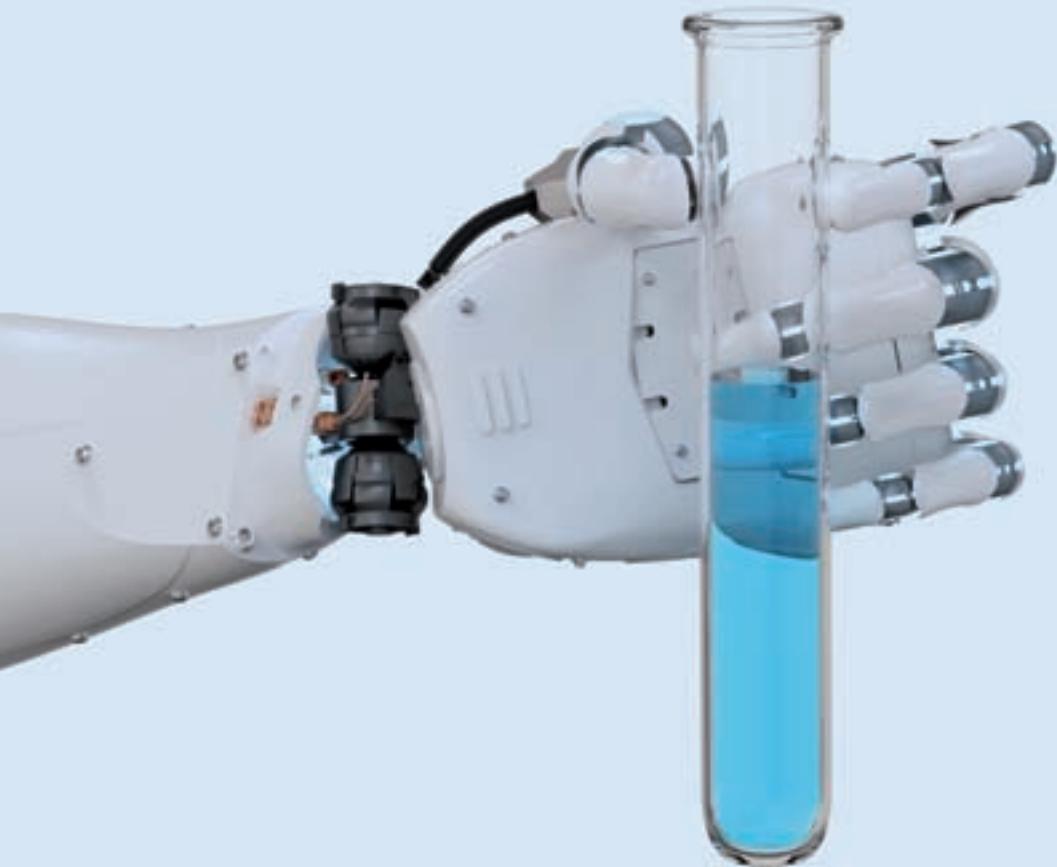


# QUÍMICA Y TECNOLOGÍA

## Un camino de ida y vuelta

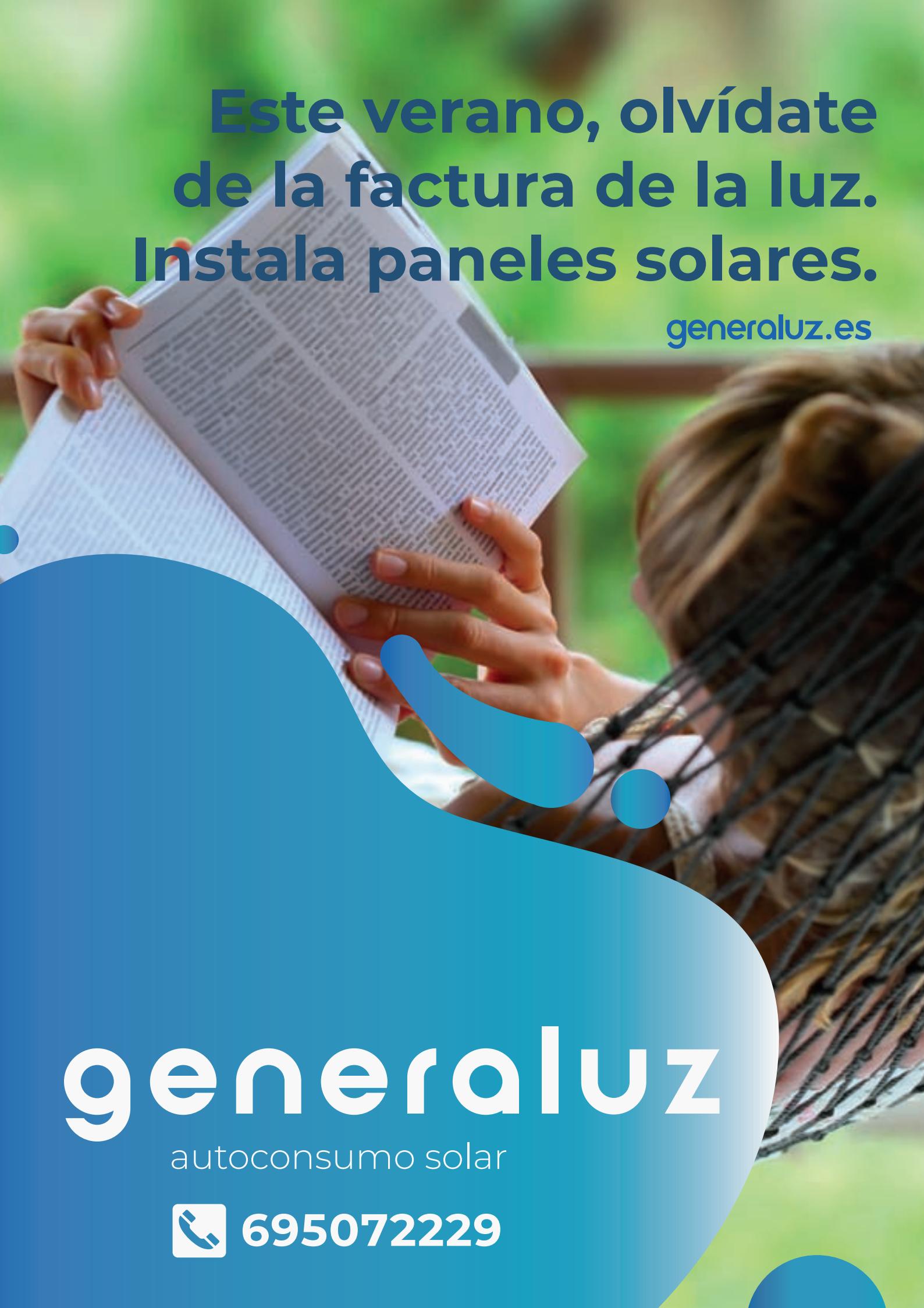


Entrevista con Javier García Martínez, presidente de la IUPAC:  
**“Tenemos que reinventar nuestra relación con el planeta”**

**La geoquímica y el establecimiento de una base lunar permanente**

**Este verano, olvídate  
de la factura de la luz.  
Instala paneles solares.**

[generaluz.es](http://generaluz.es)

A photograph of a woman with long brown hair, wearing a white top, sitting in a hammock and reading a newspaper. She is holding the paper open with both hands. The background is a bright, green outdoor setting.

**generaluz**

autoconsumo solar



**695072229**



## La ciencia del todo

**L**a química es la ciencia que estudia la materia. Como todo está hecho de materia, podemos decir que la química estudia el todo. Y es que, además, todo lo que está a nuestro alrededor procede de uno o varios procesos químicos; por tanto, la química es todo y todo es química.

Y este hecho se ve reflejado en la radiografía de la industria química del año 2023 que recientemente ha presentado la Federación Empresarial de la Industria Química Española (Feique). En dicho evento el Colegio y la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid (QUÍMICOS MADRID) estuvimos presentes y trasladamos las conclusiones a todos los colegiados y asociados. En ellas se refleja el papel esencial que juega la industria química para garantizar el estado de bienestar del que goza la sociedad española.

Actualmente, la industria química representa un 6 % del Producto Interior Bruto (PIB) de la economía española, con una cifra de negocio de casi 90 000 millones de euros. Esta industria ostenta el segundo puesto en el sector manufacturero de España tras la industria de alimentos, bebidas y tabaco, donde la química también interviene de forma decisiva (a modo de ejemplo cabe citar su papel en el conjunto del control de calidad o la mejora de los procesos), a la vez que es el principal exportador de la economía nacional.

Pero la química no solo es uno de los principales motores de la economía, sino también el catalizador del avance en la investigación, a través de los departamentos de I+D+i de las empresas, de las universidades y de los centros de investigación, tanto públicos como privados. De hecho, la inversión y el gasto en I+D+i creció un 5,2 % con respecto al año anterior, alcanzando un crecimiento acumulado del 30 % en

el periodo 2020-2022 y de un 194 % en lo que va de siglo (periodo 2000-2022). Todo ello hace que la industria química genere 800 000 puestos de trabajo entre directos, indirectos e inducidos, lo que supone más del 4,5 % de la población asalariada de España. En este punto es importante reflejar que más del 90 % de los empleos directos tienen un carácter indefinido y que el 42,5 % de estos empleos los obtienen mujeres. Este valor ha crecido en los últimos años y está consiguiendo que el obje-

“ La industria química genera 800.000 puestos de trabajo entre directos, indirectos e inducidos; el 4,5 % de toda la población asalariada de España ”

tivo de la igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres se encuentre al alcance de la mano.

También es reseñable la apuesta de la industria química por la alta cualificación de su capital humano, al invertir una media de 184,10 euros por persona y año, que supone casi el doble que la media del sector industrial y más que el triple de la media nacional. Desde QUÍMICOS MADRID, también contribuimos a generar una formación de calidad, y ofertamos un gran número de cursos de diversas materias con entidades colaboradoras de máximo nivel, lo que permite que los colegiados y asociados puedan beneficiarse para seguir con una formación continuada, acorde con las

necesidades de los sectores donde desarrollan su actividad profesional.

La pandemia que hemos superado recientemente nos ha ayudado a redescubrir y popularizar el interés por las ciencias en general y por la química en particular. En nuestro recuerdo quedarán los experimentos caseros con nuestros hijos, nietos, sobrinos o amigos durante el confinamiento. Junto a esta divulgación QUÍMICOS MADRID ha contribuido a mejorar la percepción de la química y de las competencias profesionales que tenemos los químicos e ingenieros químicos. Aun así, nos queda camino por recorrer, pues aún se asocia la palabra química con denominaciones negativas por una parte de la sociedad, muchas veces inducidos por mensajes publicitarios que en la mayoría de los casos se realizan de manera interesada.

La apuesta de la junta directiva y de gobierno de QUÍMICOS MADRID es continuar atendiendo a todos los medios de comunicación que nos lo requieran, ya sea prensa escrita, radio, televisión o digital, para divulgar, formar y desmentir todas aquellas novedades científicas, noticias, bulos y, por qué no decirlo claramente, mentiras que afectan a la química e ingeniería química y a los profesionales del sector. Todo ello sin dejar de mantener nuestro esfuerzo y nuestra ilusión para que nuestras instituciones sigan creciendo y conservar nuestro papel como referente en la defensa, formación y divulgación de la química y sus profesionales dentro de nuestra zona de influencia, como lo hemos hecho hasta la fecha.

Un saludo de vuestro amigo y compañero

Iñigo Pérez-Baroja Verde  
Decano-presidente del Colegio Oficial de Químicos de Madrid



# índice



Ilustre  
Colegio Oficial  
de Químicos  
de Madrid



Asociación  
de Químicos  
de Madrid

## 3 presentación

## 5 el núcleo

### Química y tecnología

Un camino de ida y vuelta

## I 3 materia

La geoquímica y el establecimiento de una base lunar permanente

## I 6 sociedad Q

Gracias, química, por el vino

## I 8 educación Q

El profesor permanente

## 20 industria Q

El sector químico, innovador y esencial ante el reto de la descarbonización de Europa para 2050

## 22 entrevista

Javier García Martínez, presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada: "Tenemos que reinventar nuestra relación con el planeta"

## 25 noticias

## 30 iones

## 32 arte Q

El azul: una historia de I+D

## 34 agenda

### Enlace

Número 47. Junio 2023

**Edita:** Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid y Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid. C/ Lagasca 27, 1.<sup>o</sup> E 28001 Madrid Tel. 91 4 35 50 22 Fax 91 5 77 51 37 colquim@quimicosmadrid.org www.quimicosmadrid.org

**Dirección:** Lourdes Campanero Campanero

**Comité editorial:** Íñigo Pérez-

Barroja Verde y Valentín

González García

**Consejo de redacción:**

Lourdes Campanero Campanero

Javier Domínguez Cuenca

Emilio Gómez Castro

Valentín González García

Antonio Gutiérrez Maroto

Donato Herrera Muñoz

Íñigo Pérez-Barroja Verde

**Producción:** Divulga S.L.

**Coordinación:**

Ignacio Fernández Bayo

**Diseño y maquetación:**

José María Cerezo

**Impresión:**

Editorial MIC

**ISSN:** 2174-4653

**Depósito Legal:** M-26296-2011

Enlace no se hace responsable de los artículos firmados ni comparte necesariamente la opinión de los colaboradores.

La química de los laboratorios ya no se reduce a tubos de ensayos y probetas: química computacional, simulaciones por ordenador, modelos de inteligencia artificial, aprendizaje automático, sensores, digitalización de la logística, robótica y hasta realidad virtual conectan con la industria y la investigación química para hacerla más eficiente y con menor impacto ambiental. La tecnología química es más moderna y más verde, y sus resultados repercuten en la propia tecnología, como si le dieras la vuelta a un disco de vinilo, con canciones en ambas caras y un solo leitmotiv. Los nuevos materiales, las tierras raras y las baterías se usan directamente en los desarrollos tecnológicos: desde los metales que conforman el teléfono inteligente que llevamos en nuestro bolsillo, a los que se necesitan para diseñar placas solares o aerogeneradores. En esta simbiosis, ambas, química y tecnología, salen ganando, y también la industria y la sociedad.

De nuevos desarrollos tecnológicos a laboratorios y empresas del sector químico, y viceversa

## Química y tecnología Un camino de ida y vuelta

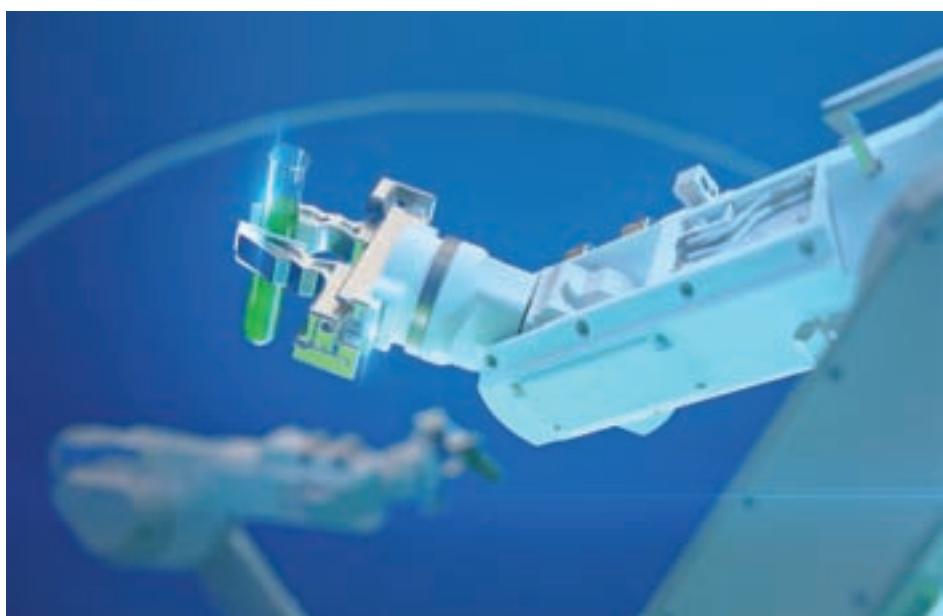
Texto: Patricia Ruiz Guevara, periodista de ciencia y tecnología

**S**i uno lee ‘inteligencia artificial’, ¿qué le viene a la mente? Seguramente un robot con aspecto humanoide, una mano robótica tocando otra humana o la ilustración de un cerebro en azul neón lleno de chips y conexiones. Es lo que arroja Google cuando buscamos la expresión en su banco de imágenes y es lo que el cine, la literatura y la prensa nos han hecho asociar a la inteligencia artificial (IA).

