEF.

Inga Petersen, directora ejecutiva de la GBA, explica que «el reciente lanzamiento de nuestras pruebas piloto, en las que participaron los principales fabricantes de celdas de baterías [una celda de batería es la unidad principal de una batería], incluidos CATL, LG Energy Solution y Samsung SII —que juntos representan el 80% de la participación en el mercado mundial de baterías para vehículos eléctricos en diez consorcios piloto—, nos ha brindado información y aprendizajes de gran valor que aplicaremos en las próximas fases». Por primera vez, los fabricantes de celdas informaron sobre las mismas expectativas de desempeño de sostenibilidad en siete métricas clave: huella de carbono, derechos humanos, trabajo infantil, trabajo forzado, derechos de pueblos indígenas, biodiversidad y diseño circular de baterías.

Los proyectos piloto son el esfuerzo más grande realizado hasta ahora por los fabricantes de celdas de batería para establecer pasaportes de batería comparables. Además, representan un hito en la emisión de calificaciones y certificaciones de sostenibilidad a nivel de producto, que la GBA pretende emitir para 2027, en línea con los pasaportes digitales. Por ello, la directora ejecutiva de la GBA se muestra optimista: «Ver el compromiso por parte de los fabricantes de baterías nos da una gran confianza en el potencial de la colaboración internacional», afirma.

LAS TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO RESULTAN ESENCIALES PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS DE DESCARBONIZACIÓN EN LOS SISTEMAS INDUSTRIALES QUE REQUIEREN CALOR

MALTA INC.

«Nuestra tecnología
proporciona
un almacenamiento de
larga duración, desde ocho
horas a ocho días»

De niña, Ramya Swaminathan vivió en primera persona las consecuencias de una red eléctrica inestable: en India y Filipinas, donde creció, los cortes de electricidad en el colegio eran constantes. Ahora, nombrada en 2020 una de las 21 *Rising Stars* en energías limpias por la lista de *Business Insider*, además de asesorar en temas de redes eléctricas a organismos públicos en Estados Unidos, Swaminathan asesora a Malta Inc., una *startup* surgida de Google X que podría ser clave para lograr una red eléctrica estable alimentada por energías 100% renovables. La empresa, destacada por la revista *Time* entre las Top GreenTech Companies 2024, ha desarrollado un sistema que almacena energía en forma de calor en sal fundida y agua fría, que puede convertirse en electricidad cuando sea necesario. Hablamos con ella de los principales retos de esta industria, de cómo desarrollar tecnologías de almacenamiento de energía de larga duración más competitivas y del papel de las instituciones públicas para lograrlo.

Por Carmen Gómez-Cotta



RAMYA SWAMINATHAN



El almacenamiento de energía es fundamental en nuestra transición hacia un futuro de bajas emisiones en carbono. Hemos logrado avances en el almacenamiento a corto plazo para mantener la energía renovable, pero todavía es necesario desarrollar tecnologías para hacerlo a largo plazo. ¿Cuáles son los principales desafíos de este tipo de almacenamiento?

Para abastecer nuestras redes con energía limpia, fiable y asequible, necesitamos distintas tecnologías de almacenamiento adaptadas a las necesidades y condiciones específicas de cada región y cada uso. Esto es imposible sin soluciones de almacenamiento de energía de larga duración (LDES, por sus siglas en inglés). La integración de LDES también mejora la seguridad del suministro, aportando resistencia y estabilidad a la red. Uno de los principales desafíos es asegurar la inversión inicial necesaria en tecnología e infraestructura, que es superior a la de otras alternativas de almacenamiento. Esto, sumado a la limitada escala comercial y el corto historial de implementación de LDES hace que a menudo los inversores perciban estos proyectos como de alto riesgo, lo que disuade la inversión y genera requisitos de rendimiento elevados. Otro obstáculo importante es la diversificación de ingresos: en muchos mercados, los modelos actuales todavía no aprecian adecuadamente la gama de servicios que los LDES pueden ofrecer, como la capacidad energética o los servicios auxiliares críticos para el soporte de la red. Además, los marcos regulatorios deben adaptarse para identificar el valor de los LDES en la estabilidad de la red y la integración de energías renovables.

«En comparación con las baterías de iones de litio, el almacenamiento en sales fundidas tiene una mayor durabilidad, con una vida útil de veinticinco a treinta y cinco años sin degradación ni necesidad de sustituir el material»

La solución de Malta se basa en el almacenamiento de energía termoeléctrica. ¿Qué hace que este sistema sea tan innovador y cuáles son sus claves principales?

Combina principios termodinámicos sólidamente establecidos con avances tecnológicos modernos para crear una solución de almacenamiento energético rentable, escalable y eficiente. El sistema almacena energía en forma de calor, utilizando sales fundidas y agua fría, que puede convertirse en electricidad según la demanda. Los sistemas de almacenamiento con sales fundidas, como el de Malta, pueden almacenar energía a temperaturas de hasta 540 °C, superando la temperatura máxima de otras tecnologías de almacenamiento térmico, como las de calor sensible o los materiales de cambio de fase. El sistema de Malta alcanza una eficiencia de carga/descarga de ida y vuelta (RTE, por sus siglas en inglés) de hasta el 60%, aproximadamente un 50% superior a otros sistemas de almacenamiento térmico sin carga por bomba de calor. Cuando se utiliza tanto el calor como la electricidad (en calefacción urbana o calor industrial) la eficiencia puede alcanzar un RTE de hasta el 95%. Las claves de nuestra tecnología son precisamente su capacidad para ofrecer almacenamiento de larga duración desde ocho horas a ocho días, su escalabilidad para el despliegue a gran escala de 300 MW o más y su doble funcionalidad en el suministro de electricidad y calor para usos industriales y de calefacción urbana.

¿Cuántas veces se pueden cargar y descargar los materiales utilizados en el sistema de almacenamiento (como la sal o el líquido)? ¿El proceso genera residuos?

Una unidad de almacenamiento Malta puede cargarse y descargarse completamente en ciclos ilimitados sin degradación del material. Malta utiliza como medio principal de almacenamiento una sal termosolar natural que se obtiene por evaporación —como sucede en el desierto chileno de Atacama, [donde el calor evapora el agua haciendo aparecer la sal]—, que no se degrada durante los ciclos de carga y descarga, y hace que no sea necesario reemplazarlo durante la vida útil del proyecto. Al final del proyecto estas sales, nitratos, pueden reutilizarse como fertilizantes o incluso emplearse en otro proyecto de almacenamiento. Los componentes mecánicos del sistema, como tanques, tuberías, intercambiadores de calor y turbomaquinaria, están contruidos con diversos tipos de acero, que también pueden reciclarse al acabar el proyecto. En comparación con las baterías de iones de litio, el almacenamiento en sales fundidas ofrece una mayor durabilidad, con una vida útil de veinticinco a treinta y cinco años sin degradación ni necesidad de sustituir el material. Además, su capacidad para almacenar se puede ampliar fácilmente añadiendo más volumen de almacenamiento térmico.

«En lugar de percibir los avances de China como una amenaza, deberíamos considerarlos una oportunidad para acelerar el despliegue de nuestras propias soluciones de almacenamiento de energía»

Estas tecnologías punteras de almacenamiento de energía, como la de Malta, implican grandes inversiones. Como dicen muchos expertos, la financiación es uno de los principales impedimentos para avanzar más rápido y alcanzar los objetivos de 2030. ¿Cómo podemos revertir esta situación y desarrollar tecnologías más competitivas en costes?

El principal desafío financiero para los proyectos LDES radica en reemplazar los combustibles fósiles por una tecnología que requiere financiación por adelantado al comenzar la comercialización. Para abordar este problema, es importante contemplar un enfoque desde distintos ángulos. En primer lugar, se necesitan avances tecnológicos continuos, mejoras en la eficiencia y desarrollo de soluciones escalables y estandarizadas para reducir costes a largo plazo. En segundo lugar, requiere mecanismos de financiación innovadores que vayan más allá de las estructuras de mercado existentes. Además, las asociaciones público-privadas, los incentivos públicos y las subvenciones pueden desempeñar un papel clave al atenuar los riesgos financieros y estimular la inversión en estas tecnologías innovadoras. Combinando estas estrategias, podemos crear un entorno financiero más favorable para avanzar con las tecnologías de almacenamiento de energía y lograr nuestros objetivos de transición energética para 2030.

Has mencionado los organismos públicos. Hablemos un poco más de su papel en la financiación de este tipo de proyectos.

Los organismos públicos desempeñan un papel crucial en la financiación de proyectos de almacenamiento de energía al proporcionar subvenciones, subsidios y préstamos a bajo interés para reducir los riesgos financieros de los desarrolladores. En la Unión Europea, el programa Horizonte Europa ofrece financiación importante para la investigación e innovación en tecnologías de energía renovable, incluidos el almacenamiento de energía. El Pacto Verde Europeo también proporciona mecanismos financieros, como el Fondo de Transición Justa, que apoya a las regiones más afectadas por la transición hacia una economía verde. Otra iniciativa importante es REPowerEU, que pretende reducir la dependencia de la Unión Europea de los combustibles fósiles rusos y acelerar la transición hacia un sistema energético más resiliente. Asimismo, los gobiernos pueden respaldar iniciativas de investigación y desarrollo para impulsar la innovación y ofrecer incentivos fiscales a las empresas que invierten en soluciones de energía limpia.



«Necesitamos una variedad de tecnologías de almacenamiento adaptadas a las necesidades y condiciones específicas de cada región y cada uso»

Además del apoyo financiero directo, ¿qué cambios normativos serían necesarios en los mercados eléctricos para atraer inversiones en proyectos LDES?

Los actores del sector eléctrico coinciden en la necesidad de establecer una nueva normativa y un marco estable que garantice y fomente la inversión en soluciones LDES para reemplazar los ciclos combinados de gas. Un mecanismo muy relevante es la introducción de sistemas de capacidad que respalden el almacenamiento de energía renovable, lanzando una señal económica que atraiga inversiones en proyectos de LDES. En un escenario donde se prevé un aumento significativo de la capacidad de almacenamiento, estos mecanismos ofrecen la estabilidad y seguridad necesarias para las inversiones, facilitando el crecimiento de esta infraestructura crucial para integrar fuentes renovables intermitentes.

Según el estudio *How China became the global renewables leader*, el país se ha convertido en líder del almacenamiento de energía conectado a la red. ¿Debemos tomárnoslo como un desafío, sobre todo hoy en día que Estados Unidos y la Unión Europea temen la competencia desleal de China en el mercado de las renovables?

El liderazgo de China en los sistemas de almacenamiento de energía conectados a la red presenta tanto desafíos como oportunidades. Aunque es importante reconocer la presión competitiva que ejerce sobre otros mercados, también actúa como un catalizador para la innovación y mejora a nivel global. El temor a la competencia desleal pone de manifiesto la necesidad de establecer condiciones equitativas, donde se respeten las prácticas comerciales justas y los derechos de propiedad intelectual. En lugar de percibir los avances de China como una amenaza, deberíamos considerarlos una oportunidad para acelerar el despliegue de nuestras propias soluciones de almacenamiento de energía. Podemos mejorar nuestras capacidades fomentando la colaboración internacional, promoviendo una competencia leal e invirtiendo en tecnologías de fabricación regional.

LIDERAZGO CLEANTECH



¿QUIÉN AGITA LA COCTELERA?

Bianca Dragomir, Directora de Cleantech for Iberia

La Unión Europea (UE), con España y Portugal a la cabeza, puede ser líder mundial de tecnologías limpias. El compromiso europeo de alcanzar las *net zero* en 2050 fue una llamada a la acción pionera hace ya años. Desde entonces, se han puesto esfuerzos y dedicación al servicio de este objetivo. En 2024, la presidenta Ursula von der Leyen, en el discurso de renovación de su mandato, volvió a insistir en la necesidad y apoyo a este objetivo, estableciendo un punto intermedio en 2040 (cuando se espera haber reducido las emisiones en un 90% respecto a los niveles de 1990) a través de la Ley Europea del Clima. Además, a principios de 2025 reveló un Acuerdo Limpio Industrial. Y lanzó esta pregunta: ¿dejaremos que los acontecimientos y el mundo que nos rodea nos defina? ¿O nos uniremos para tomar las riendas de nuestro futuro?

