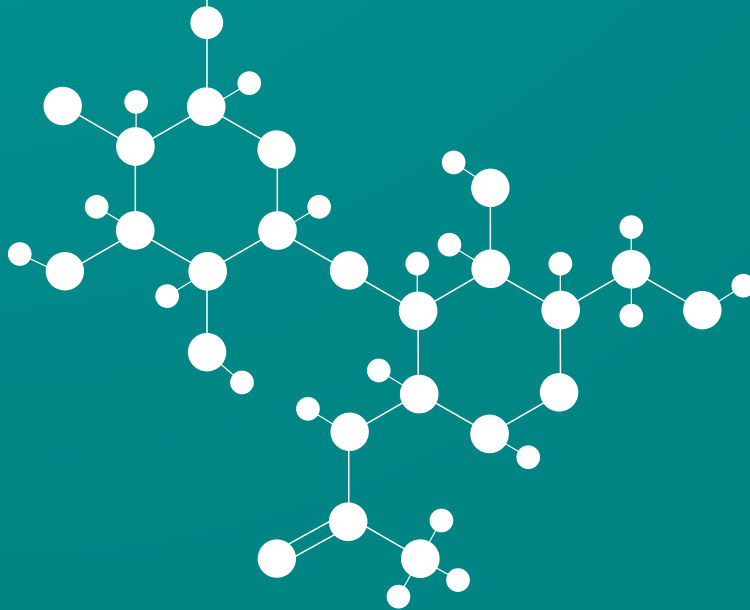




La búsqueda de
alternativas a los
combustibles
fósiles



Índice

Prólogo

Beatriz Rose, editora de BBVA OpenMind.

P.04

El papel de la química en la lucha contra el cambio climático.

Entrevista a Javier García, Presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), Presidente de la Academia Joven de España, Catedrático Rafael del Pino en Ciencia y Sociedad y Catedrático de Química Inorgánica en la Universidad de Alicante.

P.08

Los retos de las energías renovables.

Entrevista a Ignacio Mártil de la Plaza, Doctor en Física y Catedrático de Electrónica en la Universidad Complutense de Madrid.

P.22

La fisión nuclear, una tecnología necesaria para la transición energética.

Entrevista a Carlos Vázquez Rodríguez, Investigador postdoctoral en Forschungszentrum Jülich, Alemania y miembro de Jóvenes Nucleares.

P.34

Presente y futuro de la fusión nuclear.

Entrevista a Isabel García Cortés, doctora en Ciencias Físicas e investigadora en el Laboratorio Nacional de Fusión del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

P.48

La conversión del plástico en combustible.

Entrevista a Marta Muñoz Hernández, profesora e investigadora, Área de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Universidad Rey Juan Carlos.

P.64

Prólogo

Gracias a la ciencia conocemos los riesgos que supone el cambio climático y sus causas. Pero además, gracias a ella, cada vez contamos con más soluciones para combatirlo. Dentro del mundo de la ciencia, la química desempeña un papel especialmente relevante en esta búsqueda de soluciones. Muchas de las tecnologías limpias que se emplean hoy así como muchos de los productos que contribuyen a la reducción de gases de efecto invernadero existen, en gran medida, gracias a esta rama de la ciencia. La química está presente en todo lo que nos rodea, aunque muchas veces no seamos conscientes de ello.

Precisamente uno de los objetivos que perseguimos desde **BBVA OpenMind** es reivindicar el papel esencial que tienen las ciencias en la búsqueda de soluciones a los grandes retos que afronta el mundo, entre ellos la lucha contra el cambio climático. Con este espíritu nacen los Cuadernos de Sostenibilidad, siendo ésta la tercera entrega, en los que recogemos, a través de entrevistas, las visiones de grandes expertos que estudian y trabajan por un mundo más sostenible.

"La ciencia es una herramienta clave para conseguir reducir las emisiones de gases de efecto invernadero".

Los gases de efecto invernadero, y sobre todo el dióxido de carbono (CO₂) son los principales responsables del cambio climático. Así lo afirma la comunidad científica internacional. La quema de combustibles fósiles, como el petróleo, el gas natural o el carbón, que suministran en torno al

80% de la energía mundial, libera toneladas de estos gases nocivos. Según datos de la ONU los combustibles fósiles son responsables de más del 75% de las emisiones totales. De ahí que gobiernos y empresas de todo el mundo estén redoblando esfuerzos para encontrar formas de reducir esas emisiones y lograr alcanzar los objetivos marcados en el Acuerdo de París de 2015. Y la ciencia es una herramienta clave para conseguirlo.

Una de las soluciones que más protagonismo ha ganado en los últimos años son las energías renovables como la solar, la eólica o la hidráulica, convirtiéndose para muchos en una especie de Santo Grial de la lucha contra el cambio climático. Pero, ¿serán capaces

las energías renovables de generar suficiente energía para satisfacer la demanda mundial? Los datos indican que no. Hoy en día tan solo el 29% de la electricidad proviene de fuentes de energía renovables. Éstas además tienen aún varios retos que resolver, entre otros, su dependencia del clima y su almacenamiento.

Es necesario por tanto seguir investigando otras alternativas. Una de ellas es la energía de fisión.

A pesar de ser una fuente de energía que no es nueva y que genera mucha polémica, la ciencia aquí también ha logrado grandes avances. Esta energía podría ser una posible compañera de las energías renovables, al menos hasta que éstas logren resolver los retos que tienen pendientes. Hay además otras tecnologías que hasta ahora parecían ciencia ficción, como la fusión nuclear, que también pueden contribuir. Los avances científicos en este campo son muy prometedores.

"Hoy en día tan solo el 29% de la electricidad proviene de fuentes de energía renovables. Es necesario por tanto seguir investigando otras alternativas".

"Exploramos algunas líneas de investigación que buscan soluciones al cambio climático".

La ciencia de los materiales es otra rama de la ciencia que puede aportar grandes soluciones al cambio climático, contribuyendo al desarrollo de nuevos materiales y productos. Un ejemplo es lograr convertir los residuos plásticos en combustible, con el objetivo de sustituir poco a poco los combustibles fósiles por alternativas menos contaminantes.

En este capítulo de la colección, nos acercamos a algunas de estas alternativas que están en desarrollo. De la mano de expertos como Javier García, Presidente de la IUPAC, Ignacio Mártil de la Plaza, Catedrático de Electrónica en la Universidad Complutense de Madrid, Carlos Vázquez, investigador postdoctoral en Forschungszentrum Jülich, Alemania y miembro de Jóvenes Nucleares, Isabel García Cortés, investigadora en el CIEMAT y Marta Muñoz Hernández, profesora de la Universidad Rey Juan Carlos, exploramos algunas de las líneas de investigación que buscan soluciones a uno de los mayores retos a los que nos enfrentamos como especie: el cambio climático. Desde aquí, nuestro más sincero agradecimiento a todos ellos por su colaboración en esta iniciativa.

Beatriz Rose

Editora de BBVA OpenMind



El papel de la química en la lucha contra el cambio climático

ENTREVISTA A:



Javier García

Presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), Presidente de la Academia Joven de España, Catedrático Rafael del Pino en Ciencia y Sociedad y Catedrático de Química Inorgánica en la Universidad de Alicante.

P

¿Qué papel puede jugar la química en la lucha contra el cambio climático?

R

El origen del cambio climático se encuentra en las emisiones de gases de efecto invernadero que producimos los seres humanos, entre ellos CO₂ y metano. La química tiene la capacidad de encontrar alternativas que, por un lado, no generen tantos gases de efecto invernadero y, por otro, utilicen estos residuos, como CO₂ o metano, para generar una nueva economía, convirtiendo así lo que hoy es un problema en materia prima.

“El origen del cambio climático se encuentra en las emisiones de gases de efecto invernadero que producimos”.

En los últimos años hemos visto descubrimientos fascinantes en la química que permiten transformar, por ejemplo, el CO₂ en combustibles simplemente con agua y luz solar, o transformar el CO₂ en moléculas de alto valor añadido. Estos nuevos descubrimientos nos permiten soñar con una química circular en la que el CO₂ se integre en ciclos que sean neutros desde el punto de vista del cambio climático.



P

¿En qué consiste la química circular y qué relación tiene con la economía circular?

“La química circular es una nueva forma de entender nuestra relación con el planeta, para que todo aquello que produzcamos esté diseñado para ser reutilizado”.

R

Para hacer posible la economía circular, tenemos que ser capaces de recuperar y reutilizar todo aquello que producimos. Para lograr esto necesitamos una nueva química, nuevas formas de producir. La química circular consiste precisamente en eso, en un cambio de paradigma: pasar de una industria lineal que extrae recursos del planeta y los transforma en productos de alto valor añadido que luego vende, a una nueva química en la que la sostenibilidad está puesta al principio; una química en la que moléculas y procesos están pensados y diseñados de manera que todo lo que se produzca sea fácil de recuperar y reutilizar.

Por ejemplo, en general, hoy en día los plásticos no están pensados para ser reutilizados. En su estructura no hay ningún punto que nos permita descomponerlos para recuperar sus componentes y volver otra vez a producirlos. En los últimos años hemos visto avances realmente espectaculares en los que se diseña una nueva generación de plásticos que tienen en su estructura puntos de ruptura para que, una vez utilizados, se puedan desensamblar y recuperar indefinidamente. Hoy lo que hacemos es simplemente reciclar, dar nueva vida a productos que no han sido pensados para su reutilización.

La química circular, por lo tanto, es una nueva forma de entender nuestra relación con el planeta, una nueva forma de diseñar moléculas y procesos para que todo aquello que produzcamos esté diseñado para ser reutilizado.



No hay economía circular sin química circular, sin un diseño a escala molecular de todo lo que producimos para que su reutilización y recuperación sea lo más sencilla posible. Esa es la prioridad: que estén diseñados y pensados desde el principio para la sostenibilidad. Esto implica un cambio de paradigma, una nueva forma de pensar y de enseñar la química. De esa forma haremos posible el sueño de convertir la industria de la transformación en la industria de la reutilización.

P

¿Las industrias y las empresas entienden este nuevo paradigma?

“Para las empresas, cambiar hacia un modelo circular no solo es rentable sino inexcusable”.

R

Seguir produciendo como lo estamos haciendo hasta ahora no es una alternativa. Una producción que no está pensada para la reutilización nos lleva a la situación actual, en la que no solo sufrimos el cambio climático sino también un verdadero tsunami de plásticos de un sólo uso. Para las empresas, cambiar hacia un modelo circular no es sólo rentable sino inexcusable porque, a largo plazo, las materias primas y las consecuencias de seguir produciendo de manera lineal van a hacer que todo el sistema sea insostenible.

La regulación puede contribuir a que se produzca esta transición. Por ejemplo, la prohibición de la comercialización de plásticos de un solo uso en los países de la Unión Europea está obligando a las empresas a innovar. La industria química española es precisamente el sector industrial que más invierte en innovación. Genera, además, 700 mil puestos de trabajo directos e indirectos, con un sueldo medio de 38 mil euros y con un 93% de contratos indefinidos. Donde existe más reticencia es a la hora de realizar inversiones en CAPEX para reconvertir las plantas y los procesos para poder producir de una manera diferente. Esto se debe fundamentalmente a los tipos de interés altos y a la incertidumbre sobre el mercado.