Si pensamos en un laboratorio de química, también tendremos nuestro imaginario sesgado, y a la cabeza acudirán solamente probetas y tubos de ensayo. Pues ni una cosa ni la otra: las empresas y centros de investigación del sector químico han evolucionado y se han tecnologizado; no hay laboratorio que se precie que no use capacidades computacionales y la inteligencia artificial no es un robot con aspecto humano.

Entre la química y la tecnología existe una simbiosis estrecha, una melodía bien afinada, un camino de ida y vuelta

en el que la tecnología se cuela en los laboratorios y empresas químicas y en que esos resultados obtenidos impactan



de nuevo en los desarrollos tecnológicos. De los nuevos materiales a las tierras raras, pasando por las baterías, la química es imprescindible para las nuevas tecnologías. Escuchamos las dos caras de este disco para conocer qué hace la química por la tecnología, y viceversa, y resintonizamos lo que pasa por nuestra imaginación cuando pensamos en estos dos términos conectados.

## CARA A: LO QUE HACE LA QUÍMICA POR LA TECNOLOGÍA

Son tantos los desarrollos químicos implicados en las diferentes tecnologías que sería imposible incluirlos en una sola cara de un disco. Pero no vamos a ser como el matemático Pierre de Fermat, que escribió aquella genialidad en el borde de un tomo: enunció el conocido como último teorema de Fermat, y agregó, “tengo una demostración realmente extraordinaria de este hecho, pero los márgenes del libro son demasiado estrechos para contenerla”. Nosotros vamos a apurar los márgenes de este reportaje para explicar lo que hace la química por la tecnología.

### Nuevos materiales

La tecnología ha avanzado de la mano de los nuevos materiales —aquellos de desarrollo reciente y con propiedades especiales respecto a los convencionales, como más dureza, resistencia o conductividad— en los últimos años.

“Investigamos en nuevos materiales con nuevas aplicaciones para almacenamiento y procesado de información, reactividad química, catálisis... Fabricamos materiales nuevos o buscamos nuevas propiedades en materiales antiguos, por ejemplo reduciendo el tamaño a una escala nanométrica”, explica Juan de la Figuera, investigador del Instituto de Química Física Blas Cabrera (IQF) del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Al hacer eso, se pueden encontrar nuevas cualidades que se pueden aprovechar para hacer “dispositivos y sensores”.

En concreto, “si atendemos a cómo la química ha impactado sobre el desarrollo, creación o producto final de nuevas tecnologías, podemos comentar todos los nuevos polímeros y materiales compuestos desarrollados a partir de los mismos, que podemos enmarcar en el marco de los bioplásticos”, indica Belén Monje, investigadora líder en mecanoquímica y extrusión reactiva en el Instituto Tecnológico del Plástico Aimplas. Y ejemplifica: ácido poliláctico o

PLA, el poliéster aromático PEF, succinato de polibutileno o PBS, NIPU...

En 2022, científicos del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) desarrollaron un plástico fino y ligero, pero dos veces más duro que el acero, según el artículo publicado en *Nature*. De acuerdo con los investigadores, este nuevo material podría usarse para revestir coches o teléfonos móviles de forma mucho más ligera y resistente.

Monje también menciona “el desarrollo de nuevos antimicrobianos, estimulantes, fitosanitarios... que cubren un espectro más amplio de actividades



Juan de la Figuera, del IQF-CSIC.



Belen Monje, de Aimplas.

tanto para la salud humana como en agricultura”. Por otro lado, se pueden destacar los “materiales superconductores, nuevos nanomateriales y en general materiales de altas prestaciones”, amplía.

Por ejemplo, los nanotubos de carbono, de estructura similar al grafito y mejores propiedades mecánicas, térmicas y eléctricas que otros materiales actuales, podrían usarse en baterías, placas solares, dispositivos electrónicos y sensores. También la nanocelulosa, que se podría emplear para fabricar

pantallas flexibles. En la lista de tecnologías emergentes de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) de 2022 ocupan un puesto las megabibliotecas de nanopartículas, una herramienta para personalizar propiedades y aplicaciones utilizando una técnica de deposición de nanopartículas conocida como litografía con pluma de polímero.

Guillermo Mínguez, profesor titular del Instituto de Ciencia Molecular (ICMol) de la Universitat de València, trabaja en materiales porosos que también pueden usarse para crear sensores. “Si tú quieres desarrollar cualquier tipo de sensor necesitas algo que cambie un estado, puede ser una luz, el color, la temperatura... Nosotros usamos el magnetismo”, explica. Lo que hacen es incorporar esa propiedad a un material, como si se tratara de una especie de legos moleculares, y crear redes metalorgánicas (MOF). Así, pueden crear propiedades magnéticas para los sensores.

Hay muchos más materiales que prometen aplicaciones interesantes: las espumas metálicas se pueden usar en la industria aeroespacial y los metamateriales (materiales artificiales que presentan propiedades electromagnéticas inusuales, que proceden de la estructura diseñada y no de su composición, según la enciclopedia de Quimica.es) en óptica y electromagnetismo.

### Tierras raras

De los nuevos materiales vamos a las tierras raras, el nombre común de 17 elementos químicos: escandio, itrio, lanthanio, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, dispropasio, holmio, erbio, tulio, iterbio y lutecio. Peculiares e indispensables para fabricar los teléfonos inteligentes actuales, en realidad llevan años ayudando a que la tecnología exista.

“La comercialización de los televisores en color en la década de 1960 disparó la explotación de europio. Las invenciones sucesivas de los microprocesadores (1971), imanes más potentes (1966-1983), internet (1981), teléfonos móviles (1991) y energías limpias han ido aumentando la demanda de elementos de las tierras raras, que crece anualmente entre un 4 % y un 9 %”, recopila Ricardo Prego, químico y profesor de Investigación en el Instituto de Investigaciones Marinas (IIM-CSIC).

Para hacernos una idea de la demanda actual, baste decir que un teléfono

## Inteligencia artificial y química

**A**ctualmente se abusa del término inteligencia artificial: ni todo lo es, ni los robots humanoides lo son necesariamente. La IA es un sistema informático que tiene su base en algoritmos entrenados para emular, en cierta manera, algunos comportamientos humanos: ser *inteligentes*, aprender durante el proceso, analizar situaciones y tomar decisiones. Un sistema informático con IA puede estar implementado en un robot, sí, pero también en un móvil o un ordenador.

Más o menos compleja, lo que sí es cierto es que la inteligencia artificial es ya promesa y realidad en la industria química. "La IA se puede usar para el desarrollo de nuevos materiales mediante simulaciones de sus propiedades y funcionalidades, y también aportando mejoras en sus procesos de producción, monitorización y final de vida", dice Belén Monje, de Aimplas.

En concreto, "en química, la IA puede ayudar a tratar las posibilidades infinitas de síntesis: tener una inteligencia artificial capaz de tratar miles y miles de reacciones químicas para dar pronósticos sobre lo que se tendría que probar para mejorar un proceso sería una herramienta revolucionaria para los químicos", considera Basterretxea, de Polykey. Con la IA se puede automatizar ese proceso y "pasar de tener que controlar y variar todos los parámetros y probar la misma reacción muchísimas veces, a hacerlo de manera global", añade su compañera Coralie Jehanno.

Guillermo Mínguez, del ICMol, lo ejemplifica con los materiales porosos: "Hay unos 100.000 reportados, usar una IA para identificarlos e identificar aplicaciones concretas es algo que podría facilitar la investigación". También podría apoyar al razonamiento humano en la separación de gases, dice el investigador: "Hasta ahora uno lo decide más o menos por intuición, en base a su conocimiento químico, pero a lo mejor una inteligencia artificial puede decir de una base de datos de 10.000 estructuras cuál es la mejor. No digo que nos vaya a reemplazar, pero seguro que hay una sinergia que podemos aprovechar".

De esa misma intuición habla Juan de la Figuera, del IQF, pero en este caso aplicada a la interpretación de espectros o curvas de los átomos de una muestra: "Ahora mismo lo hacen expertos con mucha experiencia, pero un ordenador podría hacer una primera aproximación. Habría que enseñar al sistema a reconocerlo y aplicar ese primer filtro de visión artificial".

Para este investigador, otra aplicación muy útil sería que la IA automatizara el ajuste de los microscopios: "Los microscopios electrónicos requieren una serie de alineamientos de las lentes y estaría muy bien poder hacer eso directamente. Por ejemplo, pedirle al ordenador que busque islas hexagonales por toda la muestra".

Además de deseos, hay ideas extraordinarias cumplidas: con inteligencia artificial se ha conseguido predecir la estructura 3D de las proteínas. Esto le ha valido en 2023 el XV Premio Fronteras del Conocimiento en Biomedicina de la Fundación BBVA a David Baker (creador del programa RoseTTAFold) y Demis Hassabis y John Jumper (autores de AlphaFold2, un sistema de inteligencia artificial de Google). Estos dos últimos consiguieron predecir la estructura de casi todas las proteínas conocidas (200 millones) mediante sistemas de aprendizaje profundo, rebajando a minutos lo que hubiera supuesto años de trabajo experimental en el laboratorio. Con RoseTTAFold se puede predecir cómo se pliegan las proteínas que ocurren en la naturaleza, y también se pueden diseñar proteínas completamente nuevas, simplemente con describir las funciones que se quiere que cumplan. Una auténtica revolución en la química.

En general, la IA "tiene muchas posibilidades para todo lo que sea lograr automatizar, mejorar, facilitar... Lo que no quita que sea algo que tengamos que estudiar primero, ver las ventajas e inconvenientes. Como toda herramienta, hay que aprender a usarla con seguridad y ver la forma de sacar todo su potencial", dice Javier Peláez, de Cepsa Química.



Guillermo Mínguez, del ICMol.

la vibración que avisa y algunos circuitos", detalla Prego.

No solamente los teléfonos móviles: se usan en electrónica para ordenadores, aparatos de audio, baterías y pantallas de cristal líquido; en metalurgia para aditivos y aleaciones; en automóviles híbridos para motores y baterías y en los diésel para catalizadores de humos; en imanes para aumentar su potencia; en medicina, para imágenes de resonancia magnética; en energías limpias para turbinas eólicas; en los hogares para electrodomésticos e iluminación; y también en la industria aeroespacial, dice el experto. "La necesidad de los 17 elementos de las tierras raras en nuestra sociedad de alta tecnología es fruto de tres propiedades: magnéticas, ópticas y químicas. Tienen como usuarios finales múltiples sectores industriales", añade.

Sin tierras raras, toda la evolución de internet, los ordenadores, los móviles y, ahora, la inteligencia artificial, tendría que retroceder. Es más, no podría avanzar. Son críticos para la industria y la tecnología.

Por ejemplo, ¿qué papel tendrán en la computación cuántica, que promete el internet del futuro con la comunicación cuántica? "Los iones de elementos de las tierras raras en sólidos constituyen una de las plataformas más versátiles para la tecnología cuántica del futuro. La principal ventaja es que son particularmente resistentes frente a algunas de las fluctuaciones del entorno", resume Prego. Además, pueden permitir "muy buenas conexiones a los circuitos fotónicos, incluso en longitudes de onda de telecomunicaciones, lo que los convierte en sistemas prometedores a largo plazo", añade.

## Baterías con menor impacto

Las baterías son un dispositivo que necesita tecnología y química para su desarrollo, pero a su vez es una tecnología que se usa después en la industria química. En la lista de tecnologías emergentes de la IUPAC de 2022, ocupan un lugar destacado: aparecen las baterías de fibra y las baterías de sodio.

En la empresa vasca de productos químicos Polykey investigan procesos de síntesis de materiales, de reciclaje de plásticos y sobre todo tipo de baterías, pero sus cofundadoras, Andere Basterretxea y Coralie Jehanno, dicen que les interesan particularmente las baterías que no son de litio, como las de sodio o

móvil inteligente puede contener hasta 62 metales diferentes; de esos, al menos ocho son tierras raras, y si se consideran los diferentes modelos, se juntarían

todos menos el prometio. "A los elementos de las tierras raras se deben los colores vivos de las pantallas y su pulido, los altavoces y auriculares pequeños,

de zinc. La empresa nació en 2020 del Innovative Polymers Group, del Instituto Polymat, junto con la Universidad del País Vasco, y tiene en su punto de mira el impacto ambiental.

“Las baterías son un elemento crucial en nuestra vida, pero su producción de manera lineal (sin reciclaje y sin ecodiseño) puede suponer múltiples problemas medioambientales, como su reciclaje y la extracción de las materias primas necesarias”, indica Basterretxea, CEO de Polykey. Por otro lado, recuerda, las baterías también contribuyen a mejorar la sostenibilidad en ámbitos como el transporte o la digitalización. ¿Cómo minimizar entonces su impacto? Con química.

“Hay que usar la batería correcta para la aplicación correcta, no es necesario que se desarrollen superbaterías para aplicaciones que requieren de poca energía y poca capacidad de almacenamiento; es importante no sobreproducir”, empieza Jehanno, CSO de Polykey. También hay que fabricar estas baterías de forma “circular, es decir, ecodiseñada, pensadas para ser reusadas y recicladas apropiadamente”. Para estas investigadoras, la química resulta imprescindible para conseguir ese doble objetivo, que las baterías “sean potentes, pero con el mínimo impacto posible sobre el medioambiente”.

Para eso, el sodio es una buena opción. Frente al litio, un metal cuya extracción perjudica el suelo y conta-



Ricardo Prego, del IIM-CSIC.

mina el aire, y que no está tan disponible en la naturaleza, el sodio es un elemento de la tabla periódica que se encuentra de manera muy abundante. “Desde un punto de vista medioambiental, el desarrollo y la comercialización de este tipo de baterías sería un avance importante”, consideran Basterretxea y Jehanno.

Alfonso Gallo, investigador posdoctoral en química teórica en el centro de investigación del Gobierno vasco CIC energiGUNE, recuerda que el rendimiento de las baterías de sodio es mucho menor y que el tamaño puede ser un problema. Pero habrá casos en los que no importe, porque “no es lo mismo una batería para un barco que para un móvil”, señala.

## CARA B: LO QUE HACE LA TECNOLOGÍA POR LA QUÍMICA

El sector químico provee de materiales a la tecnología pero, por otro lado, “somos unos grandes usuarios de este tipo de tecnologías”, subraya Cristina González, directora de Innovación, Estrategia y Advocacy en la Federación Empresarial de la Industria Química Española (Feique) y secretaria técnica de SusChem-España. La experta considera que la industria química cada vez está más a favor de la digitalización por los beneficios que conlleva: se ahorran recursos y tiempo.

Pero antes de sumarse a la transformación digital, por su naturaleza los centros y empresas de química “ya tenían las plantas llenas de sensores y medidores”, recuerda González. Ahora llaman a la puerta otros avances, como la inteligencia artificial, que no tiene que ser algo “extraordinariamente sofisticado, podemos pensar en química computacional y simulaciones por ordenador”.

“La tecnología es el motor que ha impulsado el sector de la química”, reivindica Belén Monje, porque ha permitido tanto acercar los desarrollos a todos los públicos como mejorar nuevos materiales, productos y procesos. Todo ello, mirando cada vez más hacia la sostenibilidad. Veamos cómo suena.

### Ojos tecnológicos y sensores

Además de tubos de ensayo, probetas y placas de Petri, seguro que al pensar

## Química computacional y aprendizaje automático

**H**ay muchos tipos de inteligencia artificial. El aprendizaje automático o *machine learning* es uno de ellos. Se trata de una rama de la IA entrenada para absorber una gran cantidad de datos, encontrar patrones, analizar y obtener conclusiones. Detrás, como en cualquier otro modelo de IA, hay algoritmos.



Alfonso Gallo, del CIC energiGUNE.

Alfonso Gallo, investigador posdoctoral en química teórica, modelizado y simulación computacional en CIC energiGUNE, utiliza el aprendizaje automático en su investigación. “En química teórica o computacional, nuestro laboratorio es un ordenador”, define Gallo. Actualmente hay mucho a favor: es más fácil obtener datos de manera

computacional que hacer un experimento, las teorías cada vez son más precisas y las capacidades computacionales, mayores, por lo que se pueden abordar ecuaciones más complejas.

Gallo utiliza el aprendizaje automático en los procesos de fabricación de electrodos. “El proceso pasa por un preparado, laminado, horno... Tiene una serie de parámetros que hay que ajustar y, cuando se cambian estos componentes, se generan un montón de datos que se usan en las siguientes etapas para predecir los parámetros óptimos”, explica el investigador.