La industria *cleantech* lo tiene claro. Podemos ser los dueños de nuestro destino. Se necesitan cuatro ingredientes para hacerlo: tecnología, capital, apoyo político y alianzas público-privadas. **Tenemos lo necesario para ser independientes energéticamente y líderes, pero necesitamos velocidad.** Dicho lo cual, no debemos caer en un discurso pesimista. Al contrario. Debemos cambiar el relato, porque está en nuestras manos hacerlo. El cambio climático y sus desafíos son una oportunidad para ganar en competitividad, atraer talento, inversión, y elevar nuestras conciencias. No basta con meter todos los ingredientes en la coctelera. Hay que asegurarse de que se agita.

Hay indicios de esta agitación. Por ejemplo: los fondos que recibirán los Estados miembros de la Unión Europea durante los próximos doce años se cuadruplicarán y los gobiernos deberían invertir el 25% de estos ingresos en la promoción de tecnologías limpias. A principios de 2024, el Consejo y el Parlamento Europeo llegaron a un acuerdo sobre la ley de industria de *net zero*. Uno de sus principales objetivos es aumentar las capacidades industriales de la Unión Europea para la fabricación de tecnologías que apoyan la

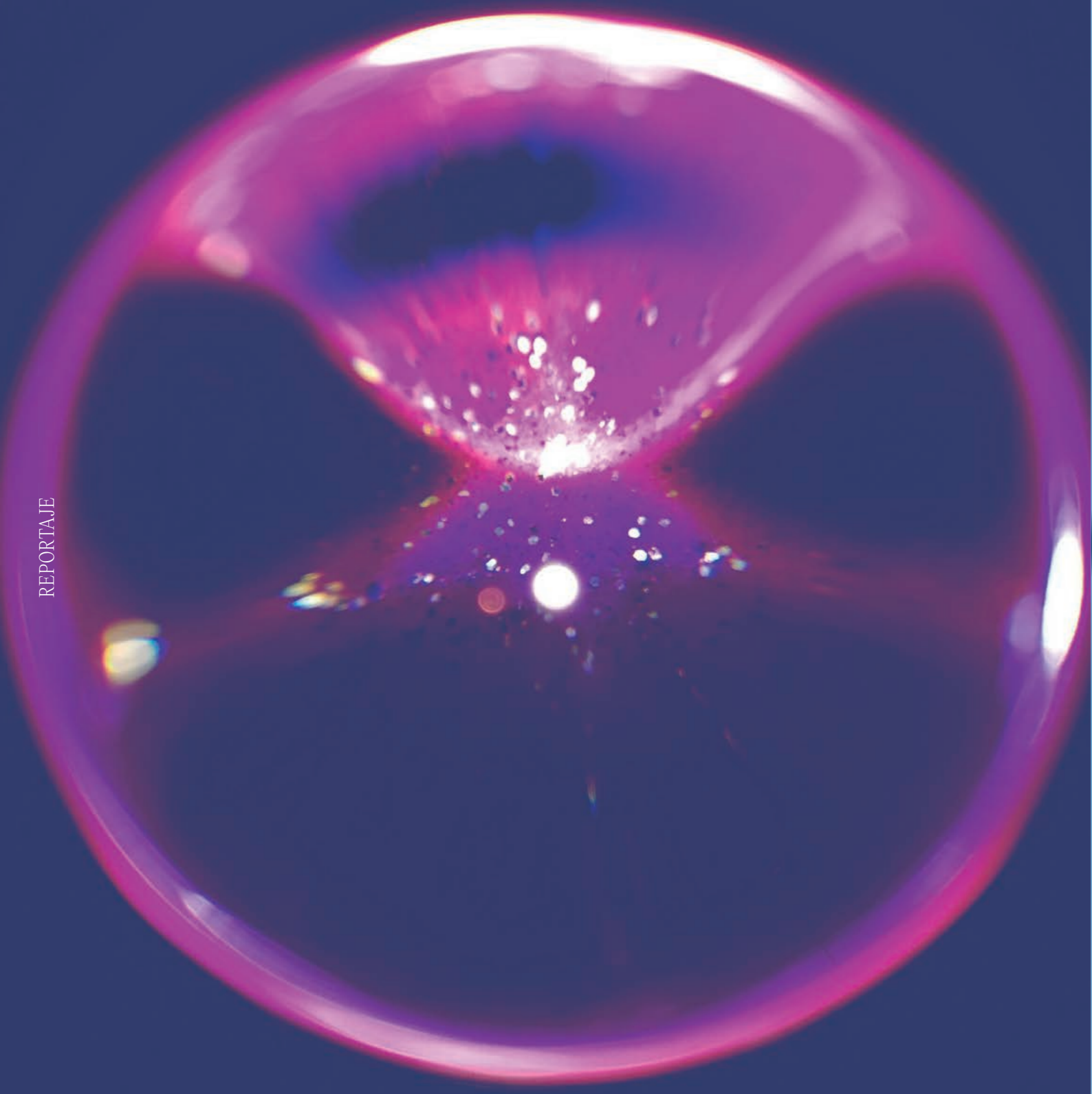
transición hacia el *net zero*; la gran oportunidad de reindustrializar el continente y reforzar nuestra autonomía estratégica.

No debemos olvidar nuestro talón de Aquiles: la escalabilidad de la innovación. El 30% de los *papers* científicos del mundo se desarrollan en la UE, pero solo lo hacen el 7% de las innovaciones que llegan al mercado. Es decir, somos líderes en innovación, pero otros implementan nuestra creatividad.

Necesitamos mecanismos creativos para maximizar la inversión y llegar a los objetivos. Y en este sentido hay *partners* —como la banca— que están agitando la coctelera en la dirección adecuada. En el ámbito público, el apoyo de las instituciones es crucial. Solo ellas pueden eliminar incertidumbre a la inversión privada y minimizar el riesgo de las inversiones a través de subvenciones, garantías de préstamos, incentivos fiscales o financiación público-privada.

Con esto, un ecosistema innovador vibrante es condición *sine qua non* para el despegue de las tecnologías limpias en la península ibérica. En los últimos años, la inversión en tecnologías limpias emergentes en España y Portugal se ha sextuplicado. Hoy podemos decir que hay una masa crítica de fondos de inversión especializados en *cleantech* y vemos cómo innovadores internacionales como Stegra, Malta, Rondo o Matteco están estableciendo sus fábricas aquí. Cleantech for Iberia reúne por primera vez a los principales inversores e innovadores en tecnologías limpias, colaborando para un ecosistema ibérico más cohesionado, que genere más coinversión y más *deal flow*, y ejerciendo de bisagra entre la comunidad *cleantech* y las instituciones.

Sin duda, la transición energética es la oportunidad dorada de nuestra reindustrialización. Tenemos la oportunidad de ser líderes en tecnologías limpias y necesitamos coliderazgo y corresponsabilidad público-privada en este viaje. Desde Cleantech for Iberia seguiremos trabajando para cambiar el relato, dejando a un lado las críticas y el pesimismo y siendo conscientes de que el punto de inflexión que vivimos requiere valentía, determinación y liderazgo para agitar la coctelera de las tecnologías limpias.



FUSIÓN

CADA VEZ
MÁS CERCA DE
REPLICAR LA ENERGÍA
DEL SOL

La unión de núcleos atómicos podría ofrecer al ser humano una fuente de energía limpia y prácticamente ilimitada, aunque todavía existen desafíos técnicos y económicos que retrasan el objetivo.

Por Jorge Ratia

NUCLEAR

¿Qué hacen las estrellas para permanecer brillantes tanto tiempo? Desde los tiempos de la antigua Grecia, en los que ya se miraba al cielo, la humanidad sueña con hallar una fuente de energía inagotable. Aunque sea una idea utópica, pues la primera ley de la termodinámica sostiene que producir energía infinita es imposible, la investigación científica ha perseguido este sueño, sin éxito, durante miles de años. Sin embargo, hoy estamos cerca de conseguir energía no solo (casi) infinita, sino también limpia, gracias a la fusión nuclear, una tecnología que imita el proceso que mantiene vivas a las estrellas.

«La fusión nuclear es un proceso en el que se consigue unir dos núcleos ligeros para formar un núcleo más pesado, liberando una gran cantidad de energía en el proceso. Esta reacción sabemos que se da de manera natural en estrellas como el Sol, pero lograr las condiciones para que esto ocurra en la Tierra no es sencillo». Así lo explica el **doctor Erik Fernández, director general de la Asociación Española de la Industria de la Ciencia (INEUSTAR)**, una asociación que nació con la vocación de impulsar la innovación y el avance de la ciencia en todo el mundo.

La fusión contrasta con la conocida fisión, que es el proceso que utilizan las plantas de energía de fisión nuclear para generar electricidad. La fisión consiste en dividir átomos de elementos como el uranio y el plutonio —ambos pesados— para liberar energía. Aunque este proceso es eficiente y no produce emisiones directas de gases de efecto invernadero, tiene como inconveniente la generación de residuos que permanecen radioactivos durante miles de años.

En cambio, en la fusión nuclear —a diferencia de la fisión— se unen átomos ligeros, como el deuterio y el tritio (isótopos de hidrógeno). Otra de las grandes ventajas de este proceso es que, además de no emitir gases de efecto invernadero, los residuos pierden su radioactividad en menos tiempo. Por estas razones, esta solución ha sido considerada durante décadas como el santo grial de la energía.

El desafío de contener la energía de una estrella

Imaginemos dos imanes que quieren juntarse. Si se acercan con el mismo polo, se repelen. Con los núcleos de los átomos ocurre algo similar. Por tanto, si el objetivo es fusionarlos, se necesitan condiciones extremas que superen esa repulsión. El Dr. Fernández apunta que, por un lado, los átomos se deben calentar a temperaturas extremadamente altas, superiores a los 100 millones de grados Celsius, para que las partículas pasen a un estado de la materia llamado «plasma». Por otro, es necesario aplicar muchísima presión para acercar los núcleos lo suficiente como para que se unan.

En este punto, los campos magnéticos generados por imanes superconductores juegan un papel imprescindible: permiten contener el plasma en las condiciones y tiempo necesarios para que los núcleos de los átomos lleguen a fusionarse. Esto es esencial porque, sin este confinamiento magnético, las partículas se dispersarían. «Este proceso, extremadamente complejo, es lo que los científicos y tecnólogos están intentando replicar de manera eficiente y controlada. En caso de lograrlo, supon-

Dr. Erik Fernández (INEUSTAR): «En caso de lograrlo, supondría una absoluta revolución en el campo de la energía, logrando una fuente de energía limpia, segura y casi ilimitada»

Robert Arnoux (ITER): «La fusión nuclear es probablemente el desafío más complejo que la humanidad ha enfrentado, tanto desde el punto de vista físico como tecnológico e industrial»

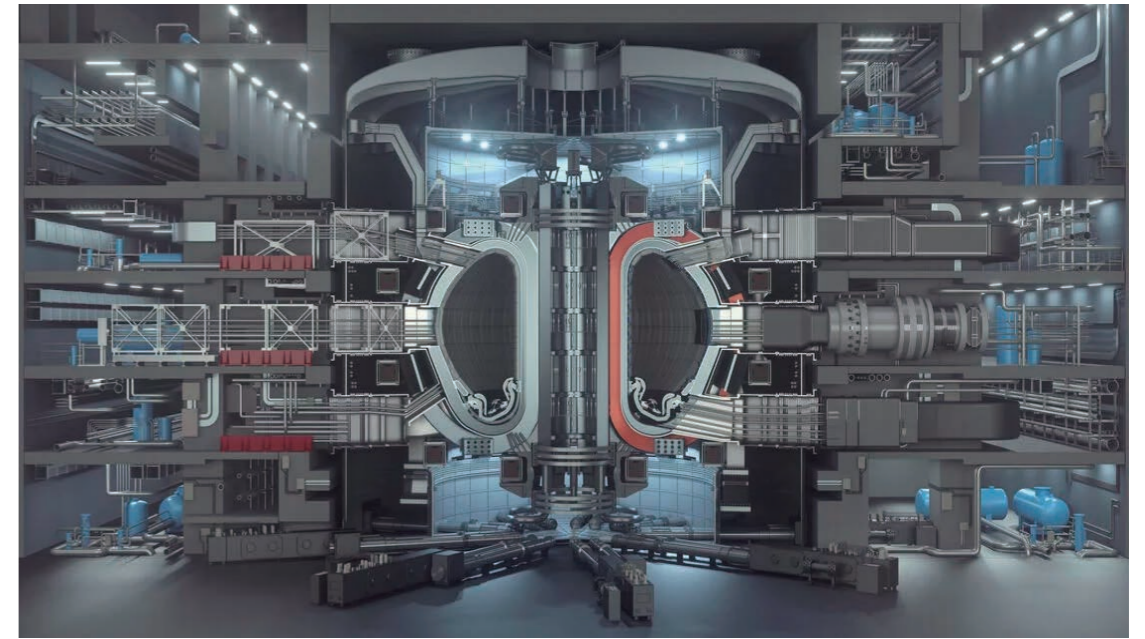
dría una absoluta revolución en el campo de la energía, logrando una fuente de energía limpia, segura y casi ilimitada», destaca el Dr. Fernández. Dicho lo cual, «complejo» no necesariamente significa «imposible», pues en varias ocasiones se han logrado fusiones nucleares exitosas. Ahora bien, el desafío reside en que en la mayoría de estos casos se ha consumido más energía en producir la reacción de la que se ha obtenido como resultado.