La rentabilidad se puede pensar desde dos puntos de vista. A corto plazo, esto es, seguir produciendo pensando en los márgenes de los próximos años. O considerar la sostenibilidad del negocio, la relación con los consumidores y con el planeta a largo plazo.

Aquellas empresas que inviertan en sostenibilidad van a ser más rentables porque van a tener un mercado más amplio de consumidores, que cada vez son más conscientes. Estamos viendo cómo el público en general, y en particular los jóvenes, están exigiendo que estos cambios se pongan en marcha lo antes posible. Sin embargo, la urgencia no está sobre la mesa de forma suficientemente clara.



P

Usted preside la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC). **¿Cuáles son las principales líneas de investigación en las que se trabaja en la lucha contra el cambio climático?**

“El *e-waste* es un enorme problema porque estamos generando muchos residuos debido a nuestro uso y abuso de los componentes electrónicos”.

R

La IUPAC financia actualmente más de 180 proyectos internacionales en todas las ramas de la química, algunas de ellas muy centradas en cambio climático y sostenibilidad. Me gustaría destacar un proyecto enorme que estamos llevando a cabo con otras organizaciones internacionales sobre un problema del que se oye poco pero que es muy importante: los residuos electrónicos o *e-waste*, como se conoce en inglés.

El *e-waste* es un enorme problema porque estamos generando muchos residuos debido a nuestro uso y abuso de los componentes electrónicos. A diferencia de otros productos, los componentes electrónicos tienen una enorme complejidad, y son prácticamente irreciclables. Tienen muchos elementos químicos, algunos de ellos muy escasos, y no se diseñan para su reciclaje, lo que genera un grave problema.

En cuanto al cambio climático, lo estamos abordando desde muchos puntos de vista. Primero, a nivel educativo. La IUPAC genera muchos recursos educativos, más allá de la nomenclatura química y de la tabla periódica. Actualmente tenemos en marcha un gran proyecto sobre pensamiento sistémico para relacionar los conceptos químicos con su impacto sobre el medioambiente y el papel de los humanos en el cambio climático. Queremos incorporar la sostenibilidad en la enseñanza de la química desde el principio para que la nueva generación de profesionales químicos sean conscientes y tengan los conocimientos y habilidades necesarios para desarrollar la química circular de la que he hablado anteriormente.



Además, financiamos numerosos proyectos de investigación. Entre los resultados más interesantes quiero destacar aquellos relacionados con la transformación de CO_2 en moléculas de alto valor añadido, de fotoconversión de CO_2 (convertir CO_2 directamente con luz solar, bien sea fotovoltaica o termosolar) y de electroconversión de CO_2 . Además, y gracias al uso del hidrógeno verde, vamos a tener la posibilidad de hidrogenar CO_2 y convertirlo en todo tipo de combustibles limpios que no requieran fuentes fósiles.

Otro gran proyecto en el que estamos trabajando es generar una nueva nomenclatura química, no para los humanos sino para las máquinas, con el objetivo de que la inteligencia artificial, el aprendizaje máquina, sea una realidad en la química. Para ello, los ordenadores deben ser capaces de reconocer las moléculas que describimos en los millones de artículos científicos que hay disponibles. El problema es que no lo entienden porque la nomenclatura química ha sido pensada para los humanos, no para los ordenadores. Para ello, hemos creado un lenguaje nuevo llamado International Chemical Identifier, InChI, un código especialmente diseñado para las máquinas, de manera que la inteligencia artificial sea una realidad en la química y nos ayude a acelerar el descubrimiento científico, especialmente en el campo de la sostenibilidad.

"El los próximos años veremos productos químicos cuya fabricación ha sido diseñada, al menos en parte, por los ordenadores".

Me gustaría destacar un trabajo muy reciente, publicado este año en la revista Nature, en el que, utilizando inteligencia artificial, las máquinas han identificado rutas sintéticas para transformar residuos de la industria química en compuestos farmacéuticos de enorme valor añadido. Estas rutas sintéticas son tan eficaces que los autores de esta investigación están probándolas a escala pre-comercial. Muy probablemente, en los próximos años, veremos productos químicos cuya fabricación ha sido diseñada, al menos en parte, por los ordenadores.

La inteligencia artificial también va a tener un papel fundamental en el descubrimiento científico. También en química. Para ello tenemos que crear, no solo un nuevo lenguaje específico para máquinas, sino también estándares a la hora de gestionar, comunicar y compartir información digital química.

Desde la Presidencia de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada puedo influir en la agenda de la química mundial, mediante grandes acuerdos con organizaciones internacionales y con la capacidad de financiación que tiene la IUPAC.

P

¿Qué pasos habría que dar para acabar con el cambio climático?

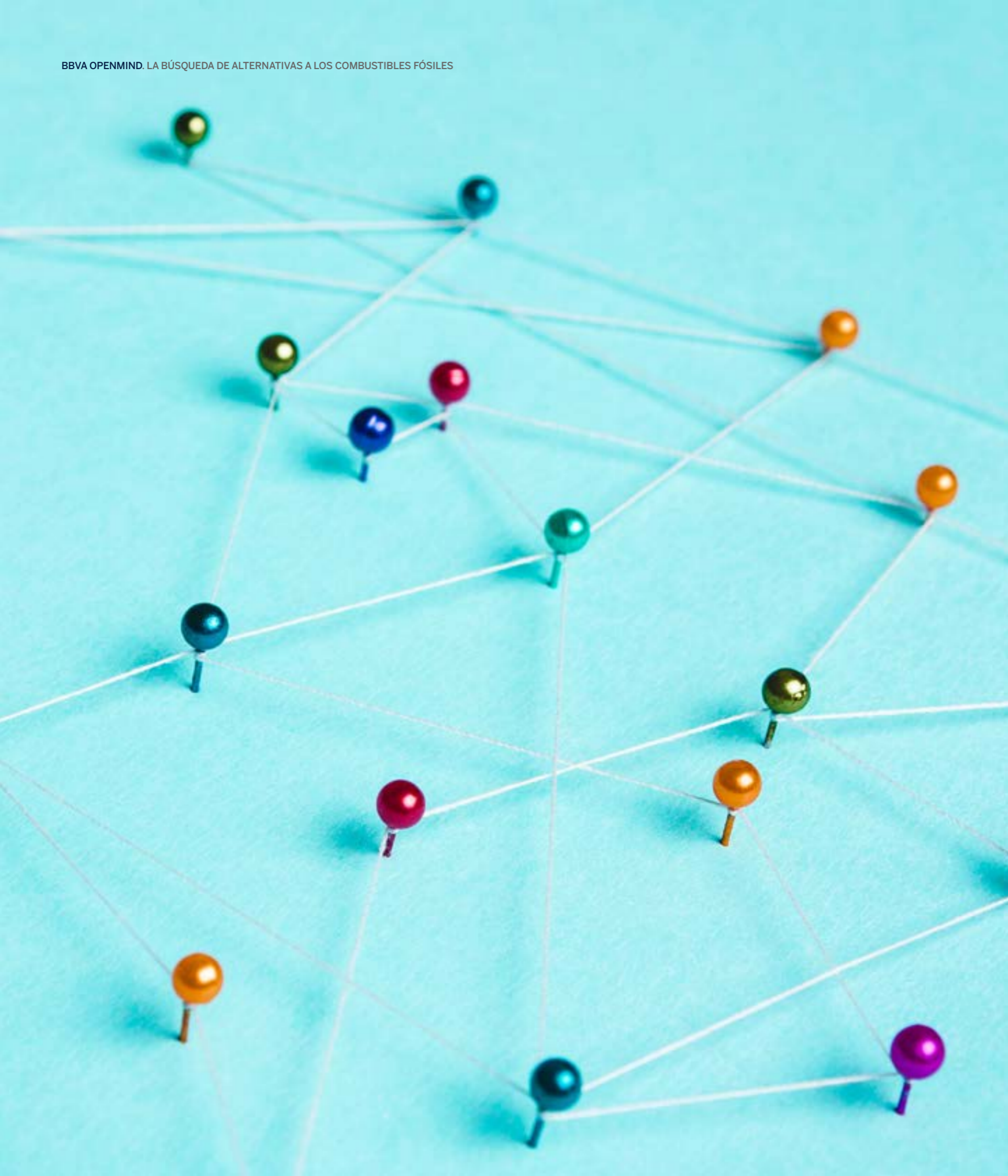
R

En primer lugar, hay que poner plazos. La urgencia debe ser un elemento fundamental a la hora de tomar decisiones. No tenemos tiempo que perder.

Al igual que durante la pandemia se acortaron los plazos y se pusieron todos los recursos necesarios, el cambio climático también tiene ese componente de urgencia.

En segundo lugar, hay que poner a todos los actores en la misma mesa. Debemos conseguir que las soluciones que tienen los científicos lleguen a aquellos actores que tienen que implementarlas, como el sector químico o el energético, así como a aquellos actores que tienen que financiarlas, los bancos, y a aquellos que tienen que regularlas, los políticos. Esto no está ocurriendo actualmente.





En tercer lugar, la ciencia nos va a dar las soluciones, pero no nos va a solucionar los problemas. Para que esas soluciones acaben con el problema del cambio climático hace falta voluntad política, no sólo de nuestros dirigentes sino de todos nosotros, los ciudadanos y consumidores. No hay que esperar a que la ciencia nos resuelva los problemas, sino que los problemas los debemos resolver entre todos.

“La ciencia nos va a dar las soluciones, pero no nos va a solucionar los problemas”.

En cuarto lugar, y quizás lo más difícil de conseguir, es que haya una auténtica cooperación internacional en la lucha contra el cambio climático. En esto soy más pesimista. Los países que

tienen la capacidad financiera y las tecnologías para descarbonizar nuestra economía tienen que compartir recursos con los países que no disponen de ellos ya que necesitan estos recursos para acabar con el cambio climático. Es un tema de justicia climática pero también de inteligencia. Nos conviene a todos adoptar las tecnologías para producir energía de manera más sostenible y ahí tiene que haber financiación. Se tienen que compartir las tecnologías y las mejores prácticas, en interés de todos.

Sin cooperación internacional no hay esperanza. Por un lado es un ejercicio de solidaridad y generosidad de los que tienen los medios para los que no lo tienen, y por otro lado, hacen falta compromisos vinculantes y con plazos bien definidos. Y, por supuesto, hay que poner un precio a la externalidad. El coste medioambiental que tienen las emisiones de CO₂ debe repercutirse en el precio de los productos y por supuesto no subvencionar las tecnologías contaminantes.

Los retos de las energías renovables

ENTREVISTA A:



Ignacio Mártil
de la Plaza

Doctor en Física y Catedrático
de Electrónica en la Universidad
Complutense de Madrid.

P

¿Cuáles son los principales retos a los que nos enfrentamos en la transición energética?

"Si queremos descarbonizar la economía, hay que lograr que el 100% de la energía que consumimos sea energía eléctrica".

R

Hay muchos retos pero destacaría esencialmente dos: electrificar la economía y la movilidad.

La electricidad forma parte de nuestra vida cotidiana. Está presente en todo. Por ejemplo, hacemos esta entrevista por videoconferencia porque hay electricidad, nuestros móviles funcionan porque tienen una batería que suministra energía eléctrica, las luces funcionan gracias a la electricidad, etc.