Antes, se iba haciendo con intuición química. Ahora, esto se puede hacer con inferencia estadística e interpolación, gracias a los modelos de *machine learning*, en los que puede describir la interacción de los átomos con funciones: “Ahorrarás tiempo, dinero y material, haces menos pruebas y exprimes la información que te dan los datos”. Por ejemplo, se pueden simular montones de combinaciones para investigar en baterías sólidas y calcular la capacidad de migración iónica.

¿Cómo podría mejorar la aplicación del aprendizaje automático a la investigación en química teórica? “Vendrán algoritmos de *machine learning* cada vez más complejos, más sofisticados. La potencia de cálculo siempre viene bien, es una de las cosas que se espera que dé un salto cualitativo si la computación cuántica llega a conseguirse”, vaticina Gallo.





Andere Basterretxea y Coralie Jehanno, de Polykey. A la derecha, uno de los reactores con los que trabajan en su laboratorio.

en un laboratorio de química no viene a la mente el microscopio. "Un químico es ciego, no puede ver su material de trabajo, que son las moléculas, porque son demasiado pequeñas, así que nuestros ojos son todos los equipos de espectroscopía (para detectar la absorción o emisión de radiación electromagnética), microscopía y métodos indirectos de separaciones que nos permiten 'ver' lo que ocurre al nivel molecular", dicen las responsables de Polykey.

Juan de la Figuera, del IQF, explica que el objetivo es "observar la superficie de los materiales y entender cómo están hechos, usando estas técnicas y tecnologías que permiten llegar a esa escala". Para depositar estos materiales que se analizan, este experto explica que se dejan átomo a átomo, capa a capa, y se intentan modificar poniendo otros átomos encima: "Todo esto viene de la tecnología que se usa en microelectrónica y de lo que se investigó en la carrera espacial, para poder depositarlos en vacío con calidad".

Algunos de los grandes equipos han evolucionado y ahora tienen "membranas muy finas hechas con nuevos materiales", pero en general se siguen utilizando técnicas de las últimas décadas, dice De la Figuera. Basterretxea y Jehanno coinciden en que los métodos químicos no han cambiado demasiado en el último siglo, pero sí lo ha hecho "la monitorización y el seguimiento de las reacciones en los laboratorios".

Ahora se utilizan equipos de



Cristina González, de Feique.

análisis, caracterización y sensores que se van adaptando a los avances tecnológicos para evaluar y controlar multitud de parámetros, como temperatura, presión, agitación, color, elasticidad, viscosidad y cristalinidad.

Guillermo Mínguez, del ICMol, destaca el uso de la difracción de electrones, una técnica que hace que un haz de estas partículas incida sobre una muestra para observar el patrón de interferencia resultante. "Damos un paso más allá y con esta técnica el tamaño del material que necesitamos es mucho menor, llegamos a cosas que antes no eran accesibles gracias a la mayor resolución de los microscopios electrónicos", señala. Aunque el microscopio electrónico se conoce des-



El microscopio es un ejemplo perfecto de la estrecha relación entre tecnología y química.



Uno de los laboratorios del centro de investigación vasco CIC enegiGUNE, donde se dan la mano química y tecnologías avanzadas.

de hace tiempo, aplicado a la resolución estructural es algo “nuevo y prometedor, aunque todavía poco accesible económicoamente”.

### Mecanoquímica disruptiva

La mecanoquímica se basa en que la energía mecánica ejercida sobre un material produce transformaciones químicas y aporta cambios físicos al mismo, y su potencial va de la mano de la sostenibilidad medioambiental.

“La ventaja más interesante es la capacidad de abordar un proceso químico en ausencia de disolventes, o empleando una mínima cantidad de estos, trabajando con los reactivos en estado sólido”, indica Monje, de Aimplas. Así se reducen problemas asociados a la toxicidad de los disolventes y disminuye la huella de carbono. Además, “los procesos mecanoquímicos se pueden realizar sin un aporte de temperatura externa al sistema en la mayoría de los casos, lo que supone una gran ventaja desde el punto de vista de eficiencia energética”. Por eso, Monje cree que estas tecnologías están suponiendo una mejora sustancial para la industria química.

En la Comisión Europea están de acuerdo: en el proyecto Impactive se están desarrollando nuevos métodos

respetuosos con el medioambiente para la fabricación de principios activos farmacéuticos utilizando la mecanoquímica como tecnología disruptiva. Entre sus socios está el instituto alemán Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, la multinacional Merck, la Universidad Tecnológica de Estonia TalTech y el Instituto Tecnológico de Israel Technion.

### Tecnología tras los detergentes

“La tecnología es un gran aliado para la química: ha permitido buscar nuevos productos y procesos orientados no

solo a maximizar el rédito económico y la eficiencia, sino también el beneficio en otros aspectos fundamentales, como la seguridad y la sostenibilidad”, afirma el responsable de Investigación de Cepsa Química, Javier Peláez. Ahí investigan cómo lograr una química con menor impacto medioambiental, un reto tecnológico que se refleja “tanto en usar materias primas diferentes a las tradicionales como en desarrollar nuevos procesos con menor huella de carbono”, y en esa línea encaja la tecnología Detal.

Mediante este proceso se produce alquilbenceno lineal (LAB), materia prima para la obtención de detergentes para uso doméstico. “La tecnología tiene algunos años pero la hemos ido mejorando para reducir su impacto medioambiental”, dice Peláez, y en ese sentido en 2023 Cepsa Química ha lanzado “NextLab, con las mismas propiedades que el LAB tradicional, pero con una reducción de la huella de carbono asociada, al incorporar materias primas sostenibles que sustituyen a las materias primas fósiles tradicionales”.



Rebeca Yuste, de Repsol Tech Lab.

## Laboratorios robotizados e inmersivos

S i la química se ha tecnologizado, podemos imaginar que también lo ha hecho el aspecto de su hábitat natural de investigación, el laboratorio. "La principal evolución que vemos en el laboratorio es tecnológica. Todas las técnicas digitales tienen una influencia fundamental en cómo hacemos las cosas, gracias a la informática hay mejor control de todo", dice Antonio Echavarren, presidente de la RSEQ e investigador del ICIQ. Según explica, es una evolución que se va produciendo de manera continua, "no hay un punto de ruptura, lo notas cuando miras a los laboratorios de hace 20 años". Ahora, dice, los laboratorios de química no se parecen en nada. Por ejemplo, "apenas huelen".

Todo se hace a menor escala y con métodos más inteligentes, por lo que se utiliza menos cantidad de productos, y por tanto el impacto ambiental es menor. "El siguiente paso es conseguir que de todo lo que entra no salga ni una molécula al ambiente, que no haya residuos, que se queden dentro del laboratorio", dice Echavarren.

También han aparecido en el laboratorio los robots: "Ahora hacemos cientos de reacciones a la vez y las analizamos con robots que están trabajando todo el día. Como generamos tantos datos, tenemos mucha más información para analizar, y para tratarlos de forma más ordenada y hacer predicciones a tiempo real estamos empezando a usar la inteligencia artificial".

Y de los robots, a la autonomía. El químico Andrew Cooper, profesor de la Universidad de Liverpool, ha recibido una cátedra de la Royal Society para ampliar la inteligencia del primer robot químico móvil totalmente autónomo, que creó con su equipo en 2020. Aquellos resultados fueron publicados en *Nature* bajo el título "un químico robótico móvil", capaz de decidir cuál era el mejor experimento que podía hacer. Ahora, tres años más tarde, el objetivo es entrenar al químico robótico para que pueda investigar en ciencia de materiales gracias a la inteligencia artificial.

Toda esta digitalización del laboratorio ha hecho que se produzca una unión entre experimentación y teoría, algo que, de nuevo, ahorra tiempo y recursos. "La implementación de la inteligencia artificial y la robótica en el laboratorio era un sueño, ahora es una realidad", celebra Echavarren.

¿Qué queda por venir? En la lista de tecnologías emergentes de la IUPAC de 2022 se menciona la realidad virtual y la modelización interactiva. "La química computacional se conecta en el metaverso", se explica en la revista *Chemistry International*, de IUPAC, en el artículo que desgrana esta tendencia. El metaverso, ese espacio virtual inmersivo que apareció como una posibilidad alcanzable en 2022, puede ser una opción para que los investigadores exploren colaboraciones interactivas que mejoren las posibilidades de la química computacional y la dinámica molecular.

Químico robótico móvil de la universidad de Liverpool.



Antonio Echavarren, del ICIQ.



Químico robótico móvil de la universidad de Liverpool.

Imaginemos algo cercano al laboratorio de las películas de ciencia ficción: en lugar de con teclados y ratones, los químicos interactúan con moléculas gigantes gracias a gafas de realidad virtual o mixta, mueven los átomos suspendidos en el aire y experimentan directamente con ellos, mientras un ordenador recoge la simulación en tiempo real.

Esto ya se ha utilizado con éxito, como recoge la IUPAC: científicos de la Universidad de Brístol utilizaron la realidad virtual para estudiar el acoplamiento de proteínas y ligandos (cualquier molécula que se une específicamente a una proteína), y explorar posibilidades de posiciones eficientes y flexibles. En concreto, el modelo que publicaron en 2020 sirvió para diseñar medicamentos antivirales, que incluyeron modificaciones que se implementaron "sobre la marcha".

## Transformación de residuos

Por el camino, las industrias, las empresas y la sociedad se van dejando residuos: sólidos urbanos, forestales, industriales, plásticos... Con tecnología, la industria química los puede transformar en combustibles renovables, tanto biocombustibles avanzados como sintéticos. Es lo que proponen en Repsol.

"Se necesita un enfoque multitecnológico para tratar cada tipo de residuo y conseguir así el reaprovechamiento. Repsol ha evaluado más de 40 tipos de residuos y tecnologías, ya que hay que identificar y analizar parámetros químicos críticos para escoger residuos con potencial para usarlos en procesos industriales, y acertar con las tecnologías de transformación", dice Rebeca Yuste, consultora en el Área de Tecnologías de Transformación Industrial en Repsol Tech Lab.

Entre esas tecnologías, Yuste resalta la pirólisis, gasificación y licuefacción hidrotérmica, la solvólisis y la fermentación. Después hay que integrar esas tecnologías en los procesos industriales que ya existen y también asegurar la trazabilidad de las materias primas sostenibles. "Las moléculas de los combustibles renovables y de los tradicionales son idénticas. ¿Cómo distinguirlas y asegurar que un combustible está fabricado a partir de materias primas sostenibles?", se pregunta Yuste.

En esta simbiosis permanente, la química ofrece la solución "gracias a la técnica de Carbono-14". Pero también aparece un término más moderno: Repsol está haciendo una prueba de concepto junto a la startup Finboot para utilizar la tecnología blockchain (cadena de bloques) para garantizar la trazabilidad de las materias primas utilizadas con certificados electrónicos.

## Logística e integración

Lo que sale de los laboratorios de química, lo que ya no sirve de la industria, lo que se desgasta o se descarta tiene que moverse. Como todavía no existe el teletransporte (la teletransportación cuántica es otra historia), la logística especializada sigue siendo necesaria.

EcoQuímica ofrece servicios logísticos al sector de la industria química y para ello se apoya en la digitalización. "Lo de los residuos es un reto logístico sometido



a requerimientos legales cada vez mayores. Hay microrrecogidas en millones de puntos, y por eso para nosotros la tecnología es fundamental", explica Rafael Amat, director y socio fundador de la empresa. En cada uno de esos puntos hay que hacer documentos de identificación, así que han apostado por "sistemas TI (tecnologías de la información) actualizados e integrados desde una microcomputadora de bolsillo o PDA, donde llevar toda la documentación".

También se usa la tecnología para optimizar la ruta, tanto para residuos como para distribución de químicos. "Nuestro sistema asigna los puntos de recogida, volcamos la información a un mapa, se optimizan las rutas y después nos devuelve la mejor opción", detalla Amat. Unido a esto, los sistemas informáticos se emplean para la trazabilidad de las operaciones.

Para Amat, la palabra clave es integración: "El modelo del almacén, el del tráfico, el de la ruta... Los nuevos sistemas informáticos permiten que todo se integre, y que además se gestione desde la nube. Los clientes también buscan esta integración".

## BONUS TRACK: A FUTURO

Mientras suenan las dos caras de la simbiosis entre química y tecnología, una y otra progresan. ¿Hacia dónde se dirigen? "La química no avanza en una dirección, sino en multitud de direcciones. No tiene un frente muy definido, ocupa un enorme espacio y se va moviendo lenta pero conscientemente, como un glaciar", juega con la metáfora Antonio Echavarren, presidente de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) y responsable de un grupo de investigación en el Institut Català d'Investigació Química (ICIQ).

Según el experto "los métodos analíticos están mejorando, también la comprensión de cómo interactúan las moléculas de los seres vivos; hacemos mejores materiales y mejores fármacos". El sueño ahora sería conseguir esto "en menos tiempo", dice Echavarren. También "aprender a manejar el hidrógeno y el dióxido de carbono, porque



Javier Peláez, de Cepsa Química.

## Tecnologías verdes

**D**esde el propio funcionamiento de los laboratorios a las tecnologías que se usan y la química que se hace con ellas, hay un factor común que cada vez se menciona más: la importancia de la sostenibilidad. "La industria química tiene por delante un reto muy grande: lograr emisiones netas cero para 2050, ser plenamente circulares y seguir siendo sostenibles y competitivos", indica Cristina González, de Feique y SusChem-España.

Algo que también es un camino de ida y vuelta, un disco de doble cara: "Por un lado, tenemos el reto de hacer que nuestros propios procesos e instalaciones logren ser más eficientes para reducir esas emisiones. Por otro, parte de las soluciones que se desarrollan en el sector químico luego se incorporan en otros sectores, que son los que permiten poner en el mercado paneles solares, aerogeneradores, almacenamiento energético... La química forma un papel fundamental en ello", asegura.

En eso es clave el ecodiseño, es decir, diseñar pensando en la sostenibilidad desde el principio, tener en cuenta qué se va a hacer cuando un producto o material llegue al final de su vida útil (como el aspa de un molino eólico o los materiales de los paneles fotovoltaicos) para mantenerlo en el ciclo y darle una segunda, tercera y enésima vida.

Para esto, ¿qué tecnologías se implementan para impulsar la transición verde y hacer el sector químico más sostenible? Javier Peláez, de Cepsa Química, destaca, como ejemplo, "aquellas que permitan cambiar las materias primas tradicionales, provenientes del petróleo, por materias primas de fuentes sostenibles".

Por ejemplo, ¿cómo obtener sustancias aromáticas, aceites vegetales o productos antioxidantes con sustancias químicas y tecnologías térmicas sin generar efectos negativos en el medioambiente? Los profesores de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad de Guadalajara Jorge E. Olmos y Carmen Leticia Orozco destacan en un artículo en *The Conversation* tecnologías verdes para extraer la esencia

de las plantas y los alimentos de forma sostenible y eficiente: extracción supercrítica con dióxido de carbono, líquidos presurizados, ultrasonido y campos de pulso eléctrico.

En general, Belén Monje, de Aimplas, cree que hay que destacar todas las tecnologías relacionadas con la digitalización y el marco de Green Chemistry Technologies (tecnologías de química verde): "La extrusión reactiva y la mecanoquímica, todas las relacionadas con la eficiencia energética, almacenamiento y producción de energías verdes, como el hidrógeno, producción de nuevos polímeros y materiales compuestos más sostenibles, mejoras en los procesos y tecnologías de reciclado mecánico y biotecnología".

Las tierras raras también tienen mucho que decir en las tecnologías verdes. "En las aplicaciones relacionadas con la energía, los elementos clave, dentro de las tierras raras, para las tecnologías limpias son lantano, cerio, neodimio, europio, terbio, dispropasio e itrio", dice Ricardo Prego, del IIM-CSIC.

El experto enumera sus muchos usos: en producción de energía (generadores eólicos, absorbentes de neutrones en centrales nucleares), almacenamiento (fuente de alimentación en pilas atómicas, baterías electroquímicas para dispositivos portátiles, almacenamiento de hidrógeno), reducción del consumo eléctrico (imanes en motores eléctricos) y eficiencia (sistemas de comunicación, equipos informáticos, gestión, comunicación, controles de seguridad). Por eso, Prego vaticina que la Agenda Verde "conllevará un crecimiento en la demanda de las tierras raras necesarias en la generación de energía renovable y el transporte con cero emisiones"

son las moléculas que vamos a usar en el futuro", sostiene.