En diciembre de 2022 se logró un avance histórico cuando el Laboratorio Nacional de Ignición (NIF) en Estados Unidos consiguió, por primera vez, una ganancia neta de energía a través de la fusión nuclear —es decir, generó más energía con la fusión que la empleada en el proceso—. Este experimento, replicado con éxito en varias ocasiones desde entonces, ha demostrado que la fusión nuclear es viable. Sin embargo, el reto ahora radica en implementar este logro experimental a gran escala.

Hacia una energía de fusión a escala industrial

José Miguel Carmona, doctor en física por la Universidad Complutense de Madrid y responsable del área de fusión en AVS (Added Value Solutions), añade que «durante las últimas décadas se ha avanzado muchísimo en fusión nuclear, en parte gracias a la construcción y operación de diferentes máquinas experimentales que nos aportaron el conocimiento necesario para encontrar formas más eficientes de producir la energía». AVS es una empresa española líder a nivel mundial en el diseño y desarrollo de equipos espaciales complejos para grandes instalaciones

DR. JOSÉ MIGUEL
CARMONA (AVS):
«DURANTE LAS ÚLTIMAS
DÉCADAS SE HA AVANZADO
MUCHÍSIMO EN FUSIÓN
NUCLEAR, EN PARTE GRACIAS
A LA CONSTRUCCIÓN Y
OPERACIÓN DE DIFERENTES
MÁQUINAS EXPERIMENTALES»



científicas y espaciales. Su complejidad radica en que deben mantenerse funcionando en el espacio, sin desintegrarse, pese a las hostiles condiciones que los rodean; condiciones muy similares a las que se dan dentro de un reactor de fusión nuclear: temperaturas extremas, altos campos magnéticos y grandes cantidades de radiación. Y es precisamente su *know-how* a la hora de crear la tecnología sofisticada e innovadora necesaria para llegar al espacio lo que la ha impulsado a entrar en el campo de la fusión nuclear; un sector que, además de contar con escasas iniciativas, requiere una gran inversión de capital.

«La fusión nuclear es probablemente el desafío más complejo que la humanidad ha enfrentado, tanto desde el punto de vista físico como tecnológico e industrial. Para que la fusión sea una fuente de energía viable, es necesario lograr una ganancia neta de energía considerablemente superior a la que se requiere para crear las condiciones de fusión», incide **Robert Arnoux, del ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor)**, un proyecto internacional que supone el experimento de fusión más grande del mundo: desde 1985, ha reunido a 35 países —incluidos China, Corea del Sur, Estados Unidos, India, Japón, Rusia o los Estados miembros de la UE— con una inversión superior a los 22.000 millones de dólares (según un documento del Parlamento Europeo, la factura final podría superar todavía miles de millones más). A diferencia del NIF, el ITER nació «como el paso experimental clave entre las máquinas de investigación de fusión de hoy y las centrales eléctricas de fusión del mañana». Su objetivo es conseguir producir 500 MW de energía de fusión con un gasto de 50 MW en el proceso.

El Dr. Fernández confía en que «se puede ser optimista y afirmar que la fusión será una realidad. Solo es cuestión de tiempo solventar los retos tecnológicos de construir una instalación que permita extraer energía del proceso de fusión de una manera eficiente». Él considera que pueden pasar varias décadas para poder tener en nuestras casas energía eléctrica procedente de la fusión pero que, con la reciente entrada de capital privado, puede que se acorte el tiempo de espera.

Un adelanto que también puede llegar gracias al desarrollo tecnológico. Concretamente, por los superordenadores y la inteligencia artificial. Arnoux afirma que estos pueden llegar a ser muy importantes para el ITER, pues permiten predecir y evitar problemas que podrían interrumpir el proceso de fusión: «Utilizando modelos desarrollados por IA podemos predecir la evolución del plasma de fusión más rápido que en tiempo real y prever problemas potenciales —como inestabilidades debido a presiones/densidades de corriente excesivas en el plasma—, ajustando enseguida los parámetros para mantener las condiciones estables», apunta.

El Dr. Carmona también destaca que, gracias al avance en la construcción del ITER, se ha iniciado un cambio de paradigma: «Vivimos un momento realmente fascinante, donde los proyectos principales siguen su construcción, los programas satélite aportan valiosísima información y las *startup* aprovechan el estado del arte —en algunos casos, subidos a hombros de gigantes— tratando de demostrar que su tecnología tiene posibilidades de sobrepasar al resto». Y añade: «La fusión es el aire que necesitamos en este escenario, el agua que apaga la sed en días de calor. Y el impacto económico sería solo un aspecto».



JONATHAN GEIFMAN

HELIOS

«Si queremos asegurar el futuro de la Tierra, debemos expandirnos al espacio»

Por Óscar Granados

Helios nació hace más de seis años como un proyecto para producir oxígeno en la Luna, pero durante sus primeros pasos descubrió de casualidad una manera de obtener de forma responsable hierro como subproducto. Todo comenzó con una curiosidad: **Jonathan Geifman —CEO de esta compañía tecnológica israelí—** y un grupo de amigos querían saber por qué el ser humano no había vuelto a la Luna desde la misión Apolo 17, en diciembre de 1972. A pesar de los avances tecnológicos, desde entonces no se han realizado nuevas misiones tripuladas. Y descubrieron que uno de los mayores desafíos es el oxígeno, esencial no solo para respirar, sino también como agente oxidante que permite quemar combustible eficientemente y generar la energía necesaria para impulsar una nave espacial. En esta entrevista nos desgrana cómo extraer oxígeno del suelo lunar o cómo descubrieron que podían optimizar la producción de acero centrándose en la fabricación de hierro y abrir nuevas oportunidades de negocio.

¿Cómo surgió la idea de crear Helios?

Surgió de una curiosidad y de preguntas sobre por qué la humanidad no ha regresado a la Luna desde 1972. Nos preguntamos por qué no existen las bases lunares que vemos en la ciencia ficción y qué ha impedido volver. Al indagar, contactamos con personas de la NASA y grupos de investigación en Estados Unidos y descubrimos una industria de nicho dentro del sector espacial llamada «utilización de recursos espaciales» (ISRU, por sus siglas en inglés). Esta industria se centra en tecnologías que permiten usar recursos disponibles en el espacio. Así nos dimos cuenta de que la NASA necesitaría un elemento fundamental en la Luna: el oxígeno.

¿Por qué el oxígeno es tan importante para volver a la Luna?

El oxígeno es esencial no solo para respirar, sino también para quemar combustible. En un cohete o nave espacial que viaje entre la Tierra y la Luna, alrededor del 70% de su masa es oxígeno. Producirlo en la Luna ahorraría mucho dinero. El oxígeno está disponible en los minerales del suelo lunar. Al igual que en la Tierra, la arena y las rocas contienen oxígeno químicamente ligado a metales como el silicio, hierro, calcio, cobre y aluminio. En la Luna, sucede lo mismo. El desafío es que la humanidad ha refinado estos minerales con carbono durante miles de años, pero no hay carbono en la Luna. Así que tuvimos que desarrollar nuevos métodos para refinar estos minerales sin utilizar carbono o hidrógeno.

¿En qué consiste el proceso que habéis creado?

Nuestro proceso principal, llamado Cycle™ Helios, es una innovación patentada que utiliza una reacción química eficiente y sostenible para reducir óxidos metálicos. Combinamos un óxido metálico (como hierro, cobre o níquel) con sodio metálico a temperaturas bajas, entre 250 °C y 300 °C. Esta reacción exotérmica transfiere el oxígeno del óxido al sodio, generando metal puro en polvo y óxido de sodio. Luego, usamos un proceso patentado para descomponer el óxido de sodio en oxígeno y sodio. El oxígeno se libera como un subproducto valioso y el sodio se recicla continuamente, convirtiendo el proceso en un ciclo cerrado.

«Nuestro proceso de producción de hierro no emite dióxido de carbono; en su lugar, emite oxígeno, haciendo la producción sostenible»

«Nuestro objetivo final es ser líderes en la industria de hierro y acero verde»

¿Cómo descubristeis el proceso de fabricación del hierro?

Durante el proceso químico, en nuestros experimentos de laboratorio de tecnología espacial, obtuvimos hierro como subproducto. La eficiencia del proceso fue una sorpresa y después de analizarlos nos dimos cuenta de que teníamos una oportunidad interesante para la producción de hierro, lo cual era diferente a nuestra idea inicial de producir oxígeno en el espacio. Nuestro proceso de producción de hierro no emite dióxido de carbono; en su lugar, emite oxígeno, haciendo la producción sostenible. Nuestro objetivo es mitigar el desafío de la utilización de recursos de la humanidad. Por eso, durante los últimos cuatro años, nos hemos centrado en la producción de hierro.

¿Ahora ese es vuestro objetivo?

Estamos centrados en desarrollar y comercializar tecnologías innovadoras para producir hierro y acero de manera más limpia y eficiente. En cuatro años, hemos avanzado mucho en la investigación y desarrollo de nuestras tecnologías, escalando del laboratorio a prototipos pequeños y demostrando su viabilidad técnica y económica. Actualmente, estamos construyendo un prototipo más grande para producir varios cientos de toneladas de hierro al año. Nuestro objetivo final es ser líderes en la industria de hierro y acero verde, tanto como proveedores de tecnología como operadores de plantas a gran escala. Hemos logrado hitos importantes, como producir polvo de hierro de alta pureza en laboratorio, y estamos diseñando un prototipo a mayor escala para alcanzar las capacidades industriales. Estamos trabajando en una planta que esté operativa en 2026, con una producción de 500 toneladas de hierro al año. Será un referente mundial y validará nuestra tecnología a escala industrial. A largo plazo, esperamos construir una planta comercial en 2028 (con una capacidad de producción de cincuenta mil toneladas para finales de 2028) y veinte millones de toneladas en una década.

¿El futuro de la humanidad está en el espacio?

Para asegurar un futuro sostenible en la Tierra, debemos expandirnos al espacio. Esto permitirá reducir el impacto ambiental terrestre. Podemos imaginar un futuro ideal, dentro de siglos, donde en la Tierra solo vivamos y nos divirtamos, mientras que todas las industrias pesadas operen fuera de nuestra atmósfera. En este escenario, la Tierra albergaría servicios, residencias y empleos que no requieran industrias pesadas, mientras que la extracción de materiales, la generación de energía y las emisiones se realizarían en lugares donde no se afecte el medio ambiente terrestre. Para lograr este objetivo, es esencial ampliar nuestra presencia más allá de la Tierra, desarrollando la capacidad de vivir en la Luna, en el espacio cercano, Marte y más allá. Esto es una visión para el futuro.

LA INNOVACIÓN SIGUE SIENDO LA CLAVE DEL ÉXITO DE LAS TRANSICIONES HACIA ENERGÍAS LIMPIAS

Tim Gould, Economista Jefe de Energía de la Agencia Internacional de la Energía

El sector energético mundial ha atravesado tiempos extremadamente turbulentos en los últimos años. Muchos consumidores de todo el mundo acusan las consecuencias de los elevados y volátiles precios de los combustibles fósiles, especialmente del gas natural, que han provocado una fuerte presión sobre el coste de vida. El mundo aún no ha superado el problema de las emisiones y su acumulación en la atmósfera tiene efectos cada vez más visibles y desestabilizadores sobre el clima mundial.