Sin embargo, la electricidad representa tan solo entre el 15% y el 25% del consumo total de energía, dependiendo del país. Si queremos descarbonizar la economía, hay que lograr que el 100% de la energía que consumimos sea energía eléctrica. ¿Por qué? Porque la podemos obtener con fuentes que no emiten CO₂.

Nos queda aún mucho para lograr ese 100% de energía eléctrica. Para ello es necesario, por una parte, electrificar gran parte de la industria, y por otra, electrificar el transporte, sobre todo la aviación y el transporte marítimo. El reto que queda por delante es ciclópeo.



P

¿Qué papel pueden jugar las energías renovables?



R

Las energías renovables juegan un papel esencial ya que, junto con la energía de fisión nuclear, son las únicas que no emiten CO₂.

Necesitamos todas las energías renovables, en especial la eólica y la fotovoltaica, ya que son complementarias. En invierno no hay tanto sol pero sopla el viento, y en verano sopla poco viento, pero hay mucho sol. Uno de los grandes males que se le achacan siempre a las renovables es que son intermitentes e impredecibles, pero si uno contempla todo el conjunto de renovables como un único elemento que produce energía, esos problemas se minimizan drásticamente. Por lo tanto, necesitamos a las dos.

También se habla de la fisión y de la fusión nuclear como otras fuentes de energía que nos podrían permitir solucionar el problema de la descarbonización. Para mí sin embargo no son alternativas reales. A la fusión nuclear le queda muchísimo camino por delante para que sea una realidad y que sea rentable, tanto a nivel de investigación como económico. Y no tenemos tiempo para esperar.

En cuanto a la fisión nuclear, ésta lleva en el mix energético desde los años 60 y está estancada desde hace mucho tiempo por varias razones, entre ellas la seguridad y la inversión, tanto en tiempo como económica. Para poner en marcha un reactor nuclear de fisión se necesita, en el caso más optimista, entre 10 y 15 años. Esta energía no va a representar nunca un porcentaje mayor de lo que representa hoy en día, es decir alrededor de un cuatro por ciento. Es una cantidad muy poco significativa.

P

¿Cuáles son los principales retos de las energías renovables?

"Necesitamos disponer de procedimientos eficientes y rentables que nos permitan almacenar la energía en aquellos momentos en los que la estamos produciendo pero no la necesitamos".

R

Aquí me voy a centrar en las energías eólica y solar, tanto la fotovoltaica como la termoeléctrica.

Antes hemos hablado de la intermitencia. Otro gran reto relacionado con esto es el almacenamiento de la energía. Necesitamos disponer de procedimientos eficientes y rentables que nos permitan almacenar la energía en aquellos momentos en los que la estamos produciendo pero no la necesitamos. Ese, por ejemplo, es el principal reto de la fotovoltaica. Mientras que la energía fotovoltaica no se esté utilizando para descarbonizar la economía, es decir, para hacer que una industria funcione, para una fábrica de automóviles, una gran acería, o una cementera por ejemplo, esa energía que se está produciendo o la volcamos a la red o la perdemos. Necesitamos poder almacenarla de manera eficiente.

Se habla mucho en estos tiempos del hidrógeno verde y de otros procedimientos, aunque habrá que ver en qué plazo puede resultar viable. En un futuro se obtendrá con procedimientos 100% renovables, se podrá almacenar y transportar, pero a día de hoy aún no es el caso.

Hay otro reto que tiene que ver más con cuestiones políticas que científicas. En este caso hablo en concreto de España. Por una parte, necesitamos que el marco regulatorio de la energía sea un marco estable, es decir, que no dependa de los vaivenes de quien gane o pierda las elecciones. Y por otra parte hay que apostar no solo por el autoconsumo sino también, y sobre todo, por las grandes plantas, tanto fotovoltaicas como eólicas. Hace falta suelo para esto y hay que hacerlo bien.

P

¿En qué líneas de investigación se está trabajando actualmente en energía solar fotovoltaica?

R

Hay varias líneas de trabajo aunque la más importante es mejorar la eficiencia de la tecnología dominante, que es de silicio. La energía solar fotovoltaica es absolutamente eficiente, está casi en los límites de lo que la teoría predice que se puede obtener, y además, según la Agencia Internacional de la Energía, es a día de hoy la forma más barata de producir electricidad.

El problema es que el silicio está llegando a su límite teórico, que está en torno al 29%-30% de eficiencia. Esto significa que de 100 unidades de energía que recibe del sol, tan solo 29 o 30 se transforman en electricidad.

"Hay varias líneas de trabajo aunque la más importante es mejorar la eficiencia de la tecnología dominante, que es de silicio".

Hoy día hay células solares de laboratorio que tienen sobre un 27% de eficiencia, y hay módulos fotovoltaicos que se comercializan que están en niveles del 24%. Estamos ya muy cerca del límite de eficiencia pero necesitamos más.

¿Por qué? La energía solar fotovoltaica, como todas las renovables, es una energía de baja densidad energética, es decir, que para obtener una determinada cantidad de energía necesitas muchas unidades de producción. Por lo tanto, es necesario aumentar su eficiencia.



"La perovskita es un material que absorbe una parte del espectro solar de manera mucho más eficiente que el silicio".

Esto se puede lograr combinando el silicio con otra célula solar que la complemente. Esto es lo que hace la perovskita. La perovskita toma su nombre de un material, una roca, que hay en la naturaleza llamada titanato de calcio (calcio, oxígeno y titanio) y se llama así en honor al mineralogista ruso Lev Perovski. Sin embargo, la perovskita que se utiliza específicamente en las células solares se sintetiza en el laboratorio.

Se trata de un material que absorbe una parte del espectro solar de manera mucho más eficiente que el silicio. Si combinamos, en una estructura que denominamos tándem, una célula solar de silicio, colocándola en la parte de abajo, y una célula solar de perovskita encima, la perovskita absorbe la parte más energética del espectro solar y, a su vez, deja pasar la parte menos energética que será absorbida por el silicio. Combinamos así lo mejor de cada mundo.

En laboratorio se han logrado células solares de esta estructura tándem con una eficiencia del 31%-32%, frente al 27% de eficiencia del silicio solo. Y a nivel semi comercial hay módulos tándem con una eficiencia del 28%, frente al 24% del silicio.

En un plazo no superior a dos o tres años habrá módulos comerciales de tándem de silicio y perovskita con eficiencias del 30%-32%. Esa es la eficiencia que tiene una central nuclear o una central de gas.

P

¿Se podrán incrementar en un futuro estos niveles de eficiencia?

R

Si comparamos los avances en eficiencia del silicio y de la perovskita, no hay duda de que sí, se podrá incrementar esta eficiencia.

Las células solares de silicio surgieron a finales de 1950 y tenían una eficiencia del 15%. Hoy en día tienen una eficiencia del 26%. Es decir, que en 70 años su eficiencia se ha multiplicado por dos.

Si analizamos la perovskita, la primera célula solar apareció en 2009 y tenía una eficiencia del 4%. Hoy en día, las células de perovskita sola, sin silicio, alcanzan una eficiencia del 26%. Con estos datos, imagínate lo que se puede lograr en los próximos cinco años.

Aparte de la eficiencia, otra gran ventaja que tiene la perovskita que se sintetiza en el laboratorio es que los elementos químicos de los que está compuesto (carbono, hidrógeno, nitrógeno, plomo,...) son muy abundantes en la naturaleza. El inconveniente es que precisamente uno de esos elementos, el plomo, es altamente tóxico. De ahí que una de las líneas de trabajo en el campo de las perovskitas sea buscar una alternativa al plomo que permita mantener los mismos niveles de eficiencia. Se ha probado a sustituirlo por estaño pero de momento los resultados no han sido muy prometedores.



P

¿Los paneles solares se pueden reciclar?

R

Hoy en día el reciclaje es uno de los grandes negocios que se están abriendo en el mundo de las energías renovables. Actualmente un 90% de los integrantes de las células solares de silicio se reciclan. Y en unos pocos años esta cifra llegará al 100%.

La energía solar fotovoltaica de silicio utiliza elementos químicos muy abundantes y no tóxicos. Por una parte, el silicio, que es el segundo elemento químico más abundante en la corteza terrestre después del oxígeno. Por otra parte, el aluminio, que es el tercer elemento más abundante en la corteza terrestre. También utiliza la plata, que aunque no haya tanta cantidad como los anteriores elementos, también es abundante. Por último también incorpora cantidades muy pequeñas de otros elementos como el fósforo o el boro, que también son abundantes. En definitiva, todos sus elementos son abundantes y además poco tóxicos, lo que facilita mucho su reciclado.

P

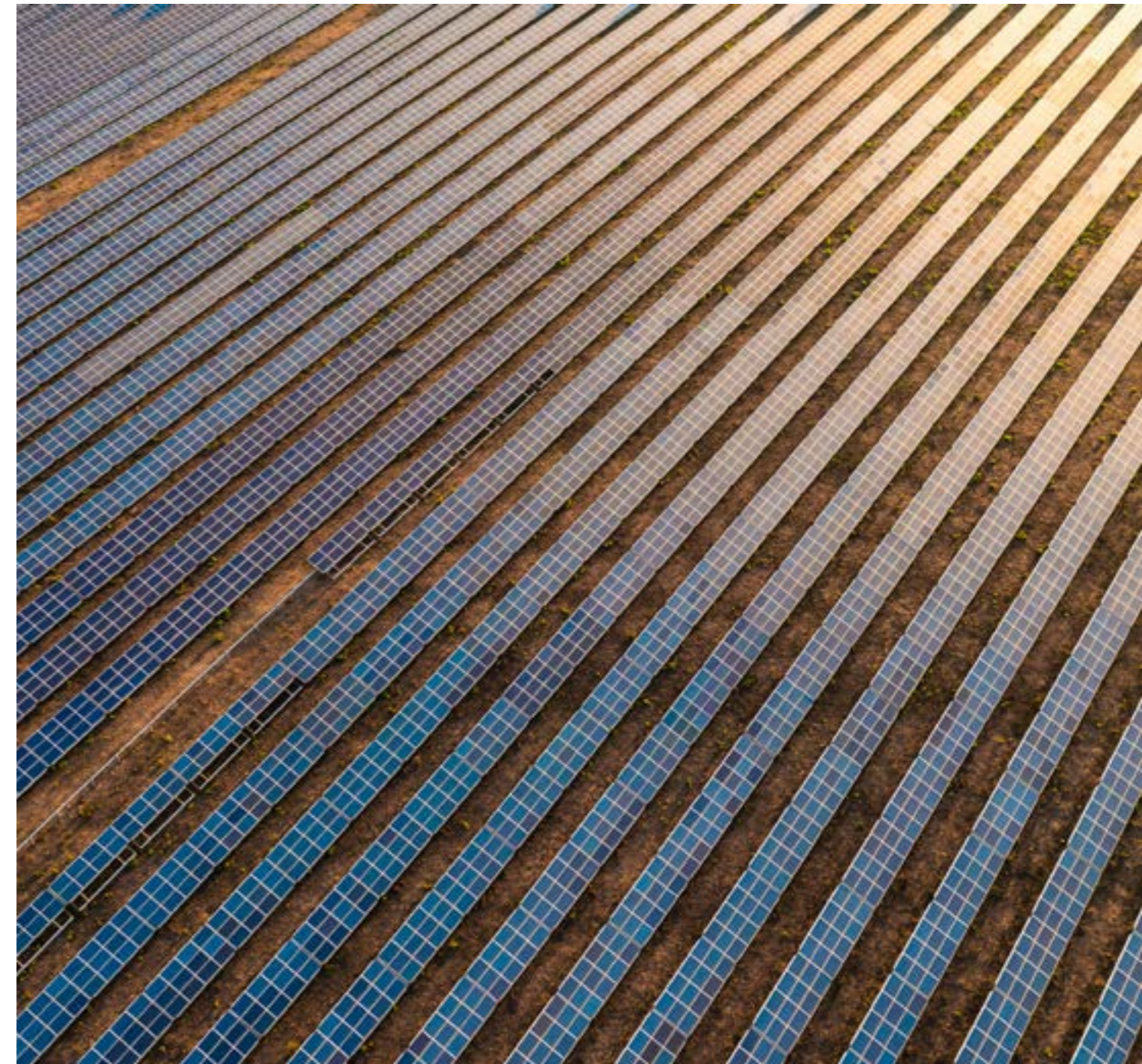
¿Llegarán las energías renovables a sustituir por completo a los combustibles fósiles en un futuro?