Si pudiera pedir un deseo al genio de la lámpara tecnológica, Juan de la Figuera, del IQF, intentaría un doblete para estudiar mejor los nuevos materiales: "Mejor resolución de los instrumentos para verlos mejor y mejores manipuladores, para poder mover las cosas con más cuidado y en menos tiempo".

En este win-win, cuanto más haga la química por la tecnología, más hará la tecnología por la química, y viceversa. Como resumen Andere Basterretxea y Coraile Jehanno, de Polykey: "Cada tecnología que permite que los equipos con los que trabajamos sean más precisos, más rápidos y más robustos, nos facilita la vida y contribuye a los avances en química".

## La geoquímica y el establecimiento de una base lunar permanente

En los últimos años se ha reavivado el interés por volver a la Luna y establecer allí una base permanente habitada, por parte de todas las grandes agencias espaciales. Y para ello será fundamental el mayor aprovechamiento posible de los recursos existentes en nuestro satélite. Es lo que los anglosajones llaman ISRU (siglas en inglés de utilización de recursos *in situ*). Y es que enviar un kilo de material al espacio cuesta alrededor de un millón de euros. Da igual lo que sea, tomates, agua o estructuras metálicas. Entonces, cualquier recurso local que podamos aprovechar va a ser fundamental. ¿Y qué es lo que tenemos allí? rocas y minerales. Y el interés por estudiarlas no es tanto por el punto de vista químico o geoquímico sino más bien por sus aplicaciones, como materia prima. De esas rocas deberemos obtener no solo material constructivo sino también oxígeno, energía y alimentos.

**Texto:** Ignacio Fernández Bayo, periodista de ciencia, a partir de una conversación con Jesús Martínez Frías, investigador científico del Instituto de Geociencias, IGEO (CSIC-UCM) y del Laboratorio de Geociencias de Lanzarote.

Cuando miramos a la Luna, en su cara visible vemos dos zonas claramente diferenciadas. Las más claras, más brillantes porque tienen mayor albedo, son las denominadas tierras altas o *highlands* lunares, y las zonas más oscuras, que son las grandes cuencas de impacto, las tierras bajas o *lowlands*, que tienen otra composición distinta y que tienen un albedo más bajo y por eso se ven más oscuras. La composición y estructura geológica de la otra cara no varía sustancialmente. Las zonas más interesantes son las tierras bajas o grandes mares de lava basáltica. Se trata de un basalto semejante al que se encuentra en la Tierra. Y ese basalto, el material de las grandes cuencas oscuras impactogenicas, es lo más interesante desde el punto de vista de la química lunar.

Fundamentalmente, en la composición del basalto tenemos piroxenos, plagioclásas, olívino y óxidos metálicos; en concreto, magnetita e ilmenita, que son óxidos de hierro y de titanio. Además, asociados a todas estas fases ígneas, también hay muchos elementos que se encuentran en proporciones menores, a veces apenas unas trazas, pero que son interesantes para una futura explotación. Igual que en Canarias, por ejemplo, se utiliza el basalto para hacer carreteras, caminos o vallas, en la Luna también habrá que construir caminos, pistas de despegue y aterrizaje, edificios y escudos anti-radiación, también a partir de ese basalto. Se ha comprobado,

por ejemplo, que basta con dos o tres metros de polvo basáltico para conseguir un escudo eficiente frente a la radiación cósmica.

¿Por qué es interesante químicamente el basalto? Aparte de por el uso como roca industrial, elemento constructivo, resulta que, dado que tiene óxidos y silicatos, también contiene oxígeno. Existen procedimientos químicos sencillos para, por ejemplo, someter a reducción la ilmenita, que es óxido de hierro y titanio, y obtener grandes cantidades de oxígeno, necesario para la respiración de los habitantes de la base y para otros usos. La ilmenita en la luna la descubrió Harrison Smith, un geólogo que participó en la misión Apolo 17, la última que llevó astronautas a nuestro satélite. La ilmenita es el mineral dominante en los suelos anaranjados lunares, que se encuentran en las cuencas de impacto, en las zonas de los llamados maria (o mares) lunares. Entonces, desde el punto de vista químico el suelo lunar nos interesa porque tiene oxígeno, contenido en óxidos y silicatos, y como recurso en sí mismo, como material de uso industrial.

El suelo de estas cuencas de impacto está cubierto de regolito, el material menudo que cubre buena parte del suelo lunar, inmortalizado en las huellas que los astronautas dejaron en nuestro satélite. Está formado por arena y polvo, su composición es muy variada y tiene un espesor notable, de unos cuatro metros de media, aunque varía mucho entre unas zonas y otras.



El cráter Aitken, donde se situará la primera base lunar semipermanente.

Además de los minerales que contiene el regolito, es interesante también por un curioso fenómeno, y es que almacena ingentes cantidades de hidrógeno y de helio-3 que el viento solar ha depositado a lo largo de su historia y que, según algunos expertos en energía, podrían utilizarse no solo *in situ*, sino también como recurso para abastecer la Tierra. Aunque, hoy por hoy, con la tecnología disponible y los costes de viajar entre el planeta y su satélite, eso es y será por mucho tiempo pura ciencia ficción.

La futura base semipermanente estará situada en el polo sur de la Luna, en la llamada Cuenca de Aitken, generada por un impacto gigantesco, y necesitará unos recursos mínimos para establecerse. Sabemos que en esa zona hay cráteres que tienen basaltos y suelos ricos en óxidos de hierro y titanio. También se ha visto que hay hielo de agua en la Luna. Está cartografiada y basta poner en Google “ice moon” y te aparecen mapas del polo sur lunar con las zonas donde se encuentra. Continuamente se anuncian nuevos hallazgos, que en realidad son redescubrimientos un poco más concretos y avanzados de lo que ya se sabía.

También se sabe que ese hielo procede de la interacción del viento solar, que es un viento protónico, con el oxígeno del suelo lunar, proceso en el que se generan micropartículas o nanopartículas de hielo que quedan atrapadas en el suelo y que, a escala de toda la Luna, alcanzan cifras muy grandes de hielo de agua. Lo más interesante de este fenómeno es que en la actualidad existe una especie de ciclo del agua en la Luna, generado no por la actividad geológica,

como en la Tierra, o actividad geodinámica externa, sino por la interacción del viento solar con la Luna. Y no solamente del viento solar; se ha visto también, aunque es algo que no se comenta mucho, que los propios flecos del campo magnético terrestre transportan hasta la Luna oxígeno. Según artículos científicos recientes, ese oxígeno oxida el suelo lunar y se forma, por ejemplo, óxido de hierro.



Meteorito lunar basáltico.

En la Luna también hay hielo de agua procedente de los cometas, que se ha depositado cuando pasan cerca de ella. Parte de ese hielo cae y queda atrapado en los bordes de algunos cráteres. Por último, también hay hielo de agua intra-formacional, de la época en que se formó la Luna, hace unos 4 000 millones de años, y quedó atrapado en las rocas.

### Riquezas minerales

Dentro de los basaltos hay varios tipos: los llamados FETI, porque tienen hierro y titanio y que ya hemos comentado, y los basaltos de tipo KREEP, que se lla-

man así por el acrónimo de algunos de sus principales componentes: potasio, tierras raras y fósforo.

También hay apatita y otra serie de minerales con fósforo. Y finalmente se encuentran muchas brechas basálticas. La Luna está acribillada a impactos y por eso el regolito lunar está muy brechificado e incluso vitrificado en algunos sitios. Es decir, que la parte superficial del regolito, como consecuencia de haber estado expuesta a los millones de impactos, es una especie de pátina de vidrio, como consecuencia de estas colisiones. También se encuentran elementos que han sido depositados como una impronta química alóctona. Es decir, los grandes impactos o los pequeños impactos de los asteroides transportan otra serie de elementos que dejan una anomalía geoquímica en el suelo lunar. Por ejemplo, el iridio. Como se sabe, una forma de identificar el impacto de grandes asteroides, como el que marca en la Tierra el límite Cretácico-Terciario, es la anomalía de iridio que ha quedado, porque es un elemento que es común en los asteroides y no tanto en la litosfera.

Y no solamente el iridio. Sobre todo en las zonas bajas, hay una impronta química en la Luna de los demás elementos del grupo del platino: osmio, rutenio, paladio y rodio. Luego, las zonas altas tienen una composición distinta. Son unas rocas que se llaman de tipo ANT, por los minerales que las forman: anortosita, norita y troctolita. Es una petrología bastante singular aquí en la Tierra, pero que en la Luna es habitual en las tierras altas. De alguna manera son una especie de fase más



Harrison Smith recogiendo muestras de rocas durante la misión Apolo 17.



Una de las propuestas de base lunar que desarrolla la NASA.



Típico paisaje de la Geria, con cultivos sobre material basáltico en Lanzarote.



Experimentos de cultivo con simulantes lunares del Green Moon Project.

intrusiva y no extrusiva, como ocurre con el basalto.

Teniendo en cuenta la composición de las rocas lunares, la base debería situarse en una zona de borde de cráter, donde se pueda acceder a diferentes materiales, especialmente el regolito basáltico, un material con el que se están haciendo pruebas para cultivo de plantas, esencial para conseguir la habitabilidad, ya que proporcionará alimento y oxígeno.

Conocemos muy bien la geoquímica lunar, entre otras cosas, por los más de 382 kilos de rocas, procedentes de diferentes zonas lunares, que las misiones Apolo trajeron a la Tierra y que han sido minuciosamente estudiadas durante décadas. Además, disponemos de otras muestras, las lunaítas, los meteoritos lunares que se generan por grandes impactos contra nuestro satélite, que desprenden material que después cae a la Tierra. Estas son las dos fuentes principales de información química, mineralógica y petrológica de todo lo que hay en la luna. Y luego hay otra fuente secundaria, que es el análisis por espectroscopía térmica a partir de la información que nos llega de los orbitadores lunares, las sondas enviadas para estudiar de cerca la Luna.

## Construcción y agricultura

Ese conocimiento ha permitido comparar la composición y características de esas rocas con las terrestres, lo que facilita la experimentación con ellas. Los basaltos, por ejemplo, son exactamente iguales, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias, heterogeneidades químicas y mineralógicas, en ambos astros. Pero también tenemos localizados

los diferentes tipos de basalto sobre el mapa lunar, porque sabemos de dónde procede cada fragmento analizado. Aunque las muestras lunares las controla celosamente la NASA, el conocimiento actual de su composición es lo suficientemente profundo como para poder fabricar simulantes a partir de materiales terrestres y fabricar regolito lunar o estudiar el comportamiento del basalto, y hacerlos a la medida del lugar de la Luna donde se piense establecer una base. Se puede dopar, poner más o menos óxido de hierro, con sulfuros o con sulfatos, etc. Es lo que se hace en el Laboratorio de Geociencias de Lanzarote, cuyo basalto está dando lugar a la generación de numerosos y excelentes simulantes.

Todo este trabajo y conocimiento permite hacer una buena planificación para el establecimiento de una base permanente. Una de las cuestiones a resolver es determinar la resistencia de los materiales que se puedan utilizar para su construcción. Desde el Laboratorio de Geociencias de Lanzarote se envió el pasado año un fragmento de ese basalto al espacio, dentro de un cohete de Space X, la empresa espacial de Elon Musk, y en un Falcon 9 desde Cabo Cañaveral. Es el primer experimento que se hace a nivel mundial de estas características. El objetivo era ver cómo se fatiga el material, su comportamiento geomecánico, si se deteriora en las extremas condiciones del espacio y poder especular con su comportamiento como material de construcción en la Luna.

Más allá de este objetivo estructural, el uso de simulantes lunares nos permite estudiar otro aspecto básico de una base permanentemente habitada: la producción de alimentos mediante

la agricultura *in situ*. También el basalto de Lanzarote se está utilizando con este fin, permitiendo reproducir lo que sería un cultivo de plantas en condiciones semejantes a las lunares. Uno de los proyectos que intentan conseguir este objetivo es español y se denomina Green Moon Project. Fue puesto en marcha hace un par de años por el ingeniero aeronáutico José María Ortega, y en él colaboran, entre otros, el Laboratorio de Geociencias de Lanzarote; el ingeniero Jorge Pla García, investigador del Centro de Astrobiología; y la botánica Eva Sánchez Rodríguez, directora de la empresa InnoPlant. Hasta ahora, del proyecto han emanado comunicaciones en congresos nacionales e internacionales, pero aún no se ha generado ningún artículo científico. Por eso, aunque se sabe que ya han realizado pruebas con semillas y cultivos, aún no se ha proporcionado información sobre los resultados.

El proyecto generó un acuerdo previo con el equipo chino que consiguió germinar una semilla de algodón en la Luna, con la sonda Chang'e 4 en 2021. La idea era desarrollar una cápsula con cuatro experimentos con semillas de cuatro plantas diferentes para llevarla a la Luna en otra misión china, aunque de momento este plan está parado. Los miembros del equipo chino visitaron Lanzarote y pudieron observar cómo es la agricultura de la isla, en concreto cómo se cultiva vid, papas y otras plantas sobre suelo basáltico semejante al regolito lunar, en las zonas conocidas como la Geria. Y es que Lanzarote es una zona espectacular como laboratorio natural para experimentar con vistas a la agricultura en la Luna y también en Marte.





El vino es uno de los productos básicos de la dieta mediterránea, resultado de un proceso de fermentación del zumo de la uva, y lo ha sido desde hace al menos 5 000 años. Su cultivo se extendió, hace ya siglos, desde el Mare Nostrum hasta numerosas regiones de todo el mundo; una expansión que lo sitúa como una de las bebidas de mayor éxito de la historia. Durante la mayor parte de esos cinco milenios, la mejora del producto se fue realizando mediante procesos de ensayo y error, sin que se conocieran los mecanismos por los que se produce esa transformación desde el mosto hasta el vino. Fue el desarrollo de la química lo que propició un conocimiento cada vez más preciso de esos procesos y, además, la que ha permitido aplicar novedades que han mejorado de forma extraordinaria su calidad en todas las latitudes.

**Texto:** María Isabel Mijares y García-Pelayo, química, enóloga, experta en análisis sensorial, consultora internacional, escritora vitivinícola.

## Gracias, química, por el vino

Durante años, la química en el mundo del vino era casi una palabra que había que evitar y era frecuente oír frases como «mi vino no tiene química», «le doy a probar vinos sin química» o «aquí se hacen vinos naturales, sin química». Pero a la vez, a todo experto conocedor del mundo del vino que podía intervenir en los procesos, se le conocía como «el químico», tuviera la profesión que tuviera. El químico era respetado, pero la química temida.

Más tarde, todo el mundo llegó a entender y reconocer que, gracias a la química y a sus enseñanzas, se pudo llegar a conocer los mecanismos íntimos de la elaboración de los vinos, su estabilización, crianza y envejecimiento y su transporte al mundo entero. Hoy se hacen excelentes vinos en cualquier lugar del planeta, si es adecuado por clima y suelo. La química es y será la ciencia fundamental de apoyo de la enología, de la viticultura e incluso del análisis sensorial de los vinos y alimentos, algo tan valorado en el mundo de hoy.

De nuevo en los últimos años, la búsqueda de lo natural, lo artesano, lo no modificado, ha hecho olvidar en ciertos momentos, que solo el profundo conocimiento de los procesos implicados en la elaboración del vino y en su envejecimiento nos permitirá llegar a ello. El final será un «gracias, química».

Cuando inicie mi carrera en el mundo de la enología, había mucha gente a mi lado, y más aún entre los consumidores, que pensaba que la química consistía en aquellos polvos misteriosos que se añadían al vino de forma casi secreta y, sobre todo, que solo unos cuantos conocían: los químicos, que eran casi brujos. Al ver en una botella de vino blanco, tranquilo o espumoso, blanco o seco e incluso en el generoso, aquellos cristalitos limpios y naturales de bitartrato potásico o de tartrato cálcico, que se veían en el fondo de la botella, el consumidor, desinformado y temeroso, pensaba que era una clara demostración de que los vinos «tenían química» y los rechazaba con horror. El color tan diferente



La autora durante una cata.



Breve recorrido del proceso de creación del vino, desde el viñedo, a través de la uva, su prensado y su tratamiento, hasta su degustación.

de unos vinos rosados a otros e incluso de unos tintos y otros, se creían conseguidos por una intervención externa de los químicos, y se debían a los productos químicos que ellos echaban. También en los vinos tintos la simple precipitación de materia colorante natural y los sabores a barro o madera parecían obra, nuevamente, de los químicos.