Pero entre todas las tensiones y señales de alarma, hay algunas tendencias más esperanzadoras. El despliegue de energías limpias se ha acelerado y los últimos datos de inversión de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) estiman que en 2024 se destinó casi el doble de capital a proyectos de energías limpias que a combustibles fósiles. La mayoría de las nuevas centrales eléctricas se basan ahora en tecnologías limpias, encabezadas por la energía solar fotovoltaica y la energía eólica. Para los consumidores, las opciones limpias para la calefacción, la refrigeración y la movilidad están empezando a ser las más baratas, sobre todo si se tienen en cuenta los costes del ciclo de vida.

Las tendencias positivas actuales evidencian el poder de la innovación al introducir nuevas tecnologías en el mercado y reducir sus costes, impulsadas por la investigación y el desarrollo, el respaldo político, la inversión en capital de riesgo y la competencia entre fabricantes. Gracias a la innovación, hemos alcanzado un punto donde muchos pilares fundamentales de una economía basada en energía limpia están maduros, probados y son competitivos en términos de coste.

No obstante, la necesidad de continuar innovando en energías limpias está lejos de haberse agotado. El mundo aún carece de todas las herramientas necesarias para alcanzar las emisiones *net zero*, y queda un amplio margen para mejorar el rendimiento, los costes y la interoperabilidad de muchas de las tecnologías limpias actuales.

Es fundamental avanzar en todos los frentes, aunque hay dos áreas que requieren especial

atención. La primera es el papel de la innovación en sectores como la industria pesada y el transporte de larga distancia, donde aún no se dispone de tecnologías y procesos de bajas emisiones de forma accesible. La segunda es la necesidad de facilitar el acceso a tecnologías innovadoras en las economías en desarrollo, y fomentar el surgimiento de ecosistemas locales de innovación que sean autosuficientes en estos mercados.

En relación con el primer punto, estimamos que cerca de un tercio de las emisiones que deben evitarse de aquí a 2050 para limitar el aumento de la temperatura global a 1,5 °C aún no cuentan con tecnologías «listas para usar». Esto exige un ritmo acelerado de innovación en áreas como nuevas químicas para baterías, tecnologías de captura de dióxido de carbono y combustibles de bajas emisiones para los sectores de navegación y aviación. El apoyo gubernamental sigue siendo crucial, especialmente en un contexto donde el acceso al capital se ha vuelto más costoso. Estas políticas suelen incluir la financiación para el desarrollo y la demostración de tecnologías, así como la creación de mercados para estas nuevas soluciones mediante la contratación pública o instrumentos reguladores, por ejemplo, normas técnicas específicas.

Otro desafío crucial es llevar las tecnologías innovadoras a las economías en desarrollo, donde la demanda energética crece rápidamente y donde materiales como el acero, el cemento y otros productos industriales de alto consumo energético serán esenciales para construir infraestructuras y mejorar el nivel de vida. **La financiación, la colaboración y las alianzas internacionales son fundamentales** para permitir que las mentes más brillantes y las empresas más creativas de estas economías trabajen en tecnologías limpias adaptadas a las necesidades locales. Además, son clave para acelerar la transferencia de conocimientos y facilitar la difusión de estas tecnologías a un espectro mucho más amplio de países y comunidades.

No sabemos con certeza qué combinación de tecnologías nos conducirá a un sistema energético más seguro y sostenible. Sin embargo, un sistema energético grande y complejo requerirá una amplia variedad de soluciones, que incluyan desde productos modulares como las baterías y nuevos combustibles de bajas emisiones como el hidrógeno, hasta servicios digitales como las centrales eléctricas virtuales, diseños innovadores de edificios y nuevos sectores como la extracción de litio, entre otros. El desafío es crear las mejores condiciones posibles para que los innovadores puedan desarrollar, probar y mejorar estas ideas, y luego abrir oportunidades y mecanismos que les permitan llegar al mercado a gran escala.

HIDRÓGENO VERDE: CUANDO LA COMBUSTIÓN SÍ ES SOSTENIBLE

Por Ramón Oliver

REPORTAJE

REPORTAJE

La sostenibilidad implica, inevitablemente, sustituir los combustibles fósiles, principales causantes del calentamiento global, por alternativas más limpias en términos de emisiones de gases de efecto invernadero. En esta búsqueda permanente de fuentes de energía menos contaminantes, el hidrógeno verde se alza como una opción prometedora pero todavía lejana para descarbonizar sectores de difícil electrificación, como la industria o el transporte pesado.

Rafael Cossent (ICAI-ICADE):
«Se necesita electricidad más barata, reducir el consumo por kilo generado, mejorar la eficiencia de las electrólisis y el diseño de las plantas para optimizar los procesos»

Usar el poder del agua como fuente de energía. La fantasía que ya elucubrara el genial Julio Verne en su novela *La Isla Misteriosa* está cerca de convertirse en realidad gracias al hidrógeno de bajas emisiones, y, en particular, al hidrógeno verde. Este combustible, creado a partir de la electrólisis del agua (proceso de descomposición de la molécula H₂O en oxígeno e hidrógeno) empleando energía de origen renovable, podría guardar la clave para descarbonizar algunos sectores en los que la electrificación directa es todavía muy compleja, como el transporte pesado o determinados procesos industriales.

Entre las ventajas del hidrógeno verde destacan su versatilidad, sus bajos niveles de emisiones nocivas o que no deja apenas residuos. «El H₂ verde es un sustituto del H₂ gris (producido a partir de gas natural u otros hidrocarburos contaminantes) que disminuye enormemente las emisiones frente a otras opciones. Su uso es fundamental para la descarbonización del sector del acero y otros que utilizan gas natural o carbón, como el de la producción de aluminio o cemento. Y también tiene la llave para descarbonizar el sector de transporte marítimo y aéreo mediante la producción de metanol verde o de SAF (Sustainable Aviation Fuel, por sus siglas en inglés)», destaca el ingeniero **Gotzon Gómez Sarasola, Head of España y Portugal de Stegra**. Con un foco claramente orientado hacia la descarbonización de la economía, esta *startup* de origen sueco es una de las compañías más pujantes en la producción de hidrógeno verde en Europa.

De acuerdo a las estimaciones del informe de la Unión Europea *Hydrogen Roadmap Europe: A sustainable pathway for the European Energy Transition*, el hidrógeno limpio podría evitar en el viejo continente la emisión de 560 millones de toneladas de CO₂ anuales en 2050. La Unión Europea (UE) considera que existiría potencial para generar unos 2.250 TWh de hidrógeno en todos los sectores, lo que representa un cuarto

de la demanda de energía de toda Europa. Con esto, se podrían alimentar unos 42 millones de coches; 1,7 millones de camiones o más de 5.500 trenes. Además, calentaría el equivalente a 52 millones de viviendas y cubriría hasta el 10% de la demanda energética de los edificios. No solo eso, sino que combinando carbono capturado o de biomasa con 120 TWh de hidrógeno se podría producir materia prima sintética para 40 millones de toneladas de productos químicos en 2050.

Esa es una de las razones por las que Bruselas es uno de los principales valedores de esta tecnología: la UE se ha marcado un objetivo de producción de 10 millones de toneladas a finales de esta década.

Desafíos pendientes

Sin embargo, para que esta vía se consolide como alternativa real a los combustibles fósiles, todavía debe hacer frente a algunos retos. Uno de los principales son los altos costes que, hoy por hoy, tiene este gas en comparación con los combustibles a los que pretende reemplazar. Gómez Sarasola incide en que la financiación de este tipo de proyectos está condicionada precisamente por el alto valor de la llamada «prima verde» o diferencial de sobreprecio que los consumidores pagan por una alternativa sostenible pero más cara frente a otra más contaminante pero barata. «Muchos proyectos de producción de hidrógeno

Gómez Sarasola (Stegra):
«El hidrógeno verde tiene la llave para descarbonizar el sector de transporte marítimo y aéreo»

verde no salen adelante por la falta de demandantes que estén dispuestos a asumir ese *green premium* respecto al hidrógeno gris», advierte.

Rafael Cossent, investigador en el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI de la Universidad Pontificia de Comillas, es uno de los mayores especialistas en hidrógeno de España. Actualmente codirige la cátedra de Estudios sobre el Hidrógeno de ICAI-ICADE, una prestigiosa institución educativa vinculada a la Universidad. El especialista explica que las inversiones asociadas al hidrógeno verde son elevadas porque implican, en muchos casos, adaptar también los equipos para que puedan utilizar este combustible. «Se necesitan nuevos motores, nuevos hornos, nuevos quemadores para la industria... Supone desarrollar estructuras de suministro y crear nuevas instalaciones».

Reducir los costes de inversión es prioritario. Pero también lo es, señala este experto, hacer lo propio con los costes de operación. «Se necesita electricidad más barata, reducir el consumo por kilo generado, mejorar la eficiencia de las electrólisis y también el diseño de las plantas para optimizar los procesos».

Otro asunto que requiere atención es cómo hacer llegar este combustible a los consumidores. «El transporte en camiones ya es una realidad para volúmenes pequeños y distancias cortas, pero plantear una red abierta a gran escala de hidrógeno ha de hacer frente a la incertidumbre en torno al desarrollo de una demanda suficiente», opina Cossent.

Franz Bechtold, de Lhyfe, un pionero grupo empresarial que en 2021 inauguró la primera planta industrial del mundo para la producción de hidrógeno verde conectada directamente a un parque eólico, apunta a otros factores que ralentizan el cambio. «La falta de infraestructuras está bloqueando muchos proyectos y encareciendo el coste final de producción de otros». Y también la ausencia de «unas directrices administrativas

Franz Bechtold (Lhyfe):
«La implantación masiva de la energía renovable y las ayudas administrativas serán dos elementos clave»

claras respecto a lo que pasará en el futuro, tanto en relación a los impuestos por emisiones o a las ayudas a medio plazo», advierte.

Impulso desde Europa

A pesar de estas barreras, el potencial de esta tecnología para descarbonizar la industria pesada hace que los proyectos vinculados al hidrógeno verde sigan creciendo. Lhyfe, que está presente en 11 países europeos, también está desarrollando proyectos en la península Ibérica, como la planta de Vallmoll (Tarragona) y tienen la intención de tejer una red de hidrógeno renovable en todo el país. Desde Stegra, Gómez Sarasola confirma el potencial peninsular para el despliegue de esta tecnología: «España y Portugal son los únicos países, además del norte de Escandinavia, que disponen de capacidad de producir electricidad renovable en gran volumen y a un precio competitivo. Se espera que las redes eléctricas de los dos países tengan un 80-85% de energía renovable para 2030», argumenta.

El **Banco Europeo del Hidrógeno**, iniciativa creada desde la Unión Europea con el objetivo de impulsar el mercado del hidrógeno renovable a través de subvenciones para que las empresas cubran el diferencial de coste entre el hidrógeno renovable y los combustibles fósiles, ha realizado una subasta piloto por valor de 720 millones de euros de la que se han beneficiado siete proyectos: tres en España, dos en Portugal, y los dos restantes en Noruega y Francia.

Para Bechtold, «la implantación masiva de la energía renovable y las ayudas administrativas serán dos elementos clave para que el hidrógeno se convierta en una de las soluciones más viables para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero». Otro factor que puede acortar esos tiempos, tercia Gómez Sarasola, es «el refuerzo de las interconexiones a la red eléctrica de estas plantas de generación y de los proyectos de consumo».

¿CÓMO SE OBTIENE EL

HIDRÓGENO VERDE?

01. GENERACIÓN

El hidrógeno verde se obtiene a partir de electricidad generada mediante energías renovables, como la eólica o la solar.

02. ELECTRÓLISIS

La energía limpia generada se utiliza para alimentar un electrolizador, donde tiene lugar el proceso de disociación del agua en sus componentes fundamentales: oxígeno e hidrógeno.

03. RESIDUOS

El hidrógeno verde es una energía limpia, porque no emite CO₂ durante la electrólisis; su único residuo es vapor de agua.