R

Esto es un gran debate. Mucha gente pone en duda que sea posible lograr un mix 100% renovable en todo el planeta. Hoy en día hay países como Islandia que lo han conseguido, pero claro, se trata de un país con pocos habitantes y con una geotermia espectacular. Conseguir esto a nivel global es un reto enorme. Pero no queda más remedio que avanzar en esa dirección, aunque ni nosotros, ni nuestros hijos lleguemos a verlo.

"Mucha gente pone en duda que sea posible lograr un mix 100% renovable en todo el planeta."

Además, otro de los grandes retos que tiene cualquier transición energética es que las inversiones en materia de energía son inversiones a larguísimo plazo, es decir, la inercia de los sistemas energéticos es enorme. Transformar un mix energético es un proceso muy largo y muy lento porque las inversiones son muy grandes y sus amortizaciones son también largas.



La fisión nuclear, una tecnología necesaria para la transición energética

ENTREVISTA A:



Carlos Vázquez
Rodríguez

Investigador postdoctoral en
Forschungszentrum Jülich,
Alemania y miembro de
Jóvenes Nucleares.



P

¿Qué es la energía de fisión y qué ventajas tiene frente a otras fuentes de energía?

"Un reactor nuclear es una "máquina" capaz de controlar una reacción de fisión, en la que se libera una cantidad ingente de calor, y convertir ese calor en energía eléctrica".

R

Empecemos por una frase que todos conocemos: la energía ni se crea ni se destruye, se transforma. Hay diferentes formas de transformar energía en energía eléctrica, como por ejemplo transformando la velocidad del viento o la radiación que nos llega del sol. Tenemos, además, varias "máquinas" que transforman calor en energía eléctrica. Un reactor nuclear, por ejemplo, es una "máquina" capaz de controlar una reacción de fisión (mediante la cual se parte en dos el núcleo de un átomo), en la que se libera una cantidad ingente de calor, y convertir ese calor en energía eléctrica.

Se puede generar calor quemando combustibles fósiles, quemando biomasa o usando la fisión nuclear. El concepto de densidad energética, es decir la cantidad de energía que podemos extraer, es muy útil para entender las diferencias entre la fisión nuclear y las otras maneras de generar calor.

La fisión nuclear tiene muchísima más densidad de energía que todas las demás. Podemos sacar muchísima más energía a través de la fisión nuclear que por ejemplo quemando combustibles fósiles. ¿Cuánto más? En una pastilla de combustible nuclear, que tiene el tamaño de un dedo, hay tanta energía como en una tonelada de carbón. Analizando la alta cantidad de energía liberada por una reacción de fisión nuclear, podemos entender muchas de las ventajas de esta tecnología.



En el caso de España, por ejemplo, solo 7 GW de los casi 120 GW de potencia instalada corresponden a la energía nuclear. Pues bien, con ese limitado porcentaje (menor de un 6%), y gracias a su capacidad de generar electricidad más del 90% de las horas del año, las centrales nucleares llevan más de 10 años produciendo el 20% de la energía eléctrica del país. La capacidad de producir de manera continua es la gran ventaja de la energía nuclear respecto a las energías renovables, que dependen de las condiciones climáticas. Por hacernos una idea, la energía eólica genera cantidades similares de energía eléctrica con casi 30 GW instalados, el 25% de la potencia total.

Otra ventaja de la fisión nuclear, que comparte con las renovables, es que se trata de un proceso *limpio* en el sentido de que no se producen gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático. Sin duda, estas son las tecnologías que deben desplazar de nuestro sistema al carbón y al gas fósil.

"Gracias a la enorme densidad energética de la fisión nuclear, sería viable almacenar combustible sin depender de ningún país externo".

Por última, otra gran ventaja de la nuclear respecto a los combustibles fósiles se da en la seguridad energética, un término que lleva meses en la boca de todos. Gracias a la enorme densidad energética de la fisión nuclear, sería viable almacenar combustible sin depender de ningún país externo. De hecho, podríamos almacenar combustible nuclear para veinte años de operación de todas nuestras centrales nucleares en el espacio de un campo de fútbol. Esto no es ni técnica ni económicamente viable con los combustibles fósiles como el carbón, el gas o el petróleo. De ahí la crisis energética actual. Al ser mucho menos densos energéticamente, no podemos almacenar cantidades suficientes de estos combustibles para cubrir las necesidades, lo que hace necesario comprar e importar continuamente.

P

A pesar de todas esas ventajas, la energía nuclear tiene fama de insegura y generadora de residuos peligrosos. **¿Cómo de peligrosas son las centrales nucleares?**

R

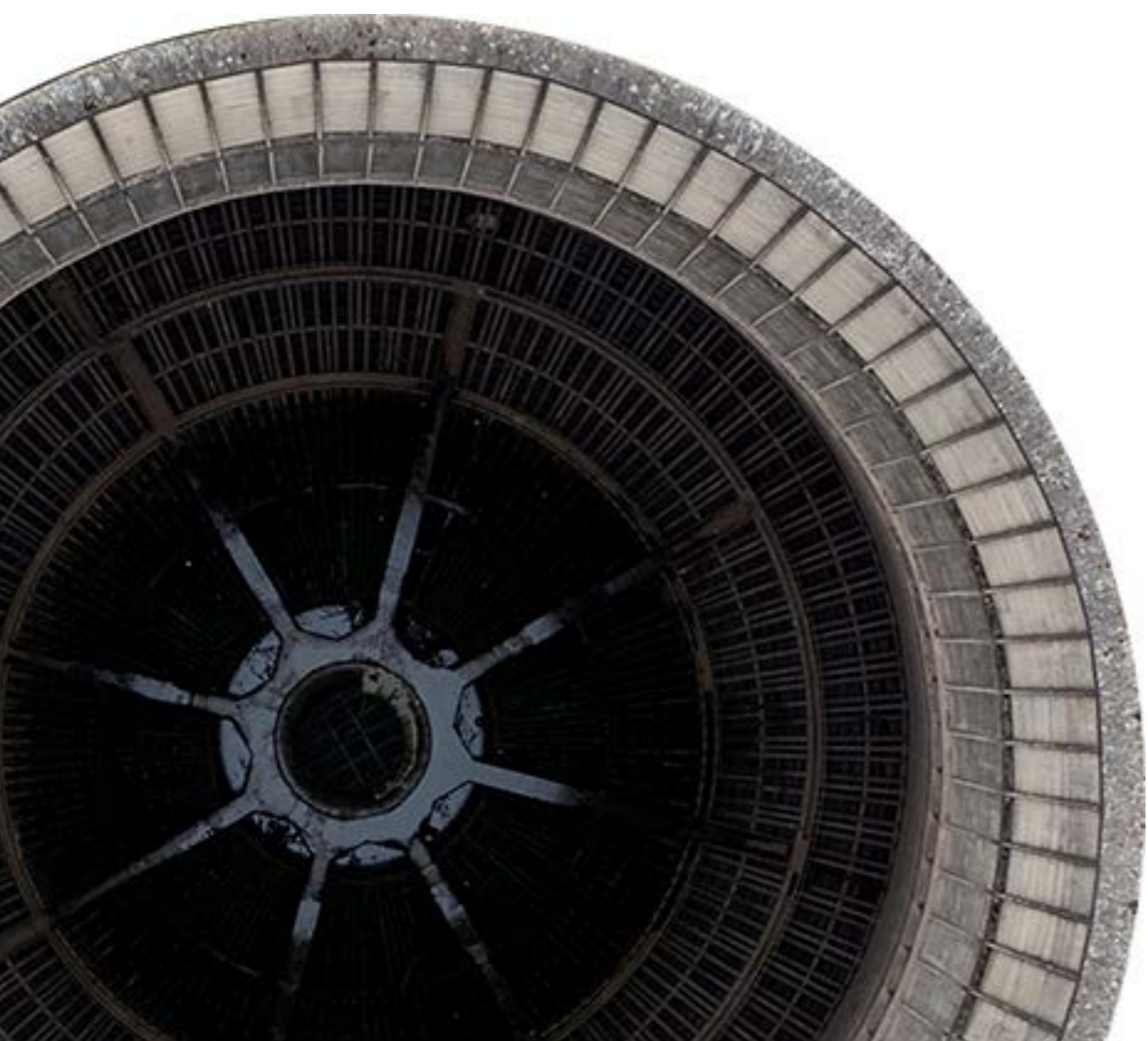
La energía nuclear, de nuevo por la densidad energética, por tener tanta energía controlada concentrada en un espacio tan pequeño, tiene unos evidentes riesgos potenciales. Es evidente que estos riesgos potenciales hay que controlarlos, y sin duda, la ciudadanía, y aún más los técnicos, debemos exigir a la industria nuclear los más altos estándares de seguridad.

Como técnico muy exigente con los estándares de seguridad de nuestras centrales, y prueba de ello es que he decidido dedicar mi vida a estudiarlos, puedo afirmar que nuestras centrales nucleares cumplen esos altísimos estándares de seguridad que debemos exigirles. De hecho, las centrales nucleares españolas se colocan repetidamente en los puestos más altos del ranking de centrales nucleares más seguras del mundo.

"Las centrales nucleares españolas se colocan repetidamente en los puestos más altos del ranking de centrales nucleares más seguras del mundo".

Es complicado elaborar en un espacio tan corto una justificación elaborada de lo que acabo de decir, pero es importante poner el "problema" de la seguridad en perspectiva. ¿Cuál es el impacto en la salud de la alternativa a asumir los riesgos potenciales de la energía nuclear? Pues la contaminación atmosférica asociada al uso de los combustibles fósiles produce varios millones de muertes cada año, según la Organización Mundial de la Salud.

No somos conscientes del cambio tan brusco y tan radical que tenemos que conseguir para prescindir de los combustibles fósiles, de los que sacamos el 90% de la energía que consumimos. Y el reto será aún mayor si queremos prescindir de los combustibles fósiles sin contar con la energía nuclear. Necesitamos todas las fuentes limpias de generación de energía, no podemos prescindir de ninguna de ellas.