Grandes progresos se han hecho en el mundo de la ciencia enológica desde aquellos principios del siglo pasado en que se empezó a hablar de enología y se iniciaron las investigaciones sobre la fermentación de los mostos; todo ello iniciado por el gran Instituto Pasteur (y posteriormente por el Instituto de Enología de Burdeos), en el que trabajaban fundamentalmente químicos. Lo mismo ocurrió en España en el Instituto de Fermentaciones Industriales.

En Burdeos, región tan admirada y pionera en el mundo enológico, farmacéuticos y químicos asesoraban a las primeras bodegas, muchas veces simplemente controlando con análisis elementales sus vinos (grado alcohólico, acidez total, acidez volátil, etc.) y con elementos y mínimos laboratorios. En bastantes ocasiones mucho más motivados por el valor comercial que por su propia calidad. Mucho más tarde se unieron los biólogos y siempre parecía que debía prevalecer la opinión de los ingenieros agrónomos, basándose en el hecho de que el vino era un producto agrícola, lo que es cierto, pero solo hasta que la uva entra en la bodega, convirtiéndose después en un producto

industrial, resultado de unos procesos fermentativos hoy ya bien conocidos y, lo que es mejor, dominados.

Incluso la producción de la uva, su ciclo biológico y sus tiempos los conocemos hoy a fondo gracias a la química. Los procesos del cultivo de la vid y los tratamientos del viñedo; las vinificaciones, los tipos de vino, su evolución, crianza, envejecimiento, estabilización, embotellado e incluso el transporte, los conocemos y controlamos bien y podemos intervenir en ellos gracias a la química. Hoy conocemos casi un millar de componentes en el vino (cuantitativa y cuantitativamente) y aun detectamos componentes que no hemos llegado a identificar y que seguramente podremos hacerlo en los próximos años. La madre química ha guiado a expertos y amateurs a veces aun sin saberlo.

Personalmente pienso que crear un vino, diseñarlo y conseguirlo, conlleva una gran parte de ciencia y, sin duda, una parte de arte, y así lo he considerado en todos los vinos que he podido crear. La química me enseñó también a escuchar a la naturaleza y seguirla. Y nos ha permitido conocer a fondo la uva, la materia prima que viene del campo, su composición, estado de maduración y saber cómo podemos transformarla en vino, conocer cada una de las fases de esa transformación (vinificación) e intervenir si fuera necesario. Gracias a la química se acabaron conceptos como "el vino de este año se me quedó dulce o pálido o ácido". Podemos dirigir la evolución de los vinos desde su naci-

miento, día a día, momento a momento, y llevarlo adecuadamente a su crianza y envejecimiento, incluso después de embotellado.

Y, sin embargo, nunca como hoy hemos utilizado menos productos químicos, tan temidos por el consumidor, quizás por desconocimiento. El frío y el calor y su control nos ha permitido dirigir los procesos sin tener que intervenir, como en otras épocas, con más productos. Gracias a la química y su aplicación razonable se han podido ampliar las áreas de cultivo de la vid, las alturas de cualquier plantación, su densidad. Hoy se puede decir que en muchísimas partes del mundo donde era impensable el cultivo del viñedo, ya lo es, y gracias a conocer bien la composición de los suelos, el clima, el medio ambiente y, cómo no, la química. Se conoce la influencia de la altura, del nivel del mar, de la tropicalidad, de los mares cálidos y los mares fríos etc.

Por supuesto que la enología tiene más ciencias auxiliares, como la agronomía, la biología y la física, pero, sin lugar a duda, la química ha sido la ciencia esencial. Y no digamos nada si analizamos lo que es el análisis sensorial, hoy indispensable no solo en los vinos sino en todos los alimentos. Gracias a la química podemos explicar los caracteres organolépticos (olor, sabor, tacto...) de los vinos, que es lo que nos produce y nos permite valorar la sensación de placer o rechazo ante un alimento.

Por todo eso creo que podemos hoy afirmar sin miedo "gracias, química". ☺



## YouTube como herramienta de apoyo docente: un ayudante disponible 24 horas al día y 365 días al año

### El profesor permanente

Las redes sociales nacieron como una novedosa forma de socializar y comunicarse con amigos y con el mundo en general. Enseguida se convirtieron en un foro público donde compartir ideas, opiniones, curiosidades y eventos de la vida cotidiana a través de textos, fotografías, vídeos, dibujos, música... Pero sus posibilidades se han ido ampliando hasta convertirse en el principal medio de comunicación global y en instrumento al servicio de todo tipo de sectores, incluido el de la educación. Aunque denostadas por muchos docentes por su carácter adictivo, especialmente entre los jóvenes, lo cierto es que pueden ser una herramienta de apoyo para los profesores y un mecanismo para atraer la atención de los alumnos y ayudarles en su proceso de aprendizaje. En concreto, YouTube permite tener un ayudante siempre disponible, capaz de repetir una y otra vez la lección hasta que el estudiante la asimila.

**Texto:** Ignacio Fernández Bayo, periodista de ciencia

“Todo empezó con la crisis económica de 2011. Descubrí que muchos chavales ya no podían pagarse las clases en mi academia y decidí grabar vídeos para poder seguir ayudándoles gratis”. David Calle, ingeniero de telecomunicaciones, inició así una aventura que le ha llevado a tener millón y medio de seguidores en YouTube, que pueden así complementar las enseñanzas que reciben en sus colegios e institutos y mejorar su formación y su entrenamiento de cara a los exámenes y la selectividad en todo tipo de materias científicas, incluida, claro, la química. El canal de David, llamado Unicoos, no es, pese a su nombre, el único que persigue este propósito, pero es uno de los pioneros y de los más seguidos. En el ámbito concreto de la química se encuentran también, por ejemplo, Amigos de la Química y Quimitube.

El caso de Marta Vitores, la creadora de Amigos de la Química, fue diferente. Ella experimentó en propia piel las ventajas de disponer de vídeos con las lecciones: “Durante mi Erasmus, en Sidney, todas las clases estaban grabadas y las presenciales eran optativas. Como era en inglés a veces no entendías algo y me venían muy bien. Además, me servían para repasar y me pareció una idea buenisima, así que cuando empecé a dar clases empecé también a grabar para que mis alumnos pudieran repasar en casa”. Hoy sus alumnos no son solo los del CPI San Jorge de Zaragoza, donde es profesora, sino también esos casi 900.000 seguidores que tiene en su canal de YouTube.

Algo parecido le ocurrió a David Calle, cuyo experimento nació para atender las necesidades de su grupo de estudiantes que se habían descolgado de la academia que posee en un pequeño pueblo situado en las cercanías de Madrid y en la que imparte clases par-

ticulares desde hace más de veinte años. “Empecé pensando en esos 30 o 40 alumnos, pero pronto se viralizó, por esas cosas maravillosas que a veces tienen las redes sociales, y ya hemos tenido 250 millones de visitas, que es una bestialidad”. Pero las cosas no fueron sencillas: “Tardé un montón en arrancar, desde que me lo propuse hasta que grabé el primer vídeo. Había muchas cosas que aprender, porque yo no tenía ni idea de grabar, de hacer vídeos ni de redes sociales. Y empecé a grabar los vídeos por la noche, cuando llegaba a casa de la academia, en la buhardilla”.

Otros muchos profesores de secundaria y bachillerato decidieron a incorporarse a la aventura de grabar sus propios vídeos para sus alumnos con motivo de la pandemia. Natividad de las Cuevas (Fiqui Nati en YouTube), es también profesora de instituto y en esos meses inolvidables del confinamiento decidió vencer su timidez y ponerse a grabar vídeos para sus alumnos, animada por David, que le ayudó en sus comienzos. “Lo que yo hago sobre todo es trabajar los problemas y los ejercicios que hacemos en clase. Al principio grababa los vídeos y se los mandaba direc-



Natividad de las Cuevas.

tamente a mis alumnos. Luego, animada por David, empecé a subirlos”, explica. La experiencia ha sido muy positiva para ella y, sobre todo, para sus alumnos: “es importante para que los que no pueden venir a clase, por enfermedad o porque están de viaje o cualquier otra razón, no se descuelguen”.

Pero la experiencia muestra que estos vídeos tienen mucho más que ofrecer, que pueden ser el complemento ideal para mejorar el rendimiento de los estudiantes, son como un profesor particular incansable, capaz de repetir una y otra vez la lección y que está siempre disponible, a un par de clicks de distancia, las 24 horas del día y los 365 días del año. Los puedes parar, retroceder, pasártelos a cámara rápida o cámara lenta, insistir en un concepto, ver el tema explicado por diferentes expertos. “Yo en clase me distraía mucho y muchos temas los estudiaba directamente en los vídeos”, dice Aaron, alumno de Natividad en el pasado, que actualmente cursa el doble grado de Ingeniería Química e Ingeniería Industrial en la Universidad Rey Juan Carlos de Móstoles (Madrid). “Los utilizaba sobre todo en mates, química y física, y especialmente antes de los exámenes, que los preparaba con vídeos, tanto los de mis profesores, cuando los tenían, como los de otros canales, como Amigos de la Química, Unicoos, Diez de mates y alguno más”, explica.

Marta cuenta, como reflejo del éxito que el medio tiene entre los alumnos que “A veces en clase me preguntan si tengo vídeo del tema y les digo que me pueden preguntar en el aula sin problema. Sin embargo, creo que lo hacen porque en casa pueden repasar los conceptos con más calma y pueden repetir la grabación las veces que necesiten”. La utilidad de YouTube se amplía, además,



Marta Vitores.

## Algunos canales de interés para alumnos de química

### Amigos de la química



El canal de Marta Vitores cuenta con 133 vídeos y acumula 884.000 seguidores.

### Quimitube



Tiene 315 vídeos en total y 184.000 seguidores. Se grabaron entre 2012 y 2015 y están dirigidos específicamente a alumnos de 2º de bachillerato y selectividad.

<https://www.youtube.com/channel/UCJW41iRv8GtXPNr7hVgKc4Q>

### Unicoos



Es el canal de David Calle. Tiene más de 900 vídeos de todas las materias científicas. Cuenta con 1,46 millones de seguidores.

[https://www.youtube.com/@unicoos/playlists?view=50&sort=dd&shelf\\_id=5](https://www.youtube.com/@unicoos/playlists?view=50&sort=dd&shelf_id=5)

### Fiqui Nati



El canal de Natividad de las Cuevas está dedicado a la resolución práctica de problemas de Física y Química de ESO y Bachillerato.

[https://www.youtube.com/@Fiqui\\_Nati](https://www.youtube.com/@Fiqui_Nati)

### Rubén Sebastián



Aunque más centrado en matemáticas contiene 1.175 vídeos, de los cuales 74 son de química. Cuenta con 393.000 seguidores.

[https://www.youtube.com/@RubenSebastian/playlists?view=50&sort=dd&shelf\\_id=12](https://www.youtube.com/@RubenSebastian/playlists?view=50&sort=dd&shelf_id=12)

### Breaking Vlad



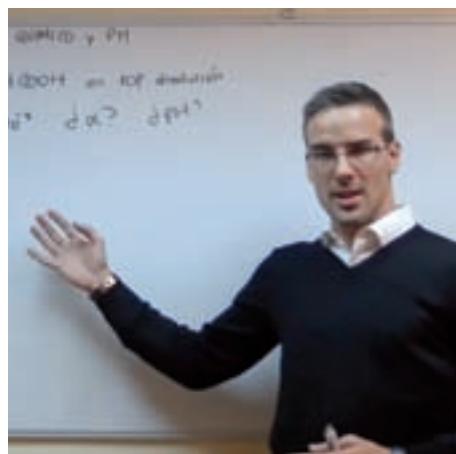
Vladimir Sánchez tiene 398.000 seguidores y ha producido 799 vídeos, casi todos de química. Algunos se ajustan al currículo de secundaria y otros son más divulgativos y de curiosidades químicas.

<https://www.youtube.com/@BreakingVlad/videos>

porque muchos de estos “profesores a distancia” reciben solicitudes para determinados temas que no quedan suficientemente claros ni en clase ni en los vídeos, y atienden estas peticiones en la medida de sus posibilidades. Se produce una interacción que resulta también estimulante para los youtubers. “Es muy bonito poder mantener una relación con los alumnos a través de los comentarios. Algunos te piden que toques algún tema, pero la mayoría escribe para darte las gracias y eso produce una gran satis-

facción, porque sientes que has ayudado a los chavales”, dice David. Y Marta corrobora: “me encanta el feedback de los alumnos”.

Pese a sus aparentes ventajas, el uso que se hace de esta herramienta en las aulas es todavía escaso. “En general los profesores utilizan muy poco YouTube. Entre poco y nada. Tengo una muestra muy amplia de ellos porque soy interina y cada año me toca un instituto distinto”, dice Natividad. No es la experiencia de Marta, que dice que muchos profesores lo están utilizando ya. En general, es cierto que las redes sociales son vistas con sospecha por muchos docentes porque también son un factor de distracción de los alumnos, y a ello se une el que la edad media del profesorado de estas etapas es elevada (según un informe de la OCDE en 2020 el 47% tenía más de 50 años) y les resulta complicado adaptarse a las exigencias de grabar los vídeos y mantener una cuenta donde irlos subiendo. Pero siempre pueden aprovechar los canales ya existentes, como los que aquí se citan, lo que no les debería resultar complicado y les resultaría de ayuda en su trabajo.



David Calle



## El sector químico, innovador y esencial ante el reto de la descarbonización de Europa para 2050

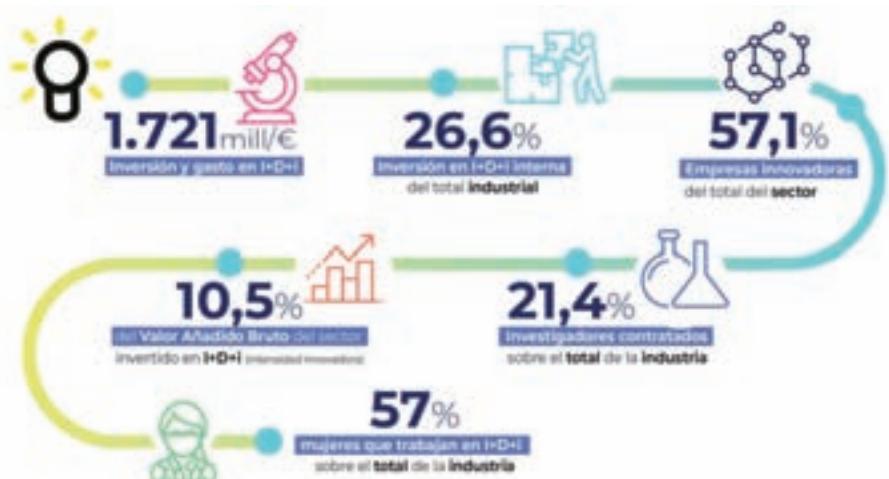
Desde el punto de vista económico, el año 2022 ha sido un año de contrastes, paradójico y complejo, por las distintas incertidumbres que lo han jalónado y que continúan presentes; singularmente la guerra en Ucrania, la inflación y la crisis energética. Fue un año en el que la industria química tuvo un crecimiento récord del 16,3 % de la cifra de negocios, hasta alcanzar los 90 000 millones de euros, pero estas cifras resultan engañosas, puesto que se deben exclusivamente al incremento de los precios, no de la producción, que apenas creció un punto. Con todo, la industria química continúa siendo uno de los mayores y más consolidados sectores industriales de España, al representar el 5,6 % del PIB, el 4,6 % de la población activa asalariada y al ser el mayor inversor privado en innovación, factor clave para alcanzar los retos climáticos que postula el Green Deal europeo.

Dentro de la industria química, en 2022 el comportamiento de los diferentes subsectores que la componen fue muy desigual: los excelentes resultados de la farmaquímica y de la química de consumo contrastaron con el descenso productivo que experimentó la química básica, muy afectada por los altos costes energéticos. El elevado crecimiento de la cifra de negocios durante el año nos consolida ya como el segundo mayor sector industrial de la economía española, tras la alimentación, y seguimos liderando el capítulo exportador, con una facturación en el exterior de 63 626 millones de euros, de modo que, actualmente, uno de cada cinco euros que España genera en los mercados internacionales, lo hace gracias a una empresa química.

En el ámbito del empleo, el sector químico ha seguido generando puestos de trabajo de calidad, experimentando un crecimiento de su fuerza laboral directa del 12,1 % hasta los 234 200 asalariados directos, que se elevan a 796 280 personas contando también los indirectos e inducidos.