04. ALMACENAMIENTO

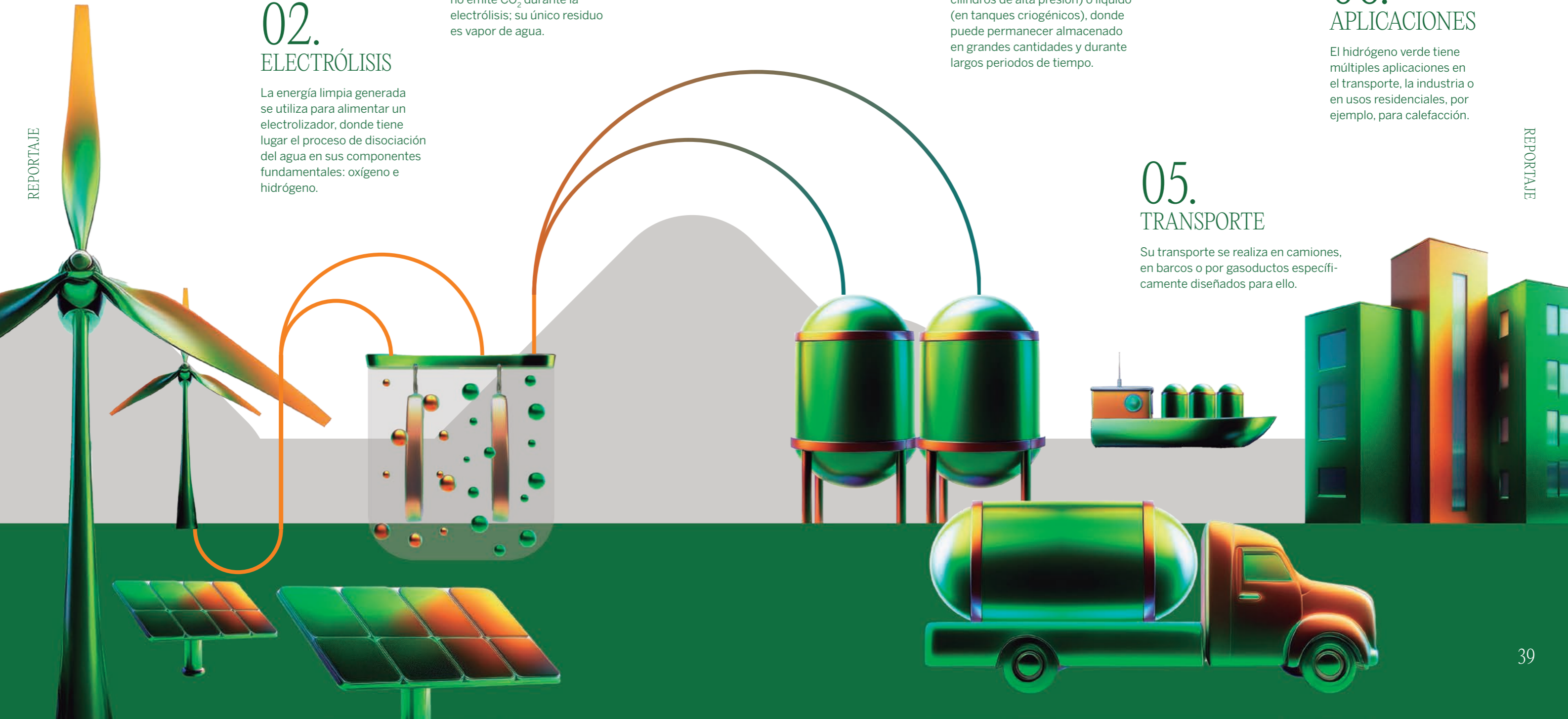
El hidrógeno obtenido se guarda en estado gaseoso (en depósitos o cilindros de alta presión) o líquido (en tanques criogénicos), donde puede permanecer almacenado en grandes cantidades y durante largos periodos de tiempo.

06. APLICACIONES

El hidrógeno verde tiene múltiples aplicaciones en el transporte, la industria o en usos residenciales, por ejemplo, para calefacción.

05. TRANSPORTE

Su transporte se realiza en camiones, en barcos o por gasoductos específicamente diseñados para ello.



EL VERDE ESTA DE MODA

La ropa es mucho más que un refugio para nuestro cuerpo: es una poderosa expresión de nuestra identidad, cultura e ideas. Cada vez más marcas son conscientes de la importancia de crear prendas atractivas y sostenibles, que tengan calidad y hablen de su compromiso con el planeta y el futuro.

producir residuos desde el primer momento», explican desde la **Fundación Ellen MacArthur**. La creación de una prenda empieza por las materias primas que se emplean para fabricarla —que pueden ser naturales (como el algodón o el lino), artificiales, donde las materias primas naturales se transforman en fibras mediante procesos químicos (como la viscosa) y sintéticas, las más contaminantes a lo largo de la vida útil del producto, ya que están compuestas en su mayoría por derivados del petróleo (como el poliéster o el elastano)— y su ciclo de vida útil termina cuando tales prendas se tiran a la basura. El modelo circular rediseña los sistemas productivos para reutilizar materiales, minimizar residuos y dejar tiempo y espacio a la naturaleza para regenerarse antes de extraer más materias primas, algo que implica, entre otras cosas, reciclar las prendas, ya sea dándoles una segunda vida (ropa de segunda mano) o deshaciéndolas y utilizando los materiales para desarrollar nuevas creaciones.

La Fundación Ellen MacArthur ha sido un actor clave en la promoción de este enfoque a través de la iniciativa Make Fashion Circular, que trabaja con diferentes marcas, fabricantes y profesionales del sector investigando y promoviendo la adopción de materiales sostenibles, la recolección de ropa usada y la implementación de procesos que extienden la vida útil de las prendas.

Pero ¿en qué consiste la circularidad textil? Desde **Mango**, uno de los principales grupos de moda a nivel global y pionero en la creación de un departamento de Sostenibilidad hace veinte años, explican que todo empieza con un diseño basado en prendas fácilmente reciclables y duraderas y que, además, genere la menor cantidad de residuos. Para que una prenda pueda considerarse fácilmente reciclable debe ser monomaterial (que se priorice el uso de una

Mango: «Para que una prenda pueda considerarse fácilmente reciclable debe ser monomaterial y reducir al mínimo las fornituras para que al llegar al final de su vida sea más fácil separar los materiales y reciclarlos»

El elevado consumo de recursos naturales o agua o las emisiones de gases de efecto invernadero son algunos de los retos más importantes que debe afrontar el sector de la moda. Por ejemplo, para elaborar una camiseta de algodón, el estudio *What if fashion were good for the planet?* de la Unión Europea (UE) estima que es necesario utilizar 2.700 litros de agua. Además, según un informe de McKinsey de 2024, la industria mundial de la moda es responsable de entre el 3% y el 8% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI), y se prevé que las emisiones de la industria aumenten alrededor de un 30% para 2030 si no se adoptan medidas adicionales.

Ante este panorama, la industria debe transformar su modelo de producción para cumplir con los acuerdos nacionales e internacionales impulsados en los últimos años. A nivel global, con la Carta de la Industria de la Moda para la Acción Climática, aprobada en la COP24 y actualizada en la COP26 de 2021, importantes marcas del sector de la moda se comprometieron a reducir las emisiones en un 30% para 2030 (respecto a los niveles de 2015) y alcanzar el *net zero* en 2050. A nivel regional, en Europa, la Estrategia de la UE para Textiles Sostenibles y Circulares busca que para 2030 los productos textiles sean duraderos, reciclables y respetuosos con el medio ambiente y los derechos sociales. Esta estrategia, además, plantea la posibilidad de prohibir la destrucción de productos no vendidos y promover información más clara sobre textiles a través de la creación de un pasaporte digital de producto.

La transición hacia la moda circular

«En nuestra economía actual, extraemos materiales de la Tierra, fabricamos productos a partir de ellos y, finalmente, los desechamos como residuos: el proceso es lineal. En una economía circular, por el contrario, dejamos de

MycoWorks: «Un nuevo enfoque liderado por la biología nos está impulsando hacia esta nueva era en la que las soluciones naturales y los biomateriales están tomando protagonismo»

única fibra) y reducir al mínimo las fornituras para que al llegar al final de su vida sea más fácil separar los materiales y reciclarlos. Por otro lado, los materiales seleccionados por su durabilidad y una construcción reforzada hacen que las prendas se mantengan en buenas condiciones a través del tiempo. «La calidad y la durabilidad van de la mano», explican.

Ahora, ¿cómo pueden los consumidores identificar qué prendas son sostenibles? En este sentido, desde Mango afirman que es importante que la ciudadanía empiece a conocer todos estos atributos que se vinculan a esta moda más sostenible y a productos de menor impacto. Y para ello un etiquetado claro y completo es fundamental. «En Mango hemos introducido un QR en nuestras etiquetas que te dirige a nuestra página web, y ahí está la información de manera accesible», añaden.

La innovación científica también es clave en el desarrollo de modelos de producción circulares. Por ejemplo, **Infinited Fiber** ha desarrollado un proceso para reciclar fibras textiles usadas, incluso aquellas que son de poca calidad, y transformarlas en una nueva fibra de alta calidad llamada Infinna™ que ya utilizan grandes marcas como Adidas, Patagonia o Calvin Klein.

De la tierra a la percha: cultivar materiales para reducir el impacto ambiental

La unión de creatividad y ciencia también está dando resultados sorprendentes no solo a la hora de «cerrar el círculo» de la vida del producto a través de fórmulas como el reciclaje, sino también a través del desarrollo de nuevos materiales. Como los creados por **MycoWorks**, empresa de biotecnología fundada en 2013 por Philip Ross y Sophia Wang, dos artistas y pione-

ros en el campo de los biomateriales. Como explican desde MycoWorks, «la empresa se creó a partir del profundo conocimiento de Phil Ross sobre el micelio, un organismo abundante y complejo, además de una maravilla estructural». Así, Ross comenzó a cultivar este hongo para utilizarlo en sus esculturas en la década de los noventa y en esta experimentación descubrió la versatilidad de su forma, textura y color.

Por su parte, Sophia Wang, hija de investigadores en biología celular molecular, se formó como artista y escritora, pero siempre tuvo un gran interés por los sistemas vivos de la naturaleza. Mientras escribía su tesis doctoral sobre poesía, Wang trabajó con Ross en una serie de programas públicos que exploraban la cultura y la historia del diseño de biorreactores. Cuando creció el interés mundial por las creaciones de Ross y surgieron oportunidades para colaborar con marcas que buscaban materiales innovadores, Ross y Wang decidieron fundar una empresa.

Gracias al profundo conocimiento de Ross sobre el micelio, desarrollaron Fine Mycelium™: un sistema que permite manipular el micelio durante su crecimiento para crear biomateriales únicos, atractivos, resistentes y duraderos; algo que ha cautivado a empresas de diferentes sectores, como Hermès, Ligne Roset o General Motors. Tras años de investigación, este sistema ha dado lugar a un primer productor para el sector del lujo: Reishi™, una versión mejorada del micelio similar en apariencia y textura al cuero animal, pero con una huella ambiental mucho menor.

Su baja huella de carbono se debe, en parte, a su proceso de crecimiento pasivo, ya que el micelio no requiere alimentos, agua, luz u otros insumos adicionales para crecer. Más aun, el proceso Fine Mycelium™ permite un «proceso de recurtido» mucho más limpio, corto y optimizado, que pasa directamente al teñido y al acabado sin usar cromo, lo que reduce el uso de agua y productos químicos en comparación con los procesos tradicionales.

Desde MycoWorks afirman que «Reishi™ está inaugurando una nueva era en el diseño sostenible, permitiendo personalizar los materiales desde el proceso de crecimiento, ofreciendo un control sin igual sobre un material natural».

Como ha señalado en diversas ocasiones **Matt Scullin, consejero delegado de MycoWorks**, las marcas necesitan nuevos materiales con menor impacto ambiental para cumplir sus compromisos climáticos y, al mismo tiempo, el apetito por la moda y el lujo requiere nuevas fuentes de materiales para impulsar el crecimiento. Es decir, la sociedad reclama productos sostenibles y exige calidad.

Por Carlos Madrid



ENTREVISTA

Para **Ismael Olmedo, CEO de Captoplastic**, ver el curso del agua limpio y lleno de vida es impagable. Algo que, a medida que va cumpliendo años, valora más. Por ello le parece muy gratificante el trabajo que realizan en su empresa: han desarrollado una tecnología que captura los microplásticos presentes en el agua. Es decir, son capaces de recoger partículas contaminantes de hasta una micra (0,001 mm.) que, dado su pequeño tamaño, no se pueden captar y se están volviendo un problema tanto para la naturaleza como para nuestra salud. Hemos hablado con Olmedo para que nos cuente cómo esta tecnología puede ayudar a liberar los ecosistemas de estas diminutas partículas y proteger el medio ambiente.

ISMAEL

CAPTOPLASTIC

«Nuestra tecnología no solo captura microplásticos, sino que ofrece la solución para la protección de la salud humana y la defensa del medio ambiente»

ENTREVISTA

OLMEDO

¿Cómo se crean y cómo nos afectan los microplásticos?