P

¿Qué residuos tiene una central nuclear y cómo se gestionan?

"En el caso de España, por ejemplo, los residuos de alta actividad generados por todas las centrales nucleares del país durante los más de 40 años que llevan en funcionamiento cabrían en cinco piscinas olímpicas".

R

El 90% de los residuos que produce una central nuclear son muy similares, a nivel de radiotoxicidad, a los generados por un hospital, por aplicaciones industriales, o a otros elementos radiactivos que están presentes en nuestro día a día. No son preocupantes. La gestión compleja es para el 10% restante, los residuos de alta actividad. Se trata básicamente del combustible gastado de las centrales nucleares. Este tipo de combustible tiene dos grandes problemas. Por una parte, es muy radiotóxico, por lo que hay que tenerlo bien confinado y controlado. Y por otra, su radiotoxicidad dura decenas de miles de años, con lo que hay que gestionar estos residuos a muy largo plazo.

Sin embargo, estos residuos dejarán de ser radioactivos en algún momento, a diferencia de otros residuos tóxicos que se producen en distintos procesos industriales químicos, que nunca dejarán de serlo. Además, el volumen de estos residuos es ínfimo, mucho menor que el de estos otros residuos tóxicos. Se saca tanta energía con tan poca cantidad de combustible (destaca de nuevo la relevancia de la densidad energética), que la cantidad de residuo que queda es mínima. En el caso de España, por ejemplo, los residuos de alta actividad generados por todas las centrales nucleares del país durante los más de 40 años que llevan en funcionamiento cabrían en cinco piscinas olímpicas.



Por lo tanto, a nivel volumétrico no son un problema ni tampoco lo es su gestión ya que las tecnologías que necesitamos para controlar y para gestionar estos residuos están disponibles.

Hoy en día el gran problema de la gestión de los residuos es la incapacidad que hay para llegar a consensos sociales y políticos a la hora de decidir una estrategia óptima para gestionarlos. Esto no ocurre en algunos países como Suecia o Finlandia, que cuentan con procesos de participación ciudadana más avanzados que en otros países como España. Allí ya se está construyendo la solución definitiva, llamada almacenamiento geológico profundo. Se trata de territorios, identificados por técnicos, que son geológicamente óptimos para construir almacenamientos definitivos gracias a que se puede asegurar que estarán aislados de cualquier capa de la biosfera durante decenas de miles de años.

Y es que si hay algo en lo que tanto nucleares como antinucleares deberían estar de acuerdo es en que los residuos que ya se han producido tienen que gestionarse de forma segura y adecuada. Esa falta de consenso es la principal barrera de cara a implementar una solución definitiva, no es un problema ni técnico ni económico, como así ha reconocido la Comisión Europea en el informe que motivó la inclusión de la energía nuclear como tecnología de transición en la Taxonomía Verde.

P

¿Cuáles son los principales retos a los que se enfrenta la energía nuclear y cómo se están abordando?

"Uno de los principales retos es completar los proyectos en plazo y en coste".

R

Uno de los principales retos, sobre todo en occidente, es cumplir los plazos de construcción de los nuevos reactores nucleares. Los últimos proyectos que se han construido han tenido grandes retrasos, lo que ha supuesto enormes sobrecostes. De media, o mediana para ser más exactos, el plazo de construcción de un reactor está entre siete y ocho años. Sin embargo, en occidente hay algunos que han tardado hasta 15 años en construirse mientras que en países como China tardan seis años, cumpliendo con todos los estándares de seguridad. Lo mismo ocurre en Corea del Sur. Por lo tanto, los retrasos en la construcción no son una cuestión intrínseca a la tecnología, y el gran reto para occidente es completar los proyectos en plazo y en coste.

Otro gran reto que tiene la energía nuclear es precisamente la fama de "mala" que mencionabas en una pregunta anterior. Sin embargo, si evaluamos a la energía nuclear de forma objetiva, vemos que cuenta con todas las características que estaríamos buscando en una nueva energía para realizar la transición energética (energía limpia, continua, y con alta densidad energética). Si no fuera con esa pesada "mochila", esa mala fama y oposición social en cierto países, todos los inversores del mundo estarían apostándolo todo para solucionar el principal reto de la energía nuclear, que es bajar sus costes. Algo que se lleva haciendo casi 30 años para la solar y la eólica, que aunque fueran demasiado caras en el pasado, ahora son las más competitivas gracias a la continua inversión en las mismas.



"Otro gran reto que tiene la energía nuclear es la mala fama y oposición social".

De ahí que el otro gran reto para la nuclear sea la comunicación, la pedagogía, hablar e interactuar directamente con el público general y con la clase política para poner nuestras capacidades encima de la mesa y demostrar lo útil e imprescindible que es la energía nuclear para la lucha contra el cambio climático.

Por suerte estamos viendo una evolución a nivel internacional que nos lleva en ese camino. Hay muchos países que están empezando a invertir muy en serio en energía nuclear y se observa un claro cambio de tendencia desde hace unos cinco años. Francia, por ejemplo, tiene previsto construir entre ocho y 14 reactores en los próximos 15 años. El Reino Unido tiene dos reactores en construcción y acaba de aprobar la construcción de otros dos. Estados Unidos tiene seis o siete proyectos muy avanzados de reactores modulares. China, India y Rusia llevan décadas con ambiciosos planes nucleares activos. Vemos cambios de políticas en Corea del Sur, Japón, Holanda, Suecia, Polonia... En definitiva, en prácticamente todas las grandes economías del mundo se está hablando de construir nuevos reactores o de alargar la vida de los que ya hay.

P

¿Los reactores que se construyen hoy son muy diferentes a los que se construyeron hace 50 o 60 años? ¿Ha evolucionado mucho la tecnología?

"Los diseños actuales se diseñan para superar los retos de los reactores convencionales".

R

Es espectacular. A mí me gusta llamarla la energía nuclear del siglo XXI.

Los diseños actuales se diseñan para superar los retos de los reactores convencionales que hemos ido comentando a lo largo de la entrevista. Por ejemplo, las centrales nucleares en la actualidad operan en general siempre a su máxima potencia, y en los próximos años va a ser necesario flexibilizarlas. En el caso de España, por ejemplo, en verano, en las horas centrales del día, podremos producir prácticamente toda nuestra electricidad con energía solar. Por eso necesitaremos que las centrales nucleares se adapten. Pues los nuevos reactores se diseñan para ello.

Por otra parte, la transición energética no es solo electricidad. Es necesario descarbonizar todos y cada uno de los procesos que hacemos. Y en la producción de calor, para hogares y para las industrias, tenemos un reto aún mayor que el de la electricidad. Hay muchos sectores que son mucho más difíciles de descarbonizar que la electricidad. Pues los nuevos reactores se diseñan para ello.

Se están diseñando reactores pensados para producir hidrógeno, China ya opera reactores destinados a producir calor para procesos industriales como la producción de acero u otros procesos que emiten mucho CO₂. También se está trabajando en reactores para desalinizar agua en lugares donde no haya agua potable o en reactores transportables para llevar electricidad a lugares remotos que no tienen redes eléctricas establecidas, como ya ha conseguido Rusia en Siberia con su famoso reactor flotante.

¡Hasta hay reactores en avanzados niveles de desarrollo pensados para reducir los tiempos de gestión de los residuos radiactivos de decenas de miles a unos pocos cientos de años! Además, este proceso, llamado transmutación, puede generar más combustible del que se consume. En la práctica, esto convertiría a la energía nuclear en una energía renovable, y por eso está atrayendo a inversores tan ilustres como Bill Gates.

En definitiva, los avances tecnológicos en la energía nuclear tienen la capacidad de aportar soluciones a muchos de los grandes retos de la transición energética.

P

¿Qué papel debería jugar la energía nuclear en el mix energético internacional a futuro?

R

En la transición energética el papel principal lo deben de tener las tecnologías renovables. Tienen que ser las protagonistas del cambio que tenemos que hacer en la manera de generar y consumir energía. Pero la energía nuclear también tiene un papel que jugar. No hay ninguna duda de ello.

Las energías renovables necesitan un acompañamiento, al menos durante los próximos 30 o 40 años o hasta que haya alguna disrupción

"Las energías renovables necesitan un acompañamiento, y este acompañamiento tiene que hacerlo la tecnología nuclear".

tecnológica que nos permita producir energía de forma continua, sin depender de condiciones climáticas, o almacenar de forma eficientes las ingentes cantidades de energía que consumimos diariamente. Y este acompañamiento tiene que hacerlo la tecnología nuclear.

Lograr la descarbonización para 2050 es clave para el futuro del planeta. El reto para cumplir nuestros objetivos de reducción de emisiones es tan mayúsculo, que no sería inteligente prescindir de ninguna de las tecnologías bajas en carbono que tenemos disponibles. La nuclear lleva más de cuarenta años generando un alto porcentaje de la energía limpia del planeta, y así debe de seguir siendo.



Presente y futuro de la fusión nuclear

ENTREVISTA A:



Isabel García Cortés

Doctora en Ciencias Físicas e investigadora en el Laboratorio Nacional de Fusión del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT).

P

¿Qué es la fusión nuclear y qué diferencia hay con la fisión nuclear que se lleva a cabo en las centrales nucleares?

“La fusión nuclear consiste en la unión de dos núcleos de elementos ligeros para conseguir un elemento más pesado desprendiendo a su vez gran cantidad de energía”.

R

Tanto la fisión nuclear como la fusión nuclear son energías que provienen del núcleo de los átomos, por eso se llaman nucleares. Se diferencian en que la fusión obtiene energía mediante la unión de dos núcleos, mientras que en la fisión se produce a partir de la separación de un núcleo pesado en dos más ligeros.

La fisión de un núcleo de un elemento pesado de la tabla periódica libera gran cantidad de energía como sabemos por las centrales nucleares de fisión que se extienden por el planeta. Sin embargo la fusión nuclear consiste en el proceso inverso, es decir, la unión de dos núcleos de elementos ligeros para conseguir un elemento más pesado desprendiendo a su vez gran cantidad de energía.

El proceso de fusión es el que se produce en todas las estrellas del universo. El Sol, por ejemplo, produce tanta energía porque en él se llevan a cabo continuamente las reacciones de fusión. Es decir, el calor que llega a la Tierra y que alimenta la vida en ella es debido a los procesos de fusión de núcleos de átomos de hidrógeno para dar helios. La investigación en fusión pretende simular los procesos del sol de manera controlada en la Tierra para ser usada como nueva fuente de energía que pueda dar respuesta a la demanda creciente de consumo energético de la humanidad.

Hace 70 años, cuando se inició la búsqueda de esta fuente de energía, los investigadores se fijaron precisamente en los procesos de las estrellas. Sin embargo, algo que en ellas parece sencillo, resulta ser uno de los mayores retos a los que nos estamos enfrentando en la actualidad.



P

¿Qué ventajas y desventajas tiene la fusión nuclear con respecto a la fisión nuclear?

“Una central de fusión será mucho más compleja técnicamente que una central de fisión”.