A estos datos se une nuestro esfuerzo innovador, verdadero motor del sector, donde seguimos ofreciendo un intenso esfuerzo inversor, el mayor de nuestro país, y una ratio de intensidad que supera el 10 % respecto a nuestro valor añadido, seis veces más que la media nacional. También encabezamos la contratación de investigadores del sector privado, ya que 1 de cada 5 son contratados por la industria química.

Más allá de factores tradicionales, para explicar este esfuerzo existe una clara apuesta de la innovación en este sector, que está ligada al horizonte de la descarbonización, que se erige como elemento esencial y diferenciador de cara al futuro, situándose como vector indispensable para proporcionar soluciones innovadoras a otras industrias, apoyando su transformación a través de sus productos, materiales y procesos de producción y que impulsan el uso eficiente de los recursos, la circularidad del ciclo de vida de los materiales a lo largo de la cadena de valor y la generación de productos seguros y sostenibles desde el diseño. Este hecho no resulta



**Texto:** Juan Labat, director general de Feique.

La industria química, líder en innovación y esencial para el desarrollo sostenible.



Datos clave del sector químico español.

extraño teniendo en cuenta que nuestra industria abastece con sus productos y tecnologías al 98 % de los sectores productivos.

El sector químico ya está generando tecnologías y materiales en el ámbito de la transición energética para mejorar la eficiencia de las energías renovables, sistemas avanzados para el almacenamiento energético, innovaciones para impulsar la economía del hidrógeno verde y el uso de gases renovables o procesos químicos con bajas o nulas emisiones. Soluciones, como paneles solares, baterías, turbinas eólicas, hidrógeno, aislamiento de edificios, productos electrónicos. Incluso los productos farmacéuticos fabricados en Europa dependen de la innovación que proporciona la química y permitirán dar respuesta a los ambiciosos objetivos del Pacto Verde Europeo.

En el ámbito de la economía circular, directamente vinculado a la descarbonización, el sector está desarrollando tecnologías capaces de convertir residuos en sustancias de alto valor añadido, como es el caso de las tecnologías del reciclaje químico, la captura y uso del CO<sub>2</sub> como materia prima o el desarrollo de bioproductos.

Este potencial innovador también se está desarrollando para mejorar los procesos propios y ser una industria todavía más eficiente, productiva y segura. Aunque desde el año 2000, la industria química ha reducido en un 40 % sus emisiones de gases de efecto invernadero por tonelada producida, estimamos que necesitaremos unas inversiones de 70 000 millones de euros hasta 2050 para lograr las cero emisiones netas en

combustión y procesos. Y para abordar eficazmente el cambio de procesos y modelos productivos, la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación, son fundamentales.

Asimismo, en esta senda hacia la descarbonización, España debe ser capaz de concentrar esfuerzos en diseñar un nuevo mercado eléctrico que permita tener un horizonte de precio competitivo a largo plazo, orientar adecuadamente las medidas para desarrollar los sistemas de captura, almacenamiento y uso del CO<sub>2</sub> y acelerar el desarrollo competitivo del hidrógeno renovable.

Respecto a la reforma del mercado eléctrico, para el sector químico el modelo de mercado debe conjugar cuatro objetivos: garantía de suministro, descarbonización, rentabilidad razonable para impulsar inversiones en generación limpia y precios competitivos y predecibles a largo plazo para el consumidor. A este cuarto factor, en la propuesta de reforma eléctrica que está proponiendo la Comisión Europea no se encuentra, ni antes ni ahora, una respuesta adecuada.

Para alcanzar los objetivos de neutralidad climática en 2050 resultan imprescindibles las tecnologías de captura, almacenamiento y uso de CO<sub>2</sub> (CAUC), ya que son la única alternativa tecnológica que permite la retirada de CO<sub>2</sub> de la atmósfera contribuyendo a reducir emisiones en sectores con emisiones de proceso difíciles de abatir, como es el caso de las industrias del cemento, la cal o la química. Sin embargo, España es uno de los países de la UE que no ha incluido aún en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)

las actividades de I+D ni el desarrollo de estrategias y proyectos CAUC a gran escala para 2030, a pesar de las recomendaciones de la propia Comisión Europea. En el caso particular de la química, al menos el 20 % del carbono utilizado en los productos químicos y materias primas plásticas debe proceder de fuentes no fósiles sostenibles de aquí a 2030.

Por otra parte, el hidrógeno renovable será un pilar fundamental para garantizar el cumplimiento de los objetivos de descarbonización, aunque sigue siendo una apuesta a largo plazo. Dado que el sector químico es el segundo mayor sector en consumo de gas (tras el refino), tanto para uso energético como para emplearlo como materia prima para producir fertilizantes, metanol y otros productos esenciales, su desarrollo será clave para nosotros como uno de los vectores que nos permitan prescindir de los combustibles fósiles, junto a la eficiencia energética y la electrificación.

Está claro que más allá de su contribución a la generación de riqueza y empleo de calidad, la industria química resulta esencial para lograr los grandes objetivos del desarrollo sostenible y, particularmente, aquellos vinculados a la descarbonización y a la lucha contra el cambio climático. Sin la contribución de la química no será posible lograr los objetivos fijados por la UE en el marco del Pacto Verde para lograr las cero emisiones netas antes de 2050. Será igualmente indispensable para impulsar estas capacidades el apoyo a través de las políticas adecuadas. El sector químico está preparado para ello, liderando esta oportunidad única.

# entrevista

Entrevista con Javier García Martínez, presidente de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada

## “Tenemos que reinventar nuestra relación con el planeta”

Javier García Martínez (Logroño, 1973), es catedrático de Química Inorgánica en la Universidad de Alicante, fundador, durante su estancia en el MIT, de la empresa Rive Technology, de catalizadores, que fue adquirida en 2019 por la multinacional química Grace; Premio Rei Jaume I en Nuevas Tecnologías en 2014; y miembro del Consejo de Tecnología del Foro Económico Mundial. Está considerado uno de los investigadores más relevantes del mundo en nanotecnología aplicada a la catálisis. Sus catalizadores, que reducen las emisiones de CO<sub>2</sub>, se usan actualmente en plantas químicas de todo el mundo. Es el primer español que preside la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), elegido en 2019 para el periodo 2022-2023. García Martínez también es el primer presidente de la Academia Joven de España, creada en 2019 por el Consejo de Ministros, cuyo objetivo es apoyar a jóvenes científicos españoles.

**Texto:** Eugenia Angulo, periodista de ciencia

**Pregunta. Usted es el primer presidente español de la IUPAC, ¿cómo está siendo la experiencia?**

**Respuesta.** Ser presidente de la IUPAC es a la vez un gran honor y una enorme responsabilidad. En primer lugar, porque te elige la comunidad química global. La IUPAC representa prácticamente a todos los países y el hecho de que te elijan para ser la cara de la química a nivel internacional es un enorme honor. Por otro lado, también es una gran responsabilidad, porque la IUPAC realiza tareas muy importantes, no solamente con la nomenclatura y la terminología química, sino también con los estándares, métodos de medida... Un gran proyecto que tenemos ahora es desarrollar un nuevo lenguaje para las máquinas, una nueva nomenclatura que permita incorporar la inteligencia artificial al descubrimiento químico; lo que es una gran tarea, sin duda, y por eso también muy compleja.

**P. Ese alcance mundial, en una época crítica como esta, ¿complica la gestión?**

**R.** La situación geopolítica internacional no es fácil, no, y como la IUPAC está formada por países –muchas veces digo que la IUPAC es las Naciones Unidas de la química–, dirigir una institución internacional con una guerra en Europa, una crisis económica que no termina de superarse, la transición energética, el reto que supone el cambio climático... es complejo. Pero también una oportunidad excepcional.

**P. La IUPAC tiene algo de mítico para un químico ¿no?**

**R.** Esa es una de mis misiones, no tanto desmitificarla, como hacerla cercana. Estoy haciendo un esfuerzo enorme para asistir a muchos eventos, a universidades, institutos... Por ejemplo, el fin de semana pasado estuve en las Olimpiadas Nacionales de Química, en Valencia. Allí hablé a más de trescientos

jóvenes sobre el futuro de la química y cómo pueden construir un mundo mejor desde el conocimiento. La importancia de las evidencias, de la información... Fue muy inspirador. Ellos me decían que tenían una imagen muy alejada de la IUPAC y que les parecía estupendo tener una persona que les hable en su idioma y que sea tan cercano.

**P. ¿Ve a la gente joven con interés por la química?**

**R.** No tanto como me gustaría. Me estoy centrando mucho en trabajar por las nuevas vocaciones. Ahora voy a ir a la fase final de las Olimpiadas Internacionales de Química. Para mí es muy importante que el mejor talento joven se dedique a resolver los grandes problemas que tenemos por delante, pero no está siendo fácil. No tenemos muchos jóvenes que quieran dedicarse a la investigación. Hay partes del mundo donde las mujeres tienen prohibido o tienen dificultades para estudiar y desarrollar una carrera científica. La IUPAC me está dando una visión amplia, porque normalmente estamos acostumbrados a hablar del contexto europeo, de los países de Occidente, pero cuando uno representa a una organización internacional ve que hay temas más urgentes. El primero es que las mujeres puedan estudiar y desarrollar su carrera. Luego, en general, que haya más jóvenes que estudien ciencias y nos ayuden a encontrar las soluciones que necesitamos. Y también, algunos de ellos, que las implementen, es decir, que creen nuevas empresas o licencien su tecnología para que nos beneficiemos todos de los resultados de la investigación.

**P. Para acercar la IUPAC y la ciencia en general a la sociedad suele decir que el inglés no debe ser el único idioma de la ciencia.**



**R.** La ciencia no solo tiene que ser la casa común de todos, sino que cualquier persona se tiene que sentir invitada a participar en esta tarea común que significa la investigación. Para eso primero tenemos que abrir las puertas a los grupos menos representados. En la IUPAC hacemos un gran esfuerzo en temas de diversidad y parte de eso también es que la ciencia se hable en todos los idiomas, no solamente en inglés. Como primer presidente español de la IUPAC (y porque somos 600 millones de hispanohablantes), nada más asumir mi presidencia contacté con dos profesores españoles,

Pascual Román y Efraím Reyes, y les invitó a traducir los textos fundamentales de la IUPAC y las nomenclaturas orgánica, inorgánica y de polímeros. Hemos hecho unas guías breves con la tabla periódica, magnitudes, símbolos... traducidas al español y publicadas por la Universidad de La Rioja y que además se han puesto de forma gratuita en el portal Dialnet. Lleva ya más de 10.000 descargas y recoge todo el material sobre química aprobado por la IUPAC. Esta es una tarea importante para que las traducciones a los diferentes idiomas estén también consensuadas, estandarizadas.

**P. ¿Qué puede hacer la IUPAC para fomentar las vocaciones femeninas de ciencia?**

**R.** En occidente tenemos la famosa gráfica de la tijera: no hay problemas en que las mujeres accedan a las carreras de ciencias, básicamente son la mitad, incluso también siguen siendo la mitad en cuanto a estudiantes de doctorado, pero en el momento que alcanzan los 35-40 años disminuye notablemente el número de mujeres. Los catedráticos y gente con responsabilidad suelen ser hombres. Podría decirse, ‘vamos a dejar que pasen los años porque si las mujeres se incorporan a las carreras de ciencias finalmente terminarán siendo catedráticas, rectoras o vicerrectoras. Pero lo que vemos es que no es así. El contexto social hace que las mujeres en un momento de su carrera decidan dar un paso atrás, dejar la ciencia o no asumir responsabilidades.

**P. ¿Y en otros países?**

**R.** Existen países en los que las mujeres no pueden estudiar, como ocurre en Afganistán actualmente, que es una de nuestras grandes preocupaciones. En otros, pueden estudiar, pero no pueden ejercer. Luego está el problema de África, donde las niñas abandonan la escolarización en etapas muy tempranas, se casan muy jóvenes, empiezan a tener niños y su proyección profesional se queda en nada. Lo primero que hice como presidente de la IUPAC fue crear un comité sobre diversidad y ética que no teníamos y que ha sido fundamental, no solamente para que dentro de la IUPAC tengamos comportamientos más éticos y favorecer la diversidad, sino también para crear guías, políticas y recomendaciones sobre diversidad a nivel internacional.

**P. Me hablaba sobre un nuevo lenguaje químico para las máquinas**

**R.** La inteligencia artificial es el tema de nuestro tiempo; no solo es el futuro, también es el presente. Estamos viendo algunos de los grandes descubrimientos científicos, como Alpha Fold en biología, algunos desarrollos realizados por Meta IA o con Open IA que son extraordinarios. Pero la lengua de la química que nos hemos dado, que ha creado la IUPAC y que se enseña en colegios de todo el mundo, no está pensada para las máquinas. Cuando los químicos decimos palabras como aldehído, carbonilo o benceno, funcionan muy bien para los humanos,



Reunión del Bureau de la IUPAC en Frankfurt, presidida por Javier García Martínez.

pero no para las máquinas. Por eso estamos impulsando un proyecto para crear un nuevo lenguaje para los ordenadores. Se llama International Chemical Identifier (InChI) y llevamos ya casi una década con él. Se trata de una sucesión de letras y números que codifican para cualquier molécula, de forma que las máquinas entiendan qué es, de qué está hecha, cómo son los enlaces e incluso su estructura tridimensional.

**P. ¿Cómo ve el futuro de la química en un mundo que afronta retos energéticos, ambientales, de escasez de recursos...? Algunos, además, tienen su origen en la química, como los efectos de los fertilizantes.**

**R.** Este es el tema probablemente que más me preocupa. Tenemos que reinventar nuestra relación con el planeta. Hemos llegado a un nivel tal que la si-

tuación es insostenible. Parte de esta reinvención pasa por la química. A día de hoy, nuestra profesión y nuestra in-

► Llevamos casi una década desarrollando el International Chemical Identifier, un lenguaje químico que puedan entender las máquinas ►

dustria consisten en extraer recursos del planeta, como agua, minerales, derivados del petróleo, carbón..., y transformarlos en productos útiles de alto

valor añadido. Tenemos procesos para transformar prácticamente todo en cualquier cosa. Sin embargo, solo el 30 % de lo que extraemos se transforma en productos útiles y de ese 30 %, solo un poquito más del 8 % lo reutilizamos. Este proceso lineal de extraer, transformar y vender no es sostenible. Porque una vez vendidos y usados muchos productos en el planeta quedan, durante muchos años, sus residuos: plásticos, pinturas, disolventes, polímeros... Eso no es sostenible.

**P. ¿Y qué habría que hacer para ser sostenible?**

**R.** Reinventar la química para que pase de lineal a circular. Desde el inicio, cuando se diseñan las moléculas y los procesos, debería estar ya presente la sostenibilidad, de forma que una vez que generemos las cosas sea muy fácil transformar esos productos en nueva materia prima. Estamos viendo descubrimientos extraordinarios en el uso de CO<sub>2</sub> para generar combustibles y plásticos, pero también plásticos que son reutilizables y pueden despolimerizarse y luego volver a utilizarse. La economía circular no es posible sin la química circular, sin encontrar los procesos químicos que nos permitan reutilizar todo lo que producimos. El negocio de extraer, transformar y producir no puede continuar. No podemos permitir que nuestra industria crezca con estos niveles de emisión y de impacto en el medio ambiente. El gran reto de la química es desacoplar crecimiento económico de impacto medioambiental.

**P. ¿Tenemos tiempo para hacer una reinvención de tal calado?**

**R.** Algunas alternativas que se están barajando están muy adelantadas, como el uso del hidrógeno verde, una aportación de la química clarísima, el amoniaco verde en el tema de los fertilizantes sostenibles que comentábamos; también hay grandes avances en el uso de CO<sub>2</sub> como materia prima... Tiene que ser un esfuerzo desde todos los ámbitos: un aspecto regulatorio que nos impida emitir a los niveles actuales y también un compromiso personal de todos los ciudadanos que entendemos que la energía no es un bien ilimitado. Que la utilicemos como hacemos con el agua, conscientes de que es un bien escaso. Y luego la parte de investigación dando soluciones que nos permitan crecer y tener cada vez mayor calidad de vida sin impactar al medio ambiente.



Zeolitas híbridas desarrolladas por el equipo de Javier García Martínez.