Los microplásticos son partículas muy pequeñas de plástico que pueden presentarse de varias formas, ya sea como espumas, perlas, pellets o fibras. Hay dos tipos principales: los microplásticos primarios, que se generan directamente en tamaños diminutos, como las microesferas que se encuentran en algunos productos cosméticos, y los secundarios, que provienen de la fragmentación de plásticos más grandes, un proceso que ocurre por la exposición al sol, al viento y al agua. La mayor parte de los microplásticos que encontramos proviene de fuentes como el agua residual de las lavadoras y de los neumáticos. Por ejemplo, cada vez que lavamos nuestra ropa, algunas fibras sintéticas se desprenden y acaban en las aguas residuales y, eventualmente, llegan a ríos y océanos. Según un estudio de WWF, cada semana ingerimos unos cinco gramos de plástico, el equivalente a una tarjeta de crédito. Esto puede derivar, entre otros, en problemas cardíacos o cancerígenos.

¿Cómo acaban en nuestro organismo?

Muchas veces los microplásticos están presentes en los alimentos que ingerimos, el agua que bebemos o el aire que respiramos. Aunque la legislación europea reconoce el peligro de los microplásticos y establece la necesidad de medirlos, como en la Directiva UE 2020/2184 relativa a la calidad del agua potable y en la recién publicada Directiva UE 2024/3019 sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, aún no existe una obligación explícita de capturarlos. A pesar de los avances regulatorios, las normativas parecen ir un paso por detrás de la problemática, especialmente en lo que respecta al control y eliminación de microplásticos en las aguas residuales.

¿Cómo llegan los microplásticos al agua?

Las aguas residuales urbanas e industriales, en las que Captoplastic está centrada, son un foco de contaminación de microplásticos que terminan en ríos y océanos. La cantidad de microplásticos en el agua puede variar bastante, dependiendo de si el agua viene de zonas industriales o de áreas con mucha población, entre otros factores. En España, generalmente, antes de que el agua entre en la depuradora, podemos encontrar entre 30 y 100 miligramos de microplásticos por litro, según nuestras estimaciones.

¿La depuradora ordinaria no elimina estos microplásticos?

En el proceso de depuración ordinaria, primero se quitan las partículas más grandes y luego hay un tratamiento por decantación y otro biológico. Aunque en el tratamiento primario y secundario parte de los microplásticos se retira del agua, en realidad no se eliminan por completo, ya que se trasladan a los lodos. El problema es que esos lodos se usan en la agricultura o en compostaje, lo que puede volver a introducir los microplásticos en el medio ambiente.

En este contexto de problema con los microplásticos, nace en 2020 Captoplastic. ¿Qué fue lo que os motivó a crear la empresa? ¿De dónde veníais?

Todo comenzó cuando un grupo de investigadores de la Universidad Autónoma de Madrid desarrolló una patente relacionada con una solución innovadora para capturar y controlar los microplásticos en el medio ambiente, un tema de gran preocupación en todo el mundo. Esta patente captó la atención de **BeAble Capital**, un fondo español especializado en *Deep Tech* [tecnología profunda basada en ciencia básica] debido a su relevancia ambiental y a su potencial para convertirse en una tecnología disruptiva para combatir la contaminación por microplásticos. BeAble Capital no solo vio el potencial comercial de la patente, sino que también ofreció financiación y apoyo estratégico para convertir esa tecnología en una empresa. Así nació Captoplastic en

«No hay una única solución: es una cuestión de concienciación y de ir sustituyendo el plástico como materia prima para los múltiples usos actuales»

«Las empresas que utilizan nuestra tecnología pueden reducir su huella ambiental y eliminar más de un 80% de microplásticos»

2020. En la actualidad contamos con un total de diez patentes de identificación, cuantificación y eliminación de microplásticos y somos unas quince personas. Yo soy el CEO, pero antes fui directivo de Aguas de Barcelona durante 25 años y tengo formación financiera y de gestión. A mi alrededor son todos ingenieros y químicos muy jóvenes con mucho conocimiento y conciencia medioambiental.

¿En qué consiste vuestra tecnología y cómo contribuye a paliar el problema de los microplásticos?

Tenemos dos líneas de productos diferentes. Por un lado, nos enfocamos en la identificación, cuantificación y análisis de microplásticos en el agua y, por otro, en su captura. Para extraerlos, en primer lugar, añadimos al agua un captador magnético que se adhiere a los microplásticos de hasta una micra —otras soluciones se limitan a partículas de cinco micras o más—. A continuación, utilizamos un campo magnético para retirar el agregado. Por último, rompemos el agregado para obtener por separado los microplásticos y el captador que, de nuevo, introducimos en el sistema para repetir el proceso una y otra vez.

¿Por qué es innovadora vuestra tecnología en este ámbito?

Nuestra tecnología destaca por su simplicidad, sostenibilidad y eficiencia en comparación con otras soluciones en el mercado. Por ejemplo, los hidrociclones [equipos destinados a la separación de partículas sólidas en medios líquidos] necesitan mucha energía para lograr la fuerza centrífuga requerida para funcionar. Nuestra tecnología consume mucha menos energía. Otro sistema serían las membranas, que necesitan reemplazos frecuentes, algo que no sucede con nuestra técnica, ya que nuestro captador es reutilizable. Esto contribuye a que nuestro coste operativo sea más bajo que el de otras soluciones. Además, nuestra tecnología se puede implementar en etapas tempranas del proceso de tratamiento de aguas, evitando que los microplásticos lleguen a los lodos, algo que muchas tecnologías actuales no pueden lograr. Nuestra tecnología no solo captura microplásticos, sino que ofrece la posibilidad de reutilizarlos. Esta es una ventaja particular de nuestro sistema, que permite recuperar los microplásticos sin degradarlos: la clave de nuestra exclusividad reside en la precisión del sistema de captación y la facilidad con la que podemos separar los plásticos sin alterar su estructura. Esto abre la puerta a iniciativas de reciclaje y reutilización en aplicaciones industriales o de diseño, como paneles o mobiliario fabricado a partir de plásticos reciclados, contribuyendo así a un modelo circular.

¿Cómo pueden beneficiarse las empresas de vuestra tecnología?

Nuestra tecnología beneficia a una amplia gama de empresas, como plantas de tratamiento de aguas urbanas e industriales, fabricantes de plásticos, la industria textil, laboratorios de análisis de agua y fabricantes de electrodomésticos. También es útil para la industria alimentaria y de bebidas que usan grandes volúmenes de agua. Todas ellas pueden eliminar hasta un 80% de microplásticos y adelantarse a futuras normativas.

¿Cómo podemos prevenir que los microplásticos acaben en el agua?

Respecto a esto, estamos desarrollando una tecnología de plantas de captura para la lavandería industrial y otra que incorporará un mecanismo en la lavadora doméstica que capture los microplásticos antes de que lleguen a las depuradoras. En los neumáticos se podrían utilizar materiales que se degradaran menos y liberasen menos microplásticos, que con la lluvia, acaban en las depuradoras urbanas. Reducir el uso de plásticos también sería una medida importante para ayudar a disminuir su presencia en el medio ambiente. No hay una única solución: es una cuestión de concienciación y de ir sustituyendo el plástico como materia prima para los múltiples usos actuales.

EL DESAFÍO DE FINANCIAR



EL ACUERDO LIMPIO INDUSTRIAL

Ciarán Humphreys, Investigador en Institute for Climate Economics

El mundo está entrando en una nueva era de competencia global, donde la fabricación de tecnologías limpias se ha convertido en un eje central. La reindustrialización ha revitalizado el debate sobre la política industrial, con iniciativas como el programa chino *Made in China 2025* y la Ley de Reducción de la Inflación (*Inflation Reduction Act*, IRA) en Estados Unidos, que destinan miles de millones de fondos públicos para asegurarse una porción de un mercado global que se estima alcanzará los 650.000 millones de dólares en 2030.

La Unión Europea (UE) también ha avanzado con su propio Plan Industrial del Pacto Verde, que establece un marco normativo para acelerar la creación de fábricas de tecnologías limpias en toda Europa. Esta tendencia parece consolidarse con el nuevo Acuerdo Limpio Industrial, anunciado por Ursula von der Leyen al asumir su segundo mandato como presidenta de la Comisión.

Ahora bien, crear las condiciones de mercado adecuadas es solo una parte de la respuesta. Si algo debemos aprender de Estados Unidos y China es que la competitividad requiere financiación pública. Construir una fábrica de tecnologías limpias en Europa conlleva riesgos y requiere una gran inversión de capital, lo que a menudo desanima a los inversores privados a apoyar a las empresas europeas en su difícil camino hacia la expansión. En este contexto, las finanzas públicas desempeñan un papel crucial al reducir el riesgo de dichas inversiones y proporcionar el «capital paciente» necesario para que empresas prometedoras e innovadoras puedan desarrollarse y crecer.

Por ello es alentador que, junto con el Acuerdo Limpio Industrial, la presidenta von der Leyen haya propuesto la creación de un Fondo Europeo de Competitividad. Este fondo estaría integrado en el próximo presupuesto de la UE, cuyas negociaciones han comenzado en 2025. Se espera que el Fondo de Competitividad logre lo que no consiguió el Fondo de Soberanía, que luego

se transformó en la Plataforma de Tecnologías Estratégicas para Europa (STEP, por sus siglas en inglés), proporcionando una inyección significativa de fondos públicos destinados a impulsar la fabricación de tecnologías limpias estratégicas.

No obstante, aunque el Fondo de Competitividad logre alcanzar su potencial (lo cual no es fácil dada la complejidad de las negociaciones con los Estados miembros), no estará operativo antes de 2028, cuando entre en vigor el próximo presupuesto de la UE. Tres años es demasiado tiempo en la carrera global por las tecnologías limpias, y Europa no puede permitirse esperar. Por ello, es crucial encontrar soluciones provisionales de financiación pública, tanto a nivel de la UE como de los Estados miembros.

Afortunadamente, la UE ya cuenta con varias herramientas para cerrar esta brecha, como el apoyo a las empresas a través del Banco Europeo de Inversiones, que ha respaldado casos exitosos, como el fabricante de baterías Verkor o el líder en acero verde Stegra. También se puede recurrir a la canalización de ayudas estatales mediante los Proyectos Importantes de Interés Común Europeo.

Una de las herramientas más prometedoras de Europa es el Fondo Europeo de Innovación. Financiado con los ingresos del mercado de carbono de la UE, este fondo puede distribuir 4.000 millones de euros anuales, una cifra que, según cálculos del Institute for Climate Economics, podría aumentar a más de 20.000 millones de euros hacia finales de la década, dependiendo del incremento de los precios del carbono. El fondo ya ha sido utilizado de manera productiva para fortalecer la competitividad de las tecnologías limpias de la UE, mediante iniciativas como la subasta del Banco de Hidrógeno, la llamada a la producción bajo REPowerEU y el recién anunciado Fondo de Baterías, que apoya una industria clave para las necesidades de inversión en tecnología limpia, tanto pública como privada.

El Fondo de Innovación, el mayor de la UE dedicado a la innovación y al desarrollo de tecnologías limpias, debe mantenerse como el pilar fundamental de nuestra futura política industrial verde. Su impacto podría ampliarse replicando el modelo del Banco de Hidrógeno en otros sectores, o bien combinando las subvenciones con garantías y financiación de riesgo proporcionada por el BEI.

Como afirmó la presidenta von der Leyen, «la carrera ha empezado». La fabricación europea de tecnologías limpias se encuentra en un punto crucial. Solo aprovechando al máximo los fondos disponibles de la UE, especialmente el Fondo de Innovación, **Europa podrá desarrollar una industria de tecnologías limpias capaz de enfrentar los desafíos de las próximas décadas.**

CERRAR EL CÍRCULO. CAPTURA DE CARBONO, O CÓMO

En la lucha contra el cambio climático, recortar las emisiones de CO₂ es prioritario, pero para alcanzar el *net zero* las tecnologías que capturan el dióxido de carbono serán imprescindibles.

La historia de la humanidad se ha desarrollado gracias a la innovación y el progreso. Sin duda, ha logrado mejorar el bienestar general de su especie, pero también ha deteriorado la salud de la Tierra. Para evitar las consecuencias negativas del cambio climático, provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero, es necesario pasar a la acción. El informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de las Naciones Unidas pide la eliminación anual de 10.000 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO₂) a nivel global hasta 2050. Tanto el consenso científico como gobiernos y empresas coinciden en que reducir las emisiones de carbono debe ser prioritario. Sin embargo, hay procesos y sectores en los que esto es difícil de conseguir. ¿Significa que debemos renunciar a un futuro descarbonizado? ¿Y si hubiese una forma de capturar el CO₂?