R

Tengo que decir que la principal desventaja de la fusión frente a la fisión es que aún no la tenemos puesta en marcha, no existen reactores de fusión suministrando energía como hacen las centrales de fisión. Además, es mucho más difícil tecnológicamente. Con lo que sabemos hoy en día, una central de fusión será mucho más compleja técnicamente que una central de fisión.

En cuanto a sus ventajas, hay muchas. Para empezar, usa un combustible, el hidrógeno, que se encuentra fácilmente en la naturaleza, con lo que en principio tendríamos combustible inagotable. Por otra parte, la fusión nuclear no tiene reacciones en cadena porque en el caso de los reactores por confinamiento magnético, por ejemplo, los procesos se mantienen únicamente si existe una botella magnética que los mantenga estable y alejados de las superficies materiales. Si desconectamos dicho campo magnético, las reacciones se apagan, el combustible se enfría y termina siendo un gas de hidrógeno sin peligro alguno. No hay reacciones en cadena, a diferencia de la fisión, donde éstas pueden suponer un proceso difícil de controlar dado el caso.

Por último, los residuos que se generan en la fusión nuclear son de media o baja actividad, a diferencia de los residuos de las centrales de fisión, que duran centenares e incluso miles de años. Aunque no hay que olvidar que la energía de fusión también es nuclear y por lo tanto necesitará de una supervisión y una gestión de sus residuos de acuerdo con la legislación que marquen las autoridades competentes en temas nucleares.

P

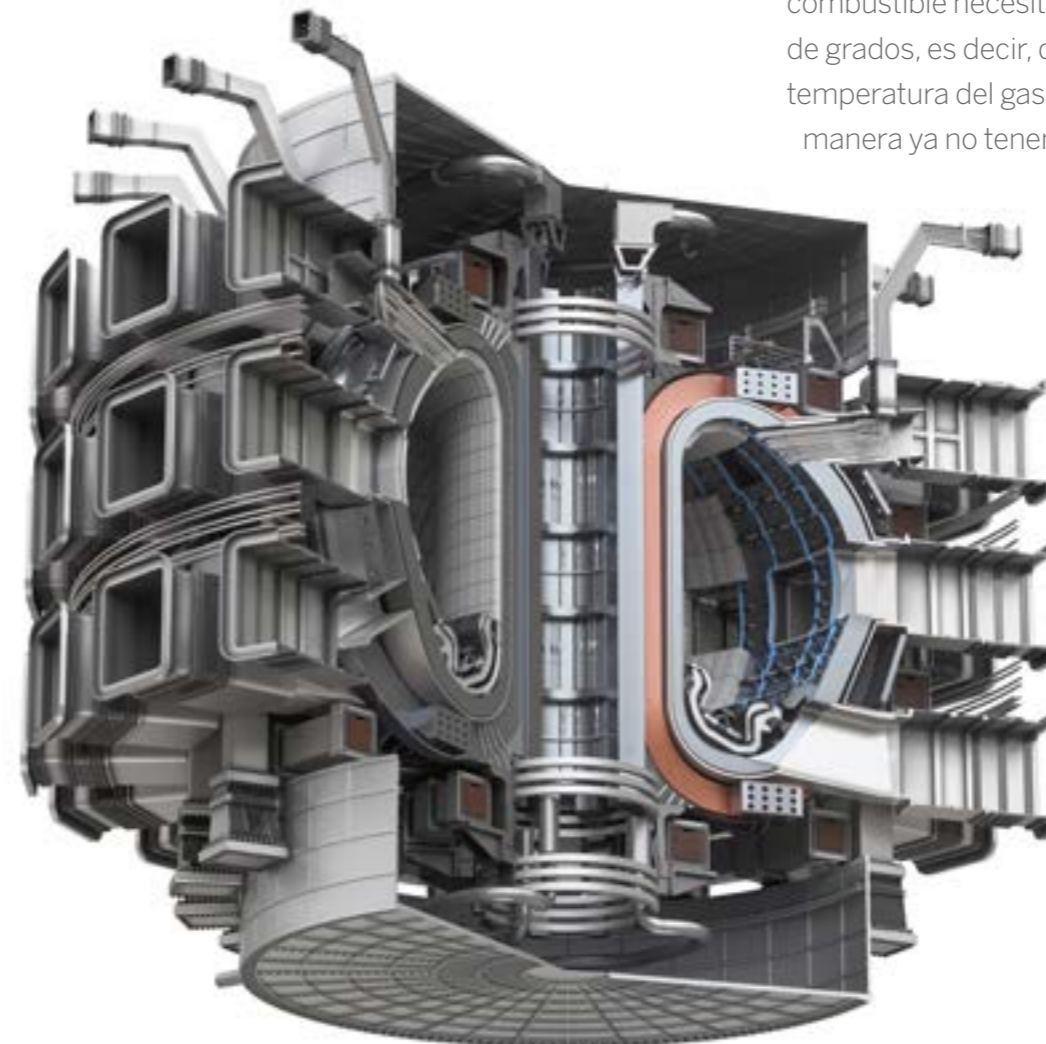
¿Cómo funciona un reactor de fusión?

R

En un reactor de fusión por confinamiento magnético hay distintos procedimientos básicos. El primero es donde hacemos la fusión, cómo es el contenedor del combustible, en nuestro caso tiene la forma de un gran donut hueco donde se hace el vacío para asegurar que no entre ningún otro elemento que esté en el aire y trabajar así únicamente el hidrógeno.

Una vez hecho el vacío en nuestra cámara necesitamos el combustible. El hidrógeno se introduce en forma de gas el que necesitará ser calentado para que los núcleos tengan la oportunidad de fusionarse. Para ello el combustible necesitan estar a cientos de millones de grados, es decir, debemos subir mucho la temperatura del gas en la cámara y de esta manera ya no tenemos un gas neutro, en el

que los electrones están unidos a los protones y al núcleo, sino que los electrones (carga negativa) se desprenden de sus núcleos de carga positiva y forman lo que se denomina el plasma. El plasma es nuestro combustible. Es el cuarto estado de la materia: un gas ionizado a muy alta temperatura.





Por último debemos poner en marcha imanes que generen una botella magnética capaz de confinar dicho plasma (al ser un gas ionizado las partículas seguirán las líneas de campo magnético) y así se evita que se acerque a las paredes. Estos pasos requieren en los reactores de última generación el uso de alta tecnología. Por ejemplo, se usan bobinas superconductoras para conseguir campos magnéticos más altos y con ello sean más eficaces en su cometido de confinar y mantener todas las partículas atrapadas y que no terminen en las paredes. En este aspecto el desarrollo de bobinas superconductoras es uno de los avances científicos que han venido a ayudar a la tecnología de fusión.

Una vez que se pone todo esto en marcha y se mantiene un tiempo lo suficientemente largo, las partículas empiezan a fusionarse y empiezan las reacciones. El calor desprendido de este proceso además de para suplir energía a la red se usará para calentar el propio plasma y así poder prescindir de los sistemas de calentamiento necesarios para iniciar las reacciones.

Aunque existen muchos experimentos en marcha que nos ayudan a tener un conocimiento avanzado de cómo podrán ser los reactores de fusión y poder así suplir con energía a la red eléctrica, lo cierto es que aún no existe un prototipo de reactor de fusión en marcha. La demostración de que ese reactor pueda dar energía suficiente para contrarrestar el gasto energético que supone encender las reacciones de fusión es lo que pretende dilucidar el reactor ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*), un proyecto internacional que de aquí a 10 años deberá darnos respuesta a esa y otras muchas preguntas en el camino hacia el diseño de un reactor comercial.

P

¿Qué es ITER? ¿Qué objetivo persigue?

“Se trata de una colaboración internacional de 35 países, que busca dar respuesta a las grandes preguntas de la fusión”.

R

ITER es el gran sueño en el camino hacia la fusión. Cuando yo empecé en la fusión hace muchos años, ya se hablaba de ITER. Es un proyecto que ha ido evolucionando, pasando de ser una máquina relativamente sencilla y no tan ambiciosa hasta lo que es hoy en día que es un proyecto de gran envergadura donde confluyen muchos sistemas que llevan al límite la tecnología.

Ha tenido sus altos y sus bajos, modulado con el coste de los combustibles fósiles. La gran apuesta por la investigación en la energía de fusión surge con la crisis del petróleo de la década de los 70. Después, con el precio del petróleo barato, ha habido un estancamiento en el esfuerzo inversor en esta nueva fuente de energía con lo que las investigaciones han avanzado más lentamente. Lo mismo ha sucedido con proyectos como ITER.

Actualmente ITER está muy avanzado. Se trata de una colaboración internacional de 35 países (los 27 países de la Unión Europea, Suiza, Reino Unido, China, India, Japón, Corea del Sur, Rusia y EE.UU.), que busca dar respuesta a las grandes preguntas de la fusión como si es viable la fusión controlada como fuente de energía estable. Y es que sabemos que las reacciones de fusión se producen pero necesitamos saber también si podemos controlarlas de manera estable y predecible. No podemos tener inestabilidades del plasma de los muchos sistemas necesarios para la central, que no asegure la continuidad deseada en el suministro de energía.

ITER no es un reactor comercial pero es necesario para aprender y decidir el camino seguro hacia dicha central de energía de fusión.



P

¿Cuáles son las principales dificultades que hay para lograr un reactor de fusión?

“Las reacciones más eficaces y las que nos llevarían a tener energía más fácilmente son las de deuterio y tritio”.

R

Hay muchos retos y para muchos de ellos no habrá respuesta hasta que ITER no esté en funcionamiento.

Por ejemplo, hemos dicho que manejamos hidrógeno. Pero en realidad el hidrógeno está compuesto de tres elementos: el hidrógeno, el deuterio y el tritio. El hidrógeno no tiene neutrones en su núcleo, el deuterio tiene uno y el tritio tiene dos. Las reacciones más eficaces y las que nos llevarían a tener energía más fácilmente son las de deuterio y tritio. El deuterio está en el agua del mar, es fácil de obtener, pero el tritio no. Es un elemento que sólo tiene nueve años de vida media y hay que producirlo inicialmente en una central de fisión. Necesitamos tenerlo disponible para poder iniciar las reacciones de fusión en ITER o en futuros reactores.

En las reacciones un tritio más un deuterio da como resultado un helio más un neutrón de alta energía. El neutrón cede su energía en un manto de litio situado en la primera pared de la vasija. El litio del manto reacciona con el neutrón y da como resultado de nuevo el tritio que será necesario captar y reconducir de nuevo hacia el plasma para seguir alimentando las reacciones de fusión. Por lo tanto, el tritio tiene que ser reciclado, para que la fusión sea rentable. Y el proceso de captar ese neutrón en unos materiales especiales de la primera pared del reactor se probarán en ITER.

“Es clave el gran acelerador de partículas IFMIF-DONES que se proyecta construir en Granada”.

Otro reto lo encontramos en los materiales. ¿Cómo van a reaccionar los materiales ante tanto flujo de neutrones? Y no sólo esa primera pared sino también los materiales de las estructuras y de los sistemas adyacentes al reactor. Los neutrones los atraviesan y tenemos que tener la seguridad que no pierden sus propiedades ni la primera pared, que es fundamental en la recuperación del tritio, ni en la estructura, ni los diferentes diagnósticos básicos en el control del plasma etc.