# noticias

## NOTICIAS

### Elecciones 2023 y toma de posesión de la Junta de Gobierno de la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid

El 28 de marzo de 2023 se celebró la asamblea general de la Asociación y tomó posesión la nueva Junta de Gobierno, quedando constituidas de la siguiente manera (todos electos salvo los indicados):

#### Presidente

Íñigo Pérez-Baroja Verde

#### Vicepresidente 1º

Donato Herrera Muñoz

#### Vicepresidente 2º

Valentín González García

#### Secretario

Rosario García Giménez

#### Tesorero

María Dueñas Pérez

#### Vicesecretario

Ana María Bahamonde Santos

#### Vicetesorero

Ignacio Ramírez Cuesta

#### Vocales

Mª del Mar Alarcón Hernández

Lourdes Campanero Campanero

Mª del Carmen Clemente Jul (electo y nato)

Félix García-Ochoa Soria

Emilio Gómez Castro

Antonio Gutiérrez Maroto (electo y nato)

Esther Lindoso García (electo y nato)

Baldomero Javier Perdigón Melón

Mario Redondo Ciércoles

Manuel Serrano Serrano

Luis Martín Carrera de Figueras (nato)

Juan Díez Martín (nato)

Sara Fernández Martín (nato)

Beatriz Lorenzo Rodríguez (nato)

Luis Alberto Rubio Fernández (nato)

Mª del Carmen Sánchez Hipólito (nato)

También se renovaron los asambleístas de ANQUE:

Mª del Mar Alarcón Hernández  
Mª del Carmen Clemente Jul  
Félix García-Ochoa Soria  
Emilio Gómez Castro  
Valentín González García  
Antonio Gutiérrez Maroto  
Donato Herrera Muñoz (nato)  
Francisco Isabel Fernández-Vega  
Carlos Negro Álvarez  
Íñigo Pérez-Baroja Verde (nato)  
Mario Francisco Redondo Ciércoles

de Químicos de Madrid (al cual pertenece Castilla la Mancha), Íñigo Pérez-Baroja Verde, impartió la conferencia "Falsos mitos de la quimiofobia", en la que abogó por seguir acercando la química a la sociedad de forma comprensible para todos, ya que la mayoría de mensajes que se difunden resaltan aspectos negativos y no los beneficios, que "como todos sabemos, son infinitos".

### Conferencia de Íñigo Pérez-Baroja sobre "Falsos mitos de la quimiofobia"



El 18 de noviembre de 2022 tuvo lugar la celebración de San Alberto Magno en la Delegación de Puertollano. Entre los actos celebrados en conmemoración de nuestro patrón, el decano del Colegio Oficial

### Ricardo Díaz Martín, galardonado con el premio Arquicma

La Asociación Regional de Químicos y Profesionales de la Industria de Castilla-La Mancha galardonó con el premio Arquicma al exdecano del Colegio Oficial de Químicos de Madrid, Ricardo Díaz, durante la celebración de San Alberto Magno en Puertollano.

### Premios Suschem a Jóvenes Investigadores Químicos 2022 y convocatoria 2023

La Plataforma Tecnológica y de Innovación de Química Sostenible SusChem España entregó el pasado año los Premios SusChem a Jóvenes Investigadores Químicos 2022, su 14ª edición, a Natalia Muñoz (categoría Innova), Ignacio Funes (categoría Investiga) y Alejandra Pita (categoría Futura). La entrega se realizó durante la celebración del Día de la Química que tuvo lugar en la Universidad de La Rioja. Además, PASA A PÁGINA 27 ►

### Celebración del Día del Agua en Puertollano

Manuel Serrano Serrano, vicepresidente de Arquicma y vocal-delegado de la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid en Puertollano, presentó, el 12 de abril, la exposición El Agua y la Vida, con motivo del Día Mundial del Agua, que se celebró el día 23 de marzo bajo el lema "Acelerar el cambio", en referencia al sexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, que pretende garantizar que todo el mundo disponga de agua potable y saneamiento.

La exposición está dirigida a los alumnos de 3º de ESO y en ella se describe la aparición del agua en la Tierra, el ciclo del agua, el proceso de potabilización y depuración, composición y propiedades de la misma, distribución en la Tierra, su presencia en el universo, en la industria y su relación con todos los seres vivos y en especial con el ser humano.

La actividad fue organizada por Margarita Moreno Molina, profesora del Colegio San José de Puertollano, y a Manuel Serrano Serrano le acompañó Juan Ramón Alvarez, presidente de Arquicma.



## ¿Prevenir o curar?

En la actualidad, el ritmo de vida es cada vez más acelerado y el estrés es moneda corriente, cuidar de nuestra salud se deja, en muchas ocasiones, en un segundo plano y no se le concede el carácter prioritario que debería tener.

Nueva Mutua Sanitaria lleva 70 años pensando en la salud y, gracias a esta experiencia, ha creado CALENDÁ, su nuevo servicio de medicina preventiva, que da respuesta a la necesidad de disponer de una agenda de salud personalizada que nos permita tener un adecuado control de nuestras necesidades médicas antes de caer enfermos.

La medicina preventiva es una forma inteligente de proteger nuestro bienestar a largo plazo. De hecho, es uno de los métodos más efectivos que se conocen actualmente si queremos lograr una reducción significativa en el desarrollo de las enfermedades. Nueva Mutua Sanitaria lleva más de 10 años realizando campañas de prevención para sus asegurados, esta experiencia nos ha permitido avanzar a una solución más integral como



# caleñda

Tu nueva forma de entender la salud

Más inteligente. Más personal. Más Fácil.

CALENDÁ. Las posibilidades de una detección precoz de patologías en el organismo derivan en un proceso más amable, seguro y tranquilo para el paciente.

CALENDÁ nace para todas esas personas que quieren priorizar su salud y disponer de la tranquilidad y comodidad que brinda tener su propio gestor de salud y su propio médico Calenda que se encargue, entre otras cosas, de:

- Realizar la valoración inicial, con analíticas completas incluyendo todos los indicadores adecuados a sus antecedentes y edad, para conocer su estado de salud.

- Diseñar su plan de prevención personalizado en función de la edad y el sexo.
- Diseñar y supervisar su agenda de salud.
- Programar pruebas diagnósticas necesarias en su plan personalizado.
- Hacer seguimiento del estado de su salud.

Gracias a este plan personalizado, su salud pasa a ser la prioridad de CALENDÁ, que se encargará de todo lo necesario para que usted pueda olvidarse de la salud como la había entendido hasta ahora.

## SALUD PROFESIONAL



Ahora tu seguro de Salud  
**SIN CARENCIAS\***  
y **CON SEGURO DENTAL\*\*** con  
**67 tratamientos incluidos.**

¿Te lo vas a perder?

\* Promoción "sin carencias" dirigida a nuevos asegurados que se den de alta con efecto desde el 01 de abril hasta el 30 de junio de 2023. No serán de aplicación los períodos de carencia de 180 días definidos en las condiciones generales del seguro, salvo para la asistencia al parto, que sí es de aplicación. También se aplica la carencia de 24 meses para las prestaciones especiales siguientes: diagnóstico y tratamiento de la infertilidad y cirugía refractiva de la miopía.

\*\* Póliza Dental sin coste adicional hasta el 31/12/23 para pólizas nuevas de salud contratadas con fecha de efecto entre el 1/04 y 30/06 2023.

Consultar condiciones en: [www.nuevamutuasanitaria.es/condicionespromocion#campania-sin-carencias](http://www.nuevamutuasanitaria.es/condicionespromocion#campania-sin-carencias)

## Conferencias

**E**l Colegio y la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid celebraron las siguientes conferencias:

### Actualización normativa cosmética 2021-22

■ 16 de noviembre de 2022

Organizada por la Sociedad Española de Químicos Cosméticos (SEQC)

**Ponente:**

José Vicente Calomarde Burgaleta

### Mesa redonda: Desde el vidrio natural hasta las vidrieras

■ 17 de noviembre de 2022

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química

**Ponentes:**

- Javier García Guinea
- Mª del Pilar Alonso Abad
- Paloma Pastor Rey de Viñas
- Ximo Roca Bosch

### Conferencia y cata de vinos

■ 19 de diciembre de 2022

Organizada por la Sección de Jubilados

**Ponente:**

Juan Diez Aja

### Informática y phishing

■ 10 de enero de 2023

Organizada por Sección de Jubilados

**Ponente:**

Oliver Fernández García

### Los oligoelementos y la salud

■ 9 de marzo de 2023

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química

**Ponente:**

José Ramón Álvarez Collado

### El tratamiento y reciclaje del vidrio. De los usos convencionales a los tratamientos actuales

■ 20 de abril de 2023

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química

**Ponente:**

Fernando Gómez Esteban

### Taller: Feria química de las flores

■ 5 y 27 de mayo de 2023

**Ponente:**

Belén Serrano San Román

### Taller: Cómo firmar con DNI electrónico

■ 31 de mayo de 2023

**Ponente:**

Oliver Fernández García

### Los verracos vettones: historiografía, arqueología y geoquímica

■ 21 de junio de 2023

Organizada por la Sección Técnica de Geoquímica

**Ponente:**

Gregorio Ramón Manglano Valcárcel

### Planificación de la jubilación

■ 27 de junio de 2023

Organizada por el Colegio de Químicos de Madrid

Impartida por un técnico de MAPFRE

## Cursos

### Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, APQ, APQ 0 y APQ 10

■ 26 y 27 de septiembre de 2022

Formación impartida por empresa Conterol

### Curso QIR 2023/2024

Colquimur Formación es el centro de referencia en la preparación de acceso al QIR (químico interno residente) a nivel nacional. Este curso está coorganizado y avalado por los colegios oficiales de Murcia, Madrid y Valencia.

■ Inicio: 27 de marzo de 2023.

■ Duración: Presencial 404 horas

On line 350 horas

<https://colquimurformacion.com/cursos-qir/n>

### Cálculo de incertidumbres a partir de datos de controles internos y externos

■ 17, 18 y 19 de mayo de 2023

Organizado por la Sección Técnica de Calidad de la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid



► VIENE DE PÁGINA 25 SusChem-España ha convocado la XV Edición de estos premios, que pretenden reconocer, incentivar y promover la actividad científica y divulgativa entre los jóvenes investigadores de las diferentes áreas de especialización en química sostenible en tres categorías, denominadas Futura, Innova e Investiga.

### Íñigo Pérez-Baroja vocal del Servicio Madrileño de Salud

El decano del Colegio Oficial de Químicos de Madrid, Íñigo Pérez-Baroja Verde, ha sido nombrado vocal del Consejo de Administración del Servicio Madrileño de Salud por la Orden 1665/2022. Se trata de un importante reconocimiento a la labor que los químicos desarrollamos en el área de las ciencias de la salud.

### Nuevas ventajas para colegiados

El Colegio y la Asociación de Químicos de Madrid ofrecen nuevos servicios a sus colegiados. En el apartado de la página web "Ventajas de ser Colegiado" se pueden encontrar ofertas variadas y en el Club QM, plataforma exclusiva para colegiados, diversas empresas ofrecen descuentos (registrándose con el código de activación: CBLCLUBQM), entre ellas:

- Ropa (Adidas, Puma, Las Rozas Village)
- Complementos (Rayban, Oakley...)
- Viajes (Avis, Sixt, Barceló Hoteles, La Vida es Bella...)
- Restauración (Vips, 5 jotas, Toro Tapas...)
- Alimentación (Día, Nespresso Dolce Gusto...)
- Tecnología (Acer, Asus, Bosch, Braun...)
- Ocio (teatro, musicales...)

Explorando en este apartado de la web, se pueden comprobar y descubrir cada mes todas las categorías, ofertas, y ventajas para nuestro colectivo.

### Convenios de colaboración firmados por el Colegio

- CB Loyalty, empresa que proporciona una plataforma de fidelización de clientes, ofrece a los colegiados descuentos especiales en compras y ofertas de terceros en los sectores de moda y belleza, viajes y ocio, hogar y estilo de vida y tecnología.
- Hotelius, plataforma de reservas hoteleras, han renovado el convenio de colaboración por el cual los colegiados y asociados pueden obtener descuentos especiales en más de 125.000 hoteles.

- El Colegio de Química de Murcia ofrece a los colegiados de Madrid acceso a la consulta completa de todas las normas UNE de manera gratuita. En caso de estar interesado en adquirirlos tendrán un descuento del 10%.
- Los Colegios Oficiales de Madrid, Murcia y Valencia han acordado organizar el curso de preparación de las pruebas de acceso al QIR (químico interno residente) 2023/2024 en todas sus modalidades: presencial, semipresencial y on-line.
- Instituto Superior del Medio Ambiente (ISM), con el objeto de establecer un marco de cooperación en materia de educación en el ámbito del medio ambiente.
- IMF International Business School para establecer una colaboración en materias de formación y promover el área de Biotech & Pharma.
- Mapfre España, compañía de seguros y reaseguros, S.A., con el fin de definir sinergias comunes.
- CEF, Centro de Estudios Financieros.
- UDIMA, Universidad a Distancia de Madrid.
- Fira Internacional de Barcelona, para visibilizar la Feria Internacional de la Química, Expoquimia.

trabajo y entrega en favor de todos los colegiados a lo largo de los años.

### **Carlos Negro, vicepresidente de la WCEC**

En su reunión del 17 de noviembre de 2022, el Consejo Mundial de Ingeniería Química (WCEC) eligió como vicepresidente a nuestro compañero Carlos Ne-



gro, catedrático del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales de la Universidad Complutense. Se trata del primer español que forma parte de este Consejo Mundial.

### **Tercera Jornada Internacional Virtual sobre Seguridad Industrial y Transición Energética**

El pasado 30 de enero se celebró, de forma virtual, la 3<sup>a</sup> Jornada Técnica Nacional e Internacional de Seguridad Industrial y Transición Energética, organizada por Arquicma, el Consejo General de Profesionales de Seguridad y Salud en el Trabajo y la Cátedra de PRL y SP de la Universidad de Córdoba. Contó con la participación de compañías, como Repsol y Fertiberia, y con la colaboración de instituciones y empresas, como el Centro Nacional del Hidrógeno y el Colegio de Químicos de Madrid.

### **Presencia en los medios de comunicación**

El Colegio ha participado a través de nuestro decano, Iñigo Pérez-Baroja Verde, en diversas cadenas de televisión y otros medios de comunicación para hacer aclaraciones sobre sucesos

relacionados con la química, entre otros:

- Riesgos del Fentanilo, en La Cuatro [https://www.mitele.es/programas-tv/cuatro-al-dia/2023/diario/programa-1944-40\\_09280963/player/](https://www.mitele.es/programas-tv/cuatro-al-dia/2023/diario/programa-1944-40_09280963/player/)

- El fosfuro de aluminio como plaguicida, en Antena3

[https://www.antena3.com/programas/y-ahora-sonsoles/madre-hijo-fallecen-intoxicacion-fosfuro-aluminio-efectos-pesticida\\_2023032864231ee497e6800001d55c4c.html](https://www.antena3.com/programas/y-ahora-sonsoles/madre-hijo-fallecen-intoxicacion-fosfuro-aluminio-efectos-pesticida_2023032864231ee497e6800001d55c4c.html)

- Sobre los #pfos. Qué son los 'químicos eternos' presentes en miles de productos cuya prohibición estudia Europa

[https://lnkd.in/d3JfP\\_JB](https://lnkd.in/d3JfP_JB) vía @abc\_diario

- Las intoxicaciones de lejía y sus peligros. Casi el 30% de las intoxicaciones caseras son por lejía o productos afines, en Antena3.

[https://www.antena3.com/programas/y-ahora-sonsoles/casos-ninos-intoxicados-lejia-precauciones-tomar-evitar-accidentes\\_2023030664062e6758a098000198271d.html?so=so&sour=facebook&cn=y+ahora+sonsoles](https://www.antena3.com/programas/y-ahora-sonsoles/casos-ninos-intoxicados-lejia-precauciones-tomar-evitar-accidentes_2023030664062e6758a098000198271d.html?so=so&sour=facebook&cn=y+ahora+sonsoles)

- Presentación libro virtual: "Paseo virtual de las profesiones sobre la evolución del medio ambiente en los últimos 30 años y retos de futuro". Organizado por la Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid, durante el Congreso Nacional de Medio Ambiente CONAMA

[http://www.conama2022.org/web/genérico.php?idpaginas=&lang=es&menu=370&id=365&op=view&from=view\\_personas](http://www.conama2022.org/web/genérico.php?idpaginas=&lang=es&menu=370&id=365&op=view&from=view_personas)

- Webinar sobre la prevención y control de radón, organizado por la Comisión de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) de la Unión Interprofesional de la Comunidad de Madrid

<https://www.uicm.es/news/la-prevencion-y-el-control-del-radon-protagonistas-del-nuevo-webinar-de-la-comision-de-prl-de-union-interprofesional/>

- Participación en Iagua Magazine y newsletter de Iagua con el artículo "PFAS: ¿Qué son, cuáles son sus usos y qué riesgos entrañan para la salud?"