Aunque debe entenderse como una solución complementaria, lo cierto es que ya existen formas de atrapar el CO₂ para evitar que siga contribuyendo al efecto invernadero. Se trata de la Captura, Uso y Almacenamiento de Carbono (*Carbon Capture, Usage and Storage* o CCUS). La captura puede realizarse directamente en la fuente de producción o de la atmósfera (*Carbon Direct Removal* o CDR), ya sea de forma natural o tecnológica. «La CDR abarca los enfoques que eliminan el CO₂ ya presente en el aire a través de procesos técnicos o biológicos para almacenarlo de manera permanente», comenta **Harris Cohn, de la empresa estadounidense Charm Industrial.**

La compañía se ha convertido en un referente en el campo de la captura de carbono, pues han logrado eliminar más de 7.000 toneladas de CO₂ desde sus inicios. Su enfoque innovador se basa en aprovechar los residuos vegetales donde el CO₂ ya ha sido absorbido por la biomasa vegetal a través de la fotosíntesis. Estos residuos se procesan para convertirlos en un aceite biológico rico en carbono, conocido como *bio-oil*. Luego, este *bio-oil* se inyecta en antiguos pozos de petróleo vacíos, creando un ciclo que podría compararse con la producción y reposición de petróleo sintético, pero con un enfoque en la captura permanente de carbono.

Según afirma Cohn, al procesar biomasa sobrante como árboles caídos o residuos forestales, Charm Industrial contribuye a reducir la carga de combustible en los bosques, ayudando a prevenir incendios forestales. Acciones como estas «generan beneficios económicos para las comunidades rurales al ofrecer nuevas oportunidades para los agricultores que venden residuos de cultivos y, al mismo tiempo, el uso de los subproductos de este proceso mejora la salud del suelo al aumentar su contenido de carbono y nutrientes»,

Harris Cohn (Charm Industrial): «La CDR abarca los enfoques que eliminan el CO₂ ya presente en el aire para almacenarlo de manera permanente»

Rudy Kahsar (RMI): «Según casi todos los modelos climáticos, la captura directa de carbono será importantísima para limitar el calentamiento global»

Heirloom: «Nuestra tecnología acelera la propiedad natural de la piedra caliza de absorber el CO₂ de la atmósfera, reduciendo de años a menos de tres días el tiempo que tarda en absorberlo»

explica Cohn. En conjunto, estas tecnologías no solo pueden ayudar a mitigar el cambio climático, sino que también pueden llegar a promover la resiliencia en los ecosistemas locales.

Otro referente en captura de CO₂ del aire, en este caso, en captura tecnológica de la atmósfera, es **Heirloom**. Su innovación radica en el desarrollo de un método basado en la piedra caliza, uno de los minerales más abundantes y baratos de la Tierra. «La piedra caliza se puede descomponer en óxido de calcio y CO₂. Cuando se elimina el CO₂ de la piedra caliza mediante calor, el óxido de calcio restante se hidrata con agua para formar cal. La cal tiene sed de CO₂ porque quiere volver a su estado natural (piedra caliza) y actúa como una esponja, absorbiendo CO₂ de la atmósfera. El CO₂ retirado de la piedra caliza se almacena bajo tierra o en cemento. La tecnología de Heirloom reduce el tiempo que la piedra caliza tarda en absorber CO₂ de años a menos de tres días», afirman desde la compañía.

Según la propia empresa, se podrían eliminar mil millones de toneladas de CO₂ para 2035 con un coste de menos de 100 dólares por tonelada de CO₂. Y consideran que Heirloom podría desempeñar un papel importante en el cumplimiento de los objetivos globales de eliminación de carbono.

Una solución prometedora

La captura directa de CO₂ de la atmósfera es una de las tecnologías emergentes más prometedoras en el camino hacia la meta *net zero*. **Rocky Mountain Institute o RMI**, organización sin ánimo de lucro que marca la senda de la descarbonización de la energía a nivel global gracias a su labor de investigación, colaboración con industrias y desarrollo de políticas, ha identificado 32 enfoques distintos para la captura directa de carbono. Además, han desarrollado una hoja de ruta para llevar estas tecnologías desde su estado actual hasta un punto de viabilidad técnica a gran escala para 2050.

Incluso si solo una parte de estas tecnologías logra desarrollarse, se espera que el impacto en la lucha contra el cambio climático sea significativo. Según **Rudy Kahsar, de RMI**: «La captura de carbono va a ser un componente relevante a partir de la mitad del próximo siglo. Si se tiene que contener el calentamiento va a ser necesaria una descarbonización acelerada [de la industria y los hogares] acompañada por captura de carbono. Ahora mismo, a nivel global, estamos por detrás de las metas. Si los eventos climáticos se vuelven más virulentos, la presión por la acción se incrementará. En los próximos cincuenta años, estos cambios fomentarán la implementación de innumerables proyectos de captura».

JOHANNES

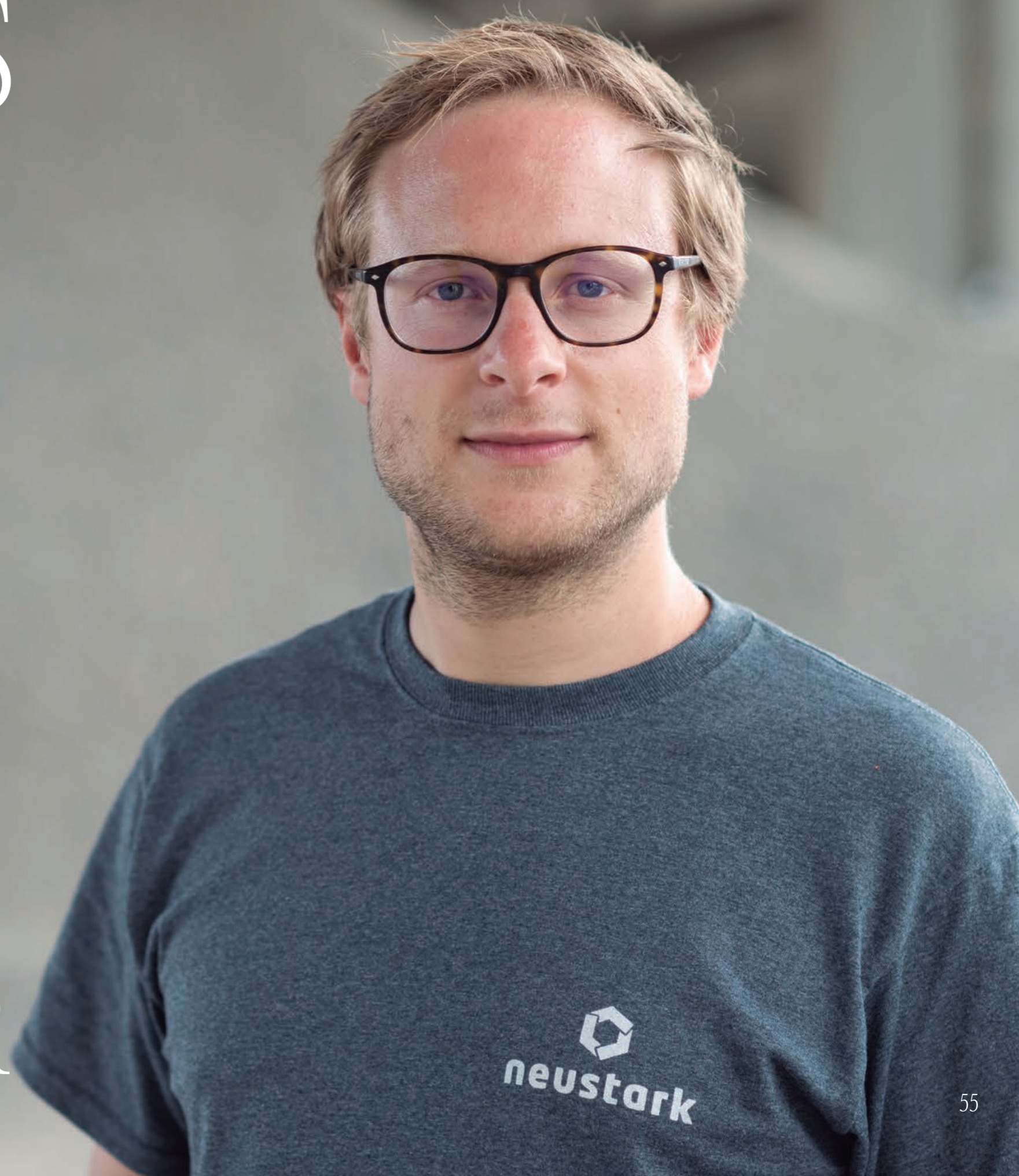
NEUSTARK

«Sin tecnologías que eliminen el CO₂ de forma permanente, no podremos detener el calentamiento global»

Por Óscar Granados

Neustark, forjada hace solo cinco años, ha desarrollado una tecnología que captura el dióxido de carbono de la atmósfera y lo almacena dentro del hormigón siendo capaz de retenerlo durante cientos de miles de años. Una novedosa aportación en la lucha contra el cambio climático.

TIEFENTHALER



Johannes Tiefenthaler era, hasta hace no mucho, un científico de laboratorio que disfrutaba estudiando fenómenos físicos y químicos a muy pequeña escala. Un día de 2016, mientras cursaba un doctorado en Ingeniería Mecánica y de Procesos en la ETH (Escuela Politécnica Federal) de Zúrich, se le ocurrió que quería desarrollar algo con un impacto a nivel global. «Había mucha esperanza. Un año antes se había firmado el Acuerdo de París y quería contribuir a un mundo mejor», dice. Tres años después de ese primer impulso, junto con su socio Valentin Gutknecht, diseñaron una solución única en el mercado para capturar el carbono de la atmósfera.

Crearon Neustark. El nombre es una combinación de dos palabras en alemán que significan nuevo y fuerte. «Ambos conceptos conectan con la construcción y la tecnología», explica Tiefenthaler. Su tecnología desencadena un proceso de mineralización acelerado, donde el CO₂ biogénico inyectado dentro del agregado de hormigón de demolición reacciona con los minerales, uniendo el CO₂ a los poros y la superficie del agregado. «Es una forma muy eficaz de luchar contra el cambio climático y, además, promueve la economía circular al reutilizar materiales». Con Neustark se ha creado una nueva forma de almacenar carbono en hormigón demolido y ahora colabora con empresas de toda Europa que derriban edificios y estructuras de hormigón.

Antes de profundizar en el proyecto, ¿podrías hablarnos un poco sobre tu formación?

Estudí Ingeniería Mecánica y de Procesos en la ETH de Zúrich, donde descubrí la captura y almacenamiento de carbono como un pilar clave en la lucha contra el cambio climático. Esto fue en 2016, justo después de la firma del Acuerdo de París. En ese momento, quedó claro que, además de reducir emisiones mediante métodos convencionales como la electrificación o el uso de energías renovables, aún se necesitaban soluciones para las emisiones inevitables que se producen en sectores como el cemento, el acero, la gestión de residuos, la industria química y otros.

Era imprescindible desarrollar tecnologías capaces de eliminar de forma permanente el CO₂ de la atmósfera, para así gestionar las emisiones que no podemos evitar. Sin estas tecnologías, no tendríamos posibilidad de frenar el calentamiento global. Diría que ese fue el inicio de mi recorrido. En ese entonces, tenía unos 25 años.

¿Cómo nació la idea de crear Neustark?

Cuando estaba cursando el doctorado en la ETH de Zúrich, conocí al ahora cofundador de Neustark, Valentin Gutknecht, que también se encontraba en la misma ciudad y se preguntaba si sería posible almacenar CO₂ en hormigón demolido. Fue un amigo en común quien nos presentó. En 2019 fundamos la empresa, ya con un modelo de negocio viable. Aunque el proceso puede parecer sencillo, en realidad implicó compartir ideas y numerosas reunio-

«Nuestra tecnología activa un proceso de mineralización acelerada que fija el CO₂ de manera permanente en el hormigón»

nes. Patentamos la idea, algo habitual en ETH Zúrich, ya que si desarrollas algo, solicitas una patente. Sin embargo, el momento en que supimos que el proyecto iba en serio fue cuando solicitamos una subvención a la Oficina Federal del Medio Ambiente para poner en marcha un modelo piloto de la tecnología. Esta subvención nos permitió demostrar que era posible escalar lo logrado en el laboratorio; es decir, aplicar a varias toneladas lo que habíamos conseguido hacer, en el laboratorio, con unos pocos gramos.