Otro de los retos es el desarrollo de nuevos materiales específicos que soporten las condiciones de los futuros reactores de fusión. Y para esto es clave el gran acelerador de partículas IFMIF-DONES que se proyecta construir en Granada y que es un proyecto impulsado y desarrollado desde CIEMAT en colaboración con la Universidad de Granada. Servirá de banco de pruebas para testear y desarrollar los materiales óptimos para las futuras plantas de fusión.

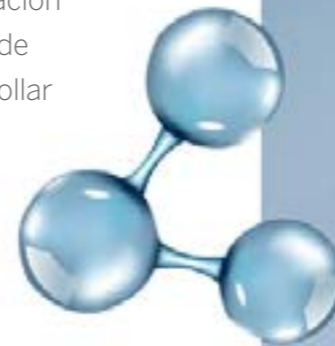
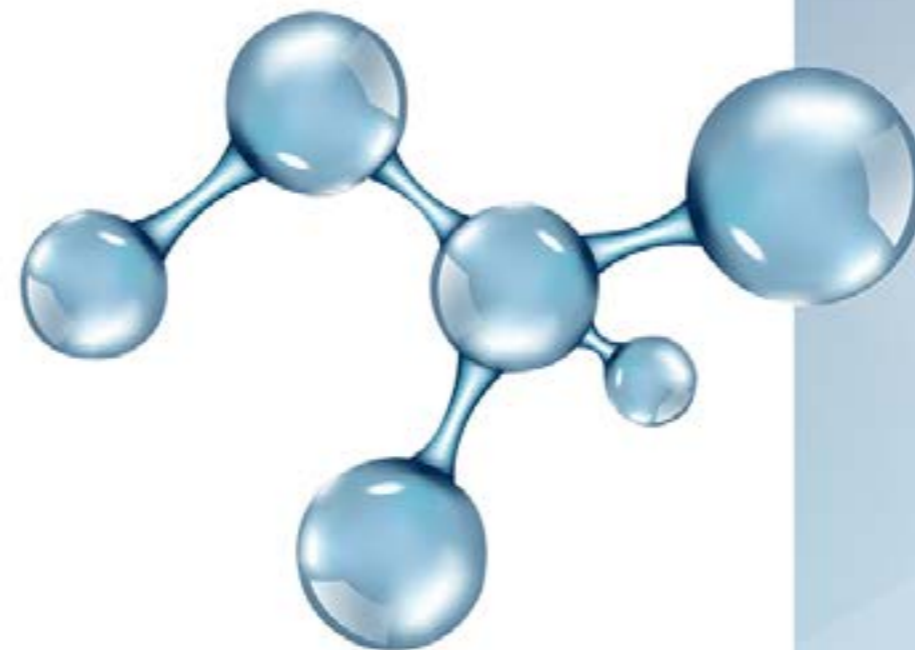
En definitiva, hay muchas incógnitas.

P

Es investigadora en el Laboratorio Nacional de Fusión, del CIEMAT. **¿Qué se investiga allí?**

R

El buque insignia de nuestro laboratorio es el dispositivo de fusión TJ-II, sito en CIEMAT (en su sede de Moncloa) y que produce plasmas desde finales del siglo pasado. Está dentro del proyecto europeo para el desarrollo de la fusión como fuente de energía y colaboramos con otras instituciones internacionales para tratar de dar respuesta a diferentes aspectos del confinamiento magnético. Como ejemplo, cuál es la influencia de las diferentes configuraciones magnéticas en el confinamiento del plasma.



"El buque insignia de nuestro laboratorio es el dispositivo de fusión TJ-II, que produce plasmas desde finales del siglo pasado".

La construcción de máquinas para investigar el plasma en condiciones de fusión y su operación tiene un alto coste por lo que la inversión en esta rama de la ciencia está centralizada en los laboratorios que albergan estos dispositivos. En España por ejemplo el centro de referencia es el CIEMAT por albergar el TJ-II. Además cada dispositivo tiene características únicas y aborda o está especializado en líneas de investigación concretas con vistas a que todo el conocimiento confluya en el desarrollo de dispositivos de última generación.

En nuestro laboratorio, además de la investigación en el TJ-II han ido surgiendo diferentes grupos de trabajo de gran éxito. Tenemos investigadoras por ejemplo que colaboran con JET (U.K), el único dispositivo capaz de simular condiciones de reactor. Ellas han conducido algunos de estos experimentos recientemente y sus resultados tendrán gran impacto en el desarrollo de ITER y futuras máquinas.

Somos un grupo multidisciplinar por ello tenemos gran capacidad de abordar desarrollos tecnológicos relacionados con la energía de fusión. Por ejemplo, desde CIEMAT se coordina el diseño de diferentes sistemas de diagnósticos y de control de ITER que serán clave para su puesta en marcha y su explotación científica. Otro de los grupos importantes en nuestro laboratorio es el del desarrollo de la infraestructura IFMIF-DONES que debe dar respuesta al reto de los materiales de los reactores de fusión.



"Somos un grupo multidisciplinar por ello tenemos gran capacidad de abordar desarrollos tecnológicos relacionados con la energía de fusión".

En mi grupo estudiamos un método alternativo para alimentar el plasma mediante pastillas sólidas de hidrógeno de un milímetro de diámetro, a temperatura de criogenia (4 grados kelvin) que inyectamos a alta velocidad para alcanzar fácilmente el centro del plasma, donde se dan las condiciones óptimas para las reacciones de fusión. En TJ-II hemos observado que dicha forma de introducir el combustible en el plasma nos amplía el rango operacional del TJ-II con mejor calidad del plasma y mejor confinamiento obteniendo récords en estos parámetros. Es una colaboración entre tres laboratorios de España, Alemania, Japón y los resultados tienen impacto en el desarrollo de estos sistemas para futuros reactores.

P

¿Qué papel jugará en el futuro la fusión nuclear dentro del mix energético internacional?

R

Aún quedan obstáculos que superar, es la razón por la que la mayor parte de la inversión en esta energía está sustentada con fondos públicos. Porque si existiera una seguridad absoluta de que las centrales de fusión son totalmente rentables su construcción y desarrollo habría pasado ya a manos de las grandes compañías eléctricas.

Pero yo creo que el ser humano está acostumbrado a superar retos que a generaciones enteras le han podido parecer retos imposibles por lo que sí creo que las centrales de fusión serán una realidad en un futuro no muy lejano.

"El futuro del mix energético debería ir encaminado al uso de renovables más nucleares, imprescindible para avanzar en la descarbonización del planeta".

¿Qué papel van a jugar? Tendrá un papel, pero no va a solucionar todo el problema de la energía. El ser humano es un gran consumidor de energía y estoy segura que habrá que echar mano de todas las fuentes que estén a nuestro alcance.

Se debería tener mucho más cuidado con el medioambiente e intentar reducir nuestra dependencia de los combustibles fósiles. El futuro del mix energético debería ir encaminado al uso de renovables más nucleares, imprescindible para avanzar en la descarbonización del planeta.

¿Cómo será el futuro? Difícil de imaginar con los cambios geopolíticos que observamos últimamente. Estos cambios tienen gran influencia en las decisiones sobre política energética de los países y lo que en un momento dado puede ser prioritario como el cierre de las centrales nucleares en Alemania, en otro momento puede ser visto como un salvavidas ante la escasez o la imposibilidad de importar productos necesarios para producción de energía, en este caso el gas.

Algunos estudios sociológicos apuntan a que las centrales de fusión sustituirán el abastecimiento por energía de fisión cuando se vayan agotando sus recursos, pero esto, como digo forma parte del largo plazo y es difícil de prever.



La conversión del plástico en combustible

ENTREVISTA A:



Marta Muñoz Hernández

Profesora e investigadora, Área de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Universidad Rey Juan Carlos.

P

¿Qué es la Ciencia de los Materiales?

"Es la rama científica que se encarga de estudiar la estructura de la materia, tanto a nivel microscópico como macroscópico".

R

La Ciencia de los Materiales es la rama científica que se encarga de estudiar la estructura de la materia, tanto a nivel microscópico como macroscópico. Esta estructura atómica está íntimamente relacionada con las propiedades que presentan los materiales.

Esta ciencia está vinculada también con la ingeniería de los materiales, que relaciona propiedades, estructura y sus diferentes técnicas de procesado, es decir, las distintas tecnologías de fabricación que permiten diseñar nuevos productos con diferentes aplicaciones.

Los materiales tienen aplicaciones en muchos ámbitos de la sociedad en el transporte, en la medicina, la energía, mecánica, ecología, nanotecnología, etc.... La ciencia de los materiales nos envuelve completamente en nuestro día a día: dónde vivimos, dónde trabajamos, el medio de transporte que usamos para desplazarnos, la ropa con la que nos vestimos..., Todo está fabricado con materiales y es importante estudiar sus estructuras, sus propiedades y sus aplicaciones.

P

¿Qué tipos de materiales hay?

"Existen muchas clasificaciones de los materiales, una de las más habituales los divide en cuatro grandes grupos: metálicos, cerámicos, plásticos y compuestos".

R

Existen muchas clasificaciones de los materiales, una de las más habituales los divide en cuatro grandes grupos:

Uno de ellos son los materiales metálicos. Con una estructura atómica específica y unas propiedades características como son: alta conductividad (tanto eléctrica y calorífica), alta dureza y resistencia, y tienen baja resistencia a la corrosión. Estas propiedades típicas de los metales son consecuencia directa de la estructura microscópica que tienen, esto es, de cómo se dispongan los átomos en el espacio.

Otro de los grupos son los materiales cerámicos. Estos tienen otra estructura diferente y, por tanto, otra organización atómica y molecular diferente. Así pues, presentan propiedades distintas: son materiales duros y rígidos pero frágiles, ya que no se deforman y son muy resistentes a la corrosión.

También tenemos el grupo de los materiales poliméricos o plásticos. Muchas veces usamos ambos términos de manera indistinta, aunque hay algunas diferencias entre ellos como veremos enseguida. Los polímeros son largas cadenas de mayoritariamente carbono e hidrógeno unidas entre sí.



Su estructura consiste en la unión de muchos monómeros, como si fueran las cuentas de un largo collar, y cada una de las cuentas es una unidad monomérica. Al unir un monómero con otro se forma un dímero, si se añade otro más se forma un trímero, y así va aumentando la cantidad de unidades monoméricas hasta constituir un polímero, que es una cadena de miles o incluso millones de monómeros. Los polímeros son ligeros, blandos, fácilmente deformables y poco resistentes, pero sin embargo resisten muy bien los ambientes corrosivos.

"Los materiales compuestos presentan prestaciones superiores, pero sin embargo son más difíciles de reciclar".

Y, por último, los materiales compuestos, son fabricados por combinación de cualquiera de los materiales de los grupos anteriores. Uno de los materiales compuestos más conocidos son aquellos en los que la matriz, componente mayoritario, es polimérica. Así por ejemplo tenemos los materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibra de vidrio o con fibra de carbono, ampliamente utilizados en el campo de la aeronáutica, donde, gracias a sus excepcionales propiedades, han conseguido desplazar a los metales. Los materiales compuestos presentan prestaciones superiores, pero sin embargo son más difíciles de reciclar ya que es necesario separar cada uno de los componentes para su correcto tratamiento.



P

¿Cómo puede contribuir la ciencia de los materiales a la lucha contra el cambio climático?

R

La ciencia e ingeniería de los materiales estudia nuevos materiales con propiedades interesantes en muy diversos campos.

Por ejemplo, en la construcción el diseño y fabricación de nuevos puede contribuir a frenar el cambio climático, con la utilización de ladrillos ecológicos que incorporan parte de plástico reciclado, tejas fotovoltaicas para el ahorro energético, materiales autorreparables y autolimpiables contribuyendo además al ahorro de agua.

"Los LEDs están sustituyendo las tradicionales bombillas de wolframio o a las lámparas de sodio".

Gracias al desarrollo y diseño de los materiales se han conseguido sistemas de iluminación mucho más eficientes y que permiten un considerable ahorro de energía. Los LEDs están sustituyendo las tradicionales bombillas de wolframio o a las lámparas de sodio.

Se trabaja además sobre nuevos materiales para pilas y baterías de mayor capacidad y más eficientes, para fabricar coches eléctricos, nuevos materiales para utilizar el hidrógeno como forma de energía, etc.

Y se estudian también los procesos de fabricación de estos materiales para minimizar la generación de residuos.

P

¿Por qué es tan nocivo el plástico y son todos los plásticos igual de “malos”?

R

A nivel medioambiental, los plásticos (que son polímeros a los que se les ha añadido un aditivo para mejorar alguna de sus propiedades) presentan una propiedad a priori muy atractiva que es su durabilidad, pero a la larga se transforma en su peor enemigo. Son materiales tan duraderos que una vez que ha finalizado el ciclo de vida útil del producto, no son fácilmente asimilables por la naturaleza. Esto es, tardan tanto en degradarse que acaban convirtiéndose en un residuo persistente.

"Los residuos plásticos son el nuevo oro".



El uso de microplásticos en la industria de los cosméticos o el propio proceso de degradación de un plástico, que aunque lento, puede generar microplásticos que acaban en las aguas de los océanos y ríos entrando a formar parte de la cadena trófica y en el sistema alimenticio humano. Pero el principal problema de los plásticos es que, una vez finalizado su ciclo de vida útil, persiste en la naturaleza sin degradarse, y puede llegar a tardar entre 400 y 1000 años en desintegrarse.

El gobierno chino compraba todos los residuos plásticos a muchos de los países industrializados, hasta el 2018, año en que se prohibió esta práctica. ¿Por qué? Porque estos residuos tienen un valor muy elevado, tanto material como energético. Los polímeros provienen del petróleo, y este valor del petróleo permanece en cualquier producto plástico procesado. Por ejemplo, si tenemos una botella de plástico, podemos revertir el proceso y volver a transformarla en petróleo o en cualquier otra fracción de combustible. El resultado es que, desde 2018, tenemos una acumulación mayor de residuos plásticos en la mayoría de los países que requiere una solución urgente.

Los residuos plásticos son el nuevo oro. Podemos transformarlos en combustibles o en nuevos productos con valor añadido. Son por tanto una materia prima muy útil y estamos obligados a extraer su valor tanto material como energético.

P

Colabora con el MIT en el proyecto "*Plastic waste to alternative fuels*". **¿En qué consiste ese proyecto?**

"Proponíamos una idea un tanto disruptiva y arriesgada porque intentaba unificar dos campos científicos muy diferentes".

R

La idea que nosotros proponíamos era un tanto disruptiva y arriesgada porque intentaba unificar dos campos científicos muy diferentes el reciclado de plásticos y el electromagnetismo. Por un lado, proponíamos utilizar nanopartículas magnéticas que bajo la acción de campos electromagnéticos alternos de alta frecuencia generasen calor, y, por otro lado, utilizar ese calor en los procesos de craqueo o descomposición de plásticos.

La idea era utilizar esta gran cantidad de energía liberada por estas nanopartículas magnéticas bajo campos de radiofrecuencia para romper los enlaces de los plásticos y transformarlos en diferentes fracciones de combustibles. Esta idea llamó la atención de Alan Hatton director del departamento de Ingeniería Química del MIT y nos concedieron una beca de colaboración en enero de 2019, comenzando un programa de intercambio de estudiantes y profesores entre el MIT y la Universidad Rey Juan Carlos.

La tecnología propuesta también ha resultado atractiva a empresas como Cepsa y además han participado dos investigadores post doctorales becados por la Unión Europea con becas Marie Curie.

Actualmente, nos han concedido un proyecto de Investigación en la convocatoria de Transición Ecológica y Digital 2021, coordinado con el Instituto de Magnetismo Aplicado, con el que pretendemos pasar de la escala de laboratorio a la escala semi industrial. Este proyecto proporcionará la financiación para avanzar en esta innovadora tecnología y permitiendo su escalado, ya que se ha probado que es una tecnología que funciona y es eficiente a pequeña escala, y puede ser una buena alternativa en estos momentos actuales de transición ecológica.



P

¿El objetivo final de esta investigación es lograr sustituir el combustible fósil?

"El objetivo es transformar los residuos plásticos en combustibles, disminuyendo la actual dependencia del petróleo".

R

El objetivo de este proyecto es sustituir los combustibles fósiles de manera gradual, no se puede erradicar de la noche a la mañana el uso de este tipo de combustibles. El objetivo es transformar los residuos plásticos en combustibles, minimizando y eliminando la acumulación de este tipo de residuos y disminuyendo la actual dependencia del petróleo. Pero los plásticos también se pueden transformar en nuevos productos que sirvan de materias primas para otros procesos. Para entenderlo bien hay que profundizar un poco más en el concepto de reciclaje de residuos plásticos.

Existen dos tipos de reciclaje de plásticos. Por una parte, el reciclado físico, en el que se funden aquellos polímeros que sean reciclables, los termoplásticos, y se les da una nueva forma y un nuevo ciclo de vida. Por ejemplo, fundiendo una botella de plástico podemos convertirla en una lona y ésta a su vez cuando finalice su ciclo de vida útil, se puede transformar en una manguera, y así sucesivamente. En este tipo de enlace se realizan únicamente operaciones de naturaleza física.

Por otra parte, el reciclaje químico, que es la tecnología que estamos trabajando, está basado en ruptura y formación de nuevos enlaces a través de reacciones químicas, alterando por tanto la naturaleza de la materia. Acortando las largas cadenas de polímero podemos volver a la materia prima inicial o a nuevos bloques constructivos para fabricar nuevos productos.



Si el reciclaje químico rompe las cadenas poliméricas en cadenas muy cortas, tenemos fracciones del petróleo muy ligeras obteniendo metano, etano, propano o butano, fracciones gaseosas, formadas por pocos átomos de carbono. Si cortamos los polímeros en fracciones un poco más pesadas, obtenemos las gasolinas, en torno a 8 átomos de carbono de ahí el término de octanaje. Si se fracciona en cadenas algo mayores obtenemos diesel o queroseno.

Así pues, básicamente este reciclado químico consiste en cortar las largas cadenas de polímeros en cadenas más cortas para obtener distintas fracciones del petróleo o nuevas materias primas. Para hacerlo necesitamos unos catalizadores que gobiernen el mecanismo por el cual va a producirse esta ruptura de las moléculas, con unas condiciones de presión y temperatura determinadas, y con un aporte de energía muy elevado. Es en este aporte energético donde reside la innovación del proyecto. En lugar de recurrir a los métodos tradicionales de calentamiento basado en calentamiento resistivo con energía eléctrica, proponemos utilizar un nuevo sistema de calentamiento basado en la inducción magnética para realizar este reciclado químico de plásticos utilizando campos de radiofrecuencia y nanopartículas magnéticas.

Estos dos tipos de reciclaje, tanto el físico como el químico, son complementarios. Primero hay que utilizar el reciclaje físico para maximizar la vida material del plástico y una vez agotada esta vía material, hay que pasar al reciclaje químico, para agotar su valor material y extraer y valorizar su contenido energético.

P

¿Cree que llegaremos a sustituir por completo los combustibles fósiles por combustibles alternativos?

R

Me gustaría pensar que sí, aunque se requiere una acción conjunta a nivel global de todos los países, tanto los industrializados como los que están en vías de industrialización. Tenemos que unificar las políticas a nivel mundial y ayudar a estos países menos industrializados para que sean capaces de gestionar correctamente sus residuos.

Las políticas de residuos que hay en Europa no tienen nada que ver con las de los países asiáticos, por ejemplo. En Europa los residuos

"Tenemos que unificar las políticas a nivel mundial y ayudar a los países menos industrializados para que sean capaces de gestionar correctamente sus residuos".

plásticos se recolectan, se clasifican y se tratan y gestionan de manera correcta, mientras que en muchos otros países del mundo no hay ni siquiera políticas de recolección de residuos, y mucho menos aún tecnologías para su tratamiento.

Hace falta una visión más global del problema, se necesitan normativas a nivel internacional y colaboración entre todos los países por igual.



P

¿Cuáles son las claves para acabar con el cambio climático?

"Es necesario concienciar a la población del papel clave tan importante que tienen los propios ciudadanos en la lucha contra el cambio climático".

R

Las políticas son fundamentales, pero también es clave invertir en investigación, tanto básica como aplicada, a través de colaboraciones entre universidades y empresas, entre el sector público y privado y entre distintos países. Hace falta financiación para investigar y encontrar soluciones a esta problemática.

También hay que apostar por la divulgación científica, comunicar y transmitir a la sociedad lo que se está investigando en las universidades y los centros de investigación. Es necesario además concienciar a la población del papel clave tan importante que tienen los propios ciudadanos en la lucha contra el cambio climático. Cada uno de nosotros, desde nuestros domicilios y centros de trabajo, podemos contribuir de manera decisiva.

Para que el reciclaje se realice de manera correcta, somos nosotros los ciudadanos quienes iniciamos todo el proceso en nuestros hogares, clasificando y catalogando los diferentes flujos de residuos y depositándolos en los distintos contenedores habilitados, permitiendo así iniciar su tratamiento más adecuado.

Además, hay muchas pequeñas acciones que podemos hacer para ser más ecológicos, desde reutilizar envases, el papel de aluminio, reciclar aceite usado transformándolo en jabones naturales hechos por nosotros, ... Hay muchas medidas que podemos iniciar como ciudadanos y es necesario concienciar a la sociedad de ese papel tan importante que tiene.

Es vital también recuperar la figura del reparador en nuestra sociedad. Hoy en día no reparamos los productos dañados. Es más fácil desecharlo y comprar uno nuevo, aunque cada vez dure menos, ya que los productos cada vez tienen ciclos de vida más cortos. Entramos así en una rueda de consumismo, de compra y desecho de productos imparable. Es preciso abandonar esta filosofía de linealidad del "usar y tirar" para aproximarnos a la circularidad esto es "usar y reciclar". Aunque no lleguemos a cerrar el círculo, debemos tender a conseguir al menos una espiral que se asemeje...





Si quieres acceder a más contenidos de divulgación sobre ciencia, tecnología y medioambiente, te invitamos a entrar en la web, a darte de alta en nuestra newsletter o a seguirnos en nuestras redes sociales.

 bbvaopenmind.com

 bbvaopenmind.com/newsletter/



OpenMind
BBVA