¿Cómo funciona vuestra tecnología?

Con nuestra solución, el CO₂ biogénico [producido de forma natural por seres vivos] se captura en plantas de biogás, donde se licúa y se transporta a instalaciones de reciclaje de residuos de construcción. En estas plantas, el CO₂ se inyecta en granulados de hormigón procedente de edificios demolidos, así como en otros desechos minerales. Nuestra tecnología activa un proceso de mineralización acelerada que fija el CO₂ de manera permanente en el hormigón. El producto reciclado carbonatado resultante se puede emplear en la construcción de carreteras o en la producción de nuevos materiales de construcción reciclados. Este proceso permite almacenar el CO₂ capturado durante cientos de miles de años, con un riesgo de reversión prácticamente nulo, garantizando así una solución duradera y efectiva para la captura y almacenamiento de carbono. El rendimiento del almacenamiento también se puede convertir en certificados [documentos que acreditan la eliminación de emisiones de gases de efecto invernadero que permiten a empresas y organizaciones comprar créditos de carbono], que comercializamos para nuestros clientes en el mercado de certificados voluntarios.

¿Por qué la tecnología de Neustark es tan vanguardista?

Ofrecemos una tecnología que permite a nuestros socios eliminar CO₂. Nuestro objetivo es eliminar un millón de toneladas de CO₂ en el año 2030. Esto tiene sentido hoy y creo que somos de los primeros en escalar este negocio, trabajando con una industria ya establecida. Tenemos veinte plantas en operación en Europa y más de cincuenta en construcción. Así que estamos principalmente en Europa en este momento, pero tenemos planes de entrar al mercado norteamericano pronto.

¿Por qué es tan esencial la eliminación de carbono para abordar los desafíos globales actuales?

Si miramos los objetivos climáticos, básicamente decimos que queremos detener el calentamiento global, lo cual significa que no podemos seguir emitiendo gases de efecto invernadero a la atmósfera. Es decir, que no podemos operar ningún motor que funcione con petróleo o gas o cualquier otro combustible fósil. Y tampoco podemos producir más cemento, que es una actividad que emite mucho CO₂.

Diría que hay dos razones por las que necesitamos la eliminación de carbono. La primera es que nunca vamos a llegar a cero, siempre habrá un cierto nivel de emisiones. No vamos a eliminar todos los motores diésel, ni vamos a dejar de usar fertilizantes. Siempre habrá emisiones residuales que no se pueden evitar, y para eso necesitamos compensarlas eliminándolas de la atmósfera. La segunda razón es que tenemos un presupuesto finito de carbono y una vez que lo excedamos, las temperaturas se dispararán. La única manera de impedirlo es capturar el dióxido de carbono de la atmósfera. Pero esto debe ser una última medida. Primero deberíamos enfocarnos en reducir las emisiones.

INNOVACIÓN: HACER DE

J. Julián Cubero

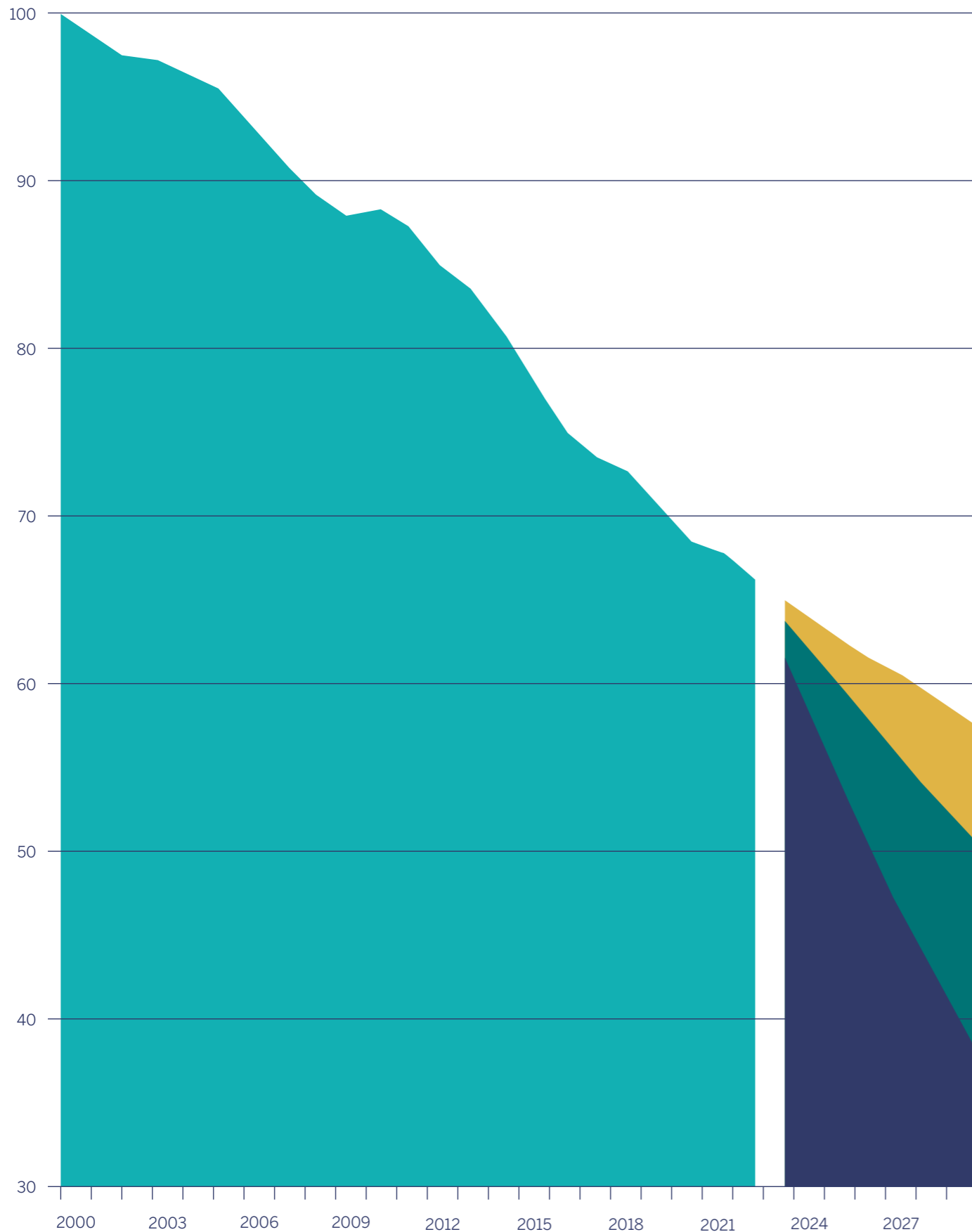
LA NECESIDAD VIRTUD

**Economista Líder de
BBVA Research**

Intensidad de emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de PIB mundial (2000 = 100)

Fuente: BBVA Research, cálculos propios con datos de emisiones de la Agencia Internacional de la Energía y de PIB mundial del Fondo Monetario Internacional.

- datos históricos
- tendencia histórica reciente
- tendencia histórica intensa
- tendencia consistente con cero neto



Una sencilla identidad contable muestra que las emisiones de gases de efecto invernadero que se acumulan en la atmósfera y causan el cambio climático evolucionan de acuerdo al PIB y a la intensidad de las emisiones por unidad de PIB. El PIB mundial creció el 114% entre 2000 y 2022, mientras que la intensidad de las emisiones cayó el 33%. Si se asume un crecimiento económico tendencial del 3%, el ritmo actual de mejora de la intensidad (1,8% anual en promedio) hace imposible lograr uno de los objetivos del Acuerdo de París: limitar el aumento de la temperatura global a muy por debajo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales, y hacer esfuerzos para no superar los 1,5 °C. O lo que es lo mismo, que las emisiones netas sean nulas a mediados de este siglo.

Para dar un salto en la evolución de las emisiones que ponga su senda en una trayectoria consistente con el net zero hay que innovar para reducir el ratio de intensidad, y también porque políticas climáticas que busquen el decrecimiento económico para reducir las emisiones son impracticables por su impacto negativo en el bienestar de la población.

Las políticas de mitigación del cambio climático, aunque muy diversas en sus instrumentos, en esencia buscan el mismo objetivo: encarecer las emisiones a la atmósfera para incentivar las transformaciones que hagan que producción y consumo terminen no recurriendo a las mismas. Un ejemplo de cómo hacer de la necesidad virtud es la crisis petrolera de los años 70: la multiplicación del precio del petróleo y el riesgo real de racionamiento, además de hacer rentables perforaciones petroleras en latitudes geopolíticamente más estables que Oriente Medio, desencadenaron un endurecimiento de los estándares de eficiencia de los motores de combustión en el transporte o el aumento de la innovación y la inversión en energía nuclear o también en energía renovable. Con todo ello, según datos del Banco Mundial, la intensidad del uso de petróleo por unidad de PIB disminuyó de 0,12 toneladas equivalentes de petróleo en 1970 a 0,05 en 2022, el 58% inferior. De modo similar,

para descarbonizar hay que innovar, espoleados no solo por la geopolítica y las ventajas de seguridad en el suministro energético, como ocurre actualmente, sino por los costes del cambio climático internalizados en los flujos económicos, además de por las puras ganancias de competitividad-precio que proporcionan unas fuentes de energía renovable ya más baratas que las fósiles para la generación eléctrica. Una mejora de los precios relativos de la energía renovable que de consolidarse desencadena a su vez más incentivos para seguir innovando y dejando atrás las fuentes de energía fósil.

Análisis empíricos disponibles muestran que, en general, los países con más políticas climáticas puestas en práctica solicitan más patentes de innovaciones orientadas a mitigar el cambio climático o reciben más inversión extranjera directa «verde», lo que puede suponer a su vez un impulso al crecimiento económico a medio plazo. Que la innovación termine convirtiéndose en más actividad y empleo no es un proceso que venga dado. Europa comparte liderazgo con Estados Unidos y China en investigación en ciencia básica, primera etapa de la innovación, pero los avances se terminan convirtiendo en productos en el mercado de forma más pronunciada en Norteamérica. A Europa le pesa lo inadecuado de sus mecanismos de financiación privada del riesgo, además de que la financiación pública también tiene margen de mejora para adaptarse a las necesidades de las distintas etapas de maduración de proyectos para atraer más financiación privada. En este sentido, el reciente Informe Draghi señala diversas palancas para aumentar la financiación de bienes públicos como la innovación, cuya brecha con Estados Unidos se sitúa en el centro del problema de la baja productividad europea. Se recomienda, además de aumentar la capacidad financiera pública con un activo seguro emitido por la Unión Europea, acabar con la fragmentación de los mercados de capitales europeos completando la Unión del Mercado de Capitales, y reformar el mercado de titulizaciones financieras o ampliar el mandato del Banco Europeo de Inversiones (BEI) para colaborar con iniciativas de capital riesgo.

No será la falta de propuestas lo que impida hacer de la necesidad de responder a la crisis climática una virtud para lograr un aumento del bienestar que sea social y medioambientalmente sostenible.

Esta publicación tiene fines meramente informativos y contiene datos, opiniones, así como expectativas y estimaciones vigentes en la fecha de su publicación, que pueden estar sujetas a cambios.

Esta publicación no constituye, ni debe entenderse como, una recomendación de inversión, “financial research”, material de marketing, ni una propuesta de financiación o prestación de cualquier otro servicio ni una invitación o solicitud para la compra, desinversión o participación en ningún activo. Esta publicación y su contenido no constituyen la base para ningún contrato, compromiso o decisión de ningún tipo.

El contenido de esta publicación impresa está protegido por la legislación sobre la propiedad intelectual. Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (BBVA) se reserva todos los derechos. Queda expresamente prohibida cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública, transformación o cualquier otro acto de explotación, total o parcial, de sus contenidos sin la previa autorización escrita de BBVA. El uso no autorizado constituye una infracción de los derechos del titular y puede dar lugar a responsabilidades legales.

Ni BBVA, ni ninguna de sus filiales, sucursales, directores o empleados asume responsabilidad alguna por cualquier pérdida, directa o indirecta, que pueda derivarse del uso de esta publicación o de su contenido.