<https://www.iagua.es/blogs/inigo-perez-baroja/pfas-que-son-cuales-son-usos-y-que-riesgos-entrantan-salud>  
<https://www.iagua.es/magazine/44>

- El desastre medioambiental de Ohio.

Entrevista en El Toro TV  
<https://youtu.be/deD2DVatrYM>



ciones desde el año 1978, en reconocimiento a su fidelidad y dedicación durante este prolongado periodo. En este acto se le agradeció públicamente su

## Festividad de San Alberto 2022

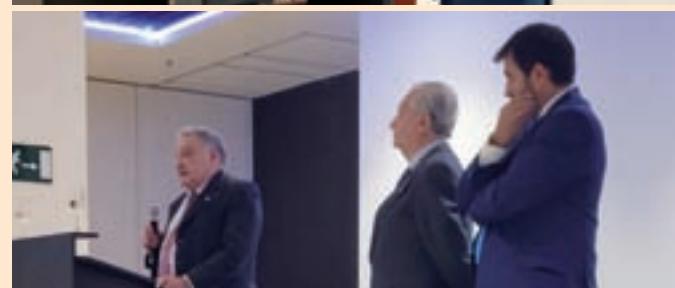
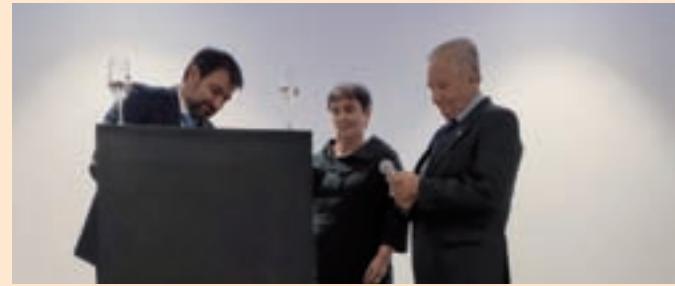
Con gran satisfacción, en noviembre de 2022 se celebró la festividad de San Alberto, patrón de los químicos. Entre los actos celebrados destacan:

- El día 16 de noviembre tuvo lugar la conferencia "Actualización de la normativa cosmética", organizada por la Sociedad Española de Químicos Cosméticos (SEQC) e impartida por José Vicente Calomarde, consultor-gerente en Consultoría Industrial Cosmética
- El día 17 de noviembre tuvo lugar la mesa redonda "Desde el vidrio natural a las vidrieras" organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química, en la que participaron como ponentes Javier García Guinea, profesor de Investigación en el Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales; M<sup>a</sup> del Pilar Alonso Abad, profesora titular de Historia del Arte de la Universidad de Burgos y directora de la Unidad Asociada de I+D+i al CSIC Vidrio y Materiales del Patrimonio Cultural; Paloma Pastor, directora del Museo del Vidrio, La Granja de San Ildefonso, Segovia; y Ximo Roca, arquitecto de la empresa Ximo Roca de Valencia.

En el transcurso de la cena de confraternidad el día 11 de noviembre tuvo lugar la entrega de las siguientes distinciones otorgadas:

- Por parte del Colegio fueron declaradas Colegiadas Distinguidas María del Carmen Clemente Jul y Rosario García Giménez, reconociendo así su labor en favor de la institución a lo largo de sus dilatadas vidas profesionales. Asimismo, se nombró Colegiado Honorario al periodista y presentador de televisión Joaquín Prat Sandberg, en reconocimiento a labor realizada en favor de la profesión.
- Por su parte, la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid otorgó su máximo galardón, la insignia de oro y brillante, a Lourdes Campanero Campanero y a Carlos Romero Batallán, en reconocimiento a sus méritos profesionales y la labor realizada en favor de la institución.

Continuando con la tradición, en honor a nuestro Santo Patrón, el día 19 de noviembre tuvo lugar la eucaristía por nuestros compañeros fallecidos, celebrada en la parroquia San Juan Bosco, Colegio Salesiano. Finalizó la celebración de los actos con un aperitivo en los salones de dicha parroquia.



Entrega de los premios del Colegio y de la Asociación, en el orden descrito en el texto.

**San Alberto 2023.** Anticipamos desde estas líneas de Enlace 47 que se está trabajando en la preparación y organización de nuestra celebración de San Alberto 2023, que tendrá lugar en el mes de noviembre y de la que informaremos extensamente en nuestro próximo número.

**El Colegio Oficial de Químicos y Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid va a preparar durante el año 2023 la próxima convocatoria de oposiciones, para optar a la Escala de Técnicos Facultativos Superiores (A1) y Grado Medio (A2) de Organismos Autónomos del Ministerio de Medio Ambiente por el sistema general de acceso libre y promoción interna.**  
**Especialidad de Planificación y Gestión del Dominio Público.**

**Más Info:**  
 Ilustre Colegio Oficial y Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid  
 C/ Lagasca nº 27 - 1º E - 28001 Madrid  
[www.quimicosmadrid.org](http://www.quimicosmadrid.org)  
[colquim@quimicosmadrid.org](mailto:colquim@quimicosmadrid.org)

**PREPARACIÓN DE OPOSICIONES AL MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE**

"MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y RETO DEMOGRÁFICO"

**ESPECIALIDAD: PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO**

# iones

Textos: Juan Quinto

## Arqueología del humo en la cueva de Nerja

El humo de las hogueras de los primitivos habitantes de la cueva de Nerja fosilizó en las estalagmitas de su interior. De su análisis y del estudio de los restos de carbón de su suelo, se deduce que hace 41.000 años ya había humanos habitándola, 10.000 más de lo que hasta ahora se pensaba. Utilizando microscopía electrónica de transmisión y la datación mediante carbono-14, Marian Medina y Eva Rodríguez, de la Universidad de Córdoba, han podido documentar de manera minuciosa 35 000 años de permanencia intermitente de grupos humanos de nuestra especie allí, en 73 períodos separados y lo han publicado en *Scientific Report de Nature*. Una parte esencial y peculiar de su trabajo es lo que denominan “arqueología del humo”, una técnica de análisis de estos restos que ha desarrollado Marian Medina y que ha aplicado ya a lo largo de los últimos diez años en otras cuevas



Marian Medina en la cueva de Nerja.

de España y Francia. “El estudio de estos rastros permite arrojar luz de manera impresionante sobre los rituales y los modos de vida de los habitantes de la cueva”, explica. Según asegura aún queda mucho trabajo por hacer en la cueva de Nerja para conocer mejor las actividades que realizaron allí nuestros antepasados. ☈

tes. Las limitaciones a su producción no permitirían abastecer la demanda de un parque automovilístico mundial completamente electrificado, además de los miles de millones de aparatos electrónicos que las utilizan. Ahora, científicos del Massachusetts Institute of Technology, liderados por Donald Sadoway, han publicado en *Nature* una posible alternativa. Se trata de utilizar aluminio para un electrodo, azufre para el otro y cierto tipo de cloruro sódico como electrolito; elementos mucho más abundantes y baratos. Según Sadoway, el coste se reducirá a una sexta parte del de las baterías actuales si se inicia la producción masiva con la nueva fórmula. Las celdas de las baterías construidas con este modelo han sido sometidas a pruebas de carga y descarga y han demostrado que so-



## El aluminio amenaza al litio

Todas las marcas de automóviles están presentando coches eléctricos, acuciados por las crecientes exigencias ambientales, pero el crecimiento de este mercado está limitado por el principal componente de las baterías, el litio. No es un material especialmente abundante, su coste es elevado y su extracción produce daños ambientales importan-

portan cientos de ciclos. También se ha comprobado que se recargan con mucha rapidez y que soportan temperaturas de hasta 200º C. Además, no pueden explotar ni arder, como ha ocurrido alguna vez con las baterías de algunos teléfonos móviles, por lo que algunas compañías aéreas han prohibido su presencia en cabina durante los vuelos. ☈

## EFEMÉRIDES ☈ HACE 200 AÑOS...

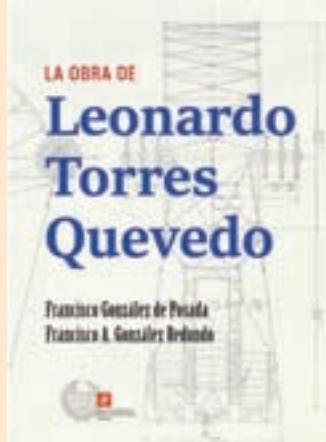
### Se consigue la licuefacción de los gases

En 1823, Michael Faraday, uno de los científicos más relevantes de la historia, consiguió licuar cloro en forma de gas mediante la combinación de un mecanismo de presión y otro de enfriamiento. Para ello utilizó un tubo de cristal grueso que tenía forma de bumerán, en uno de cuyos extremos, herméticamente cerrado, había colocado una cierta cantidad de sal de cloro cristalizada, que al calentarse liberaba cloro. Sumergiendo este extremo en agua caliente conseguía que se liberara el gas de manera creciente, lo que aumentaba la presión en el interior. El otro extremo del tubo estaba sumergido en un recipiente lleno de hielo. Poco a poco fue aumentando la presión y la acción combinada con el frío consiguió que el cloro pasara a estado líquido. Aunque se trata de uno de sus descubrimientos menores, la licuefacción de gases tiene aplicaciones importantes, como el transporte de gas natural en barcos metaneros, cruciales en la actual crisis de abastecimiento en Europa, y para almacenar hidrógeno en vehículos de célula de combustible, la alternativa al vehículo eléctrico.



## LIBROS

**Leonardo Torres Quevedo**  
**Francisco González de Posada**  
**y Francisco A. González Redondo**  
**Editorial Los Cántabros**  
**Santander, 2022**  
**486 páginas. 30 euros.**



Muchos son los que se disputan el descubrimiento de la inteligencia artificial y entre ellos destaca, por méritos y antelación, el inventor español Leonardo Torre Quevedo, por su automata ajedrecista de 1912, capaz de jugar y dar mate en una posición de torre y rey contra rey), ejemplo práctico de sus teorías sobre máquinas inteligentes, lo que él denominó automática. Sus inventos fueron mucho más allá: el primer mando a distancia, el teleokino; el transbordador del Niágara, que aún utilizan miles de turistas; sus dirigibles, como el Astratorres, utilizado en la Primera Guerra Mundial; y muchas más contribuciones. Pese a ello apenas es reconocido actualmente en España. Esta obra pretende rescatarle de este semi-olvido. Sus autores, padre e hijo, Francisco González de Posada y Francisco A. González Redondo, narran la biografía del inventor y analizan y explican sus aportaciones. Sereproducen además los textos del propio Torres Quevedo. ☈

## EN RED



### Españolas en Marte

En abril de 2023 nueve mujeres españolas llevaron a cabo la misión Hypatia I por la que siete de ellas (las otras dos eran suplentes) pasaron 14 días recluidas en la Mars Desert Research Station, que simula las condiciones del planeta Marte en una zona desértica de Utah (EE.UU.), de la Mars Society. El objetivo es el desarrollo y experimentación de tecnologías que permitan enviar tripulaciones humanas allí y sobrevivir en un ambiente extremadamente hostil, donde tendrán que generar sus propios alimentos, el agua y el oxígeno para su

supervivencia y construir con materiales locales sus habitáculos. Las mujeres del proyecto Hypatia I, lideradas por la astrofísica Mariona Badena-Agustí, llevaron a cabo investigaciones como ensayar una batería a base de orina humana y compuestos de hierro, abundantes en Marte, o explorar las posibilidades de la acuicultura allí. En su web se puede conocer el desarrollo de la aventura y sus futuros proyectos. ☈



### Una aleación espacial

Viajar al espacio exige, entre otras muchas cosas, someter a los objetos enviados a condiciones extremas, que ponen a prueba su resistencia. El Centro de Investigación Glenn, que la NASA tiene en Cleveland, ha presentado una nueva aleación metálica calificada de revolucionaria. GRX-819 es capaz de soportar temperaturas de hasta 1.090 grados Celsius, ofrece una gran resistencia a la fricción y el estrés (hasta 600 veces más resistente que cualquier otra aleación conocida) y es flexible y maleable:

## EXPOSICIÓN



### Bocados. La nutrición y los ODS

**Domus – Museos Científicos Coruñeses**

Rúa Ángel Rebollo, 91  
15002 A Coruña

Domus es un museo o centro interactivo singular, ya que está dedicado al ser humano en todas sus dimensiones, desde la biológica hasta la social. Emblema de La Coruña, por su singular edificio, de Arata Isozaki, y por sus imaginativos contenidos. Esta exposición semi-permanente enlaza aspectos relacionados con la nutrición con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas, como el acceso al agua, la erradicación del hambre o la igualdad de género. Los visitantes pueden realizar un ejercicio y comprobar las calorías consumidas, subirse a una báscula y saber cuánta agua almacena su cuerpo, aprender técnicas culinarias para comer sano, escuchar los ruidos de la digestión y jugar en una pantalla táctil para descubrir la otra cara de la alimentación: el placer. ☈

se puede doblar y estirar hasta 3,5 veces sin romperse. Además, es mil veces más duradero que los materiales empleados ahora en satélites y sondas espaciales. La NASA considera usarlo para construir la estructura de motores y cohetes. Se trata de un material compuesto por níquel, cobalto y cromo, reforzado con partículas de óxido de ítrio dispersadas regularmente mediante una impresora 3D. Previamente, determinaron con modelos computacionales su estructura y calcularon su comportamiento y propiedades. ☈



En ocasiones me preguntan qué demonios hace un químico trabajando en la Facultad de Bellas Artes. La respuesta es simple: entre el arte y la ciencia existen más lazos de los que nos imaginamos. Especialmente desde el punto de vista de la conservación y restauración del patrimonio, donde conocer la química de los materiales artísticos y la de los compuestos químicos empleados en las intervenciones se antoja indispensable. Cuando cambié mi carrera investigadora en el ámbito de las biociencias por la docencia en el Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales yo mismo me sorprendí del fascinante mundo que se abría ante mis ojos. Con la intención de compartir mis hallazgos surgió *Por qué los girasoles se marchitan*, libro del que a continuación muestro unas pinceladas.

**Texto:** Oskar González Menda. Químico y profesor en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad del País Vasco

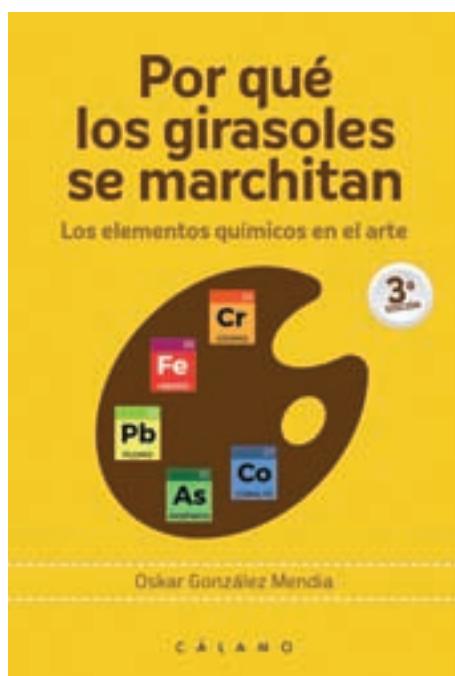
## El azul: una historia de I+D

**S**i hay un color con el que podemos hacer un recorrido por la historia de la química, ese es el azul. La naturaleza ofrece una serie de minerales de los que se pueden obtener pigmentos de dicho color como son la azurita o el lapislázuli, de donde se lograba el costosísimo ultramar. No contentos con ello, ya hace 5 000 años los egipcios fabricaron el que se suele considerar como el primer pigmento sintético: el azul egipcio ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ). Para lograrlo mezclaban, a unos 850 °C, arena, como fuente de silicio, algún compuesto con cobre, como la malaquita, y carbonato cálcico en forma de caliza. Ese azul milenario, que decora las pirámides del país del Nilo se estudia ahora como alternativa para la detección de huellas dactilares.

Otro azul que tiene gran relevancia artística es el *bleu de Chartres*, así llamado por ser el de las vidrieras de la majestuosa catedral gótica francesa. Lograr dicho color era un auténtico desa-

fío en el siglo XII, hasta el punto de que los artesanos guardaban en secreto la receta. Era una metodología que se había refinado de modo empírico y consistía en añadir una misteriosa sustancia extraída de ciertas minas. El compuesto que otorgaba la tonalidad era un óxido de cobalto, pero entonces no lo sabían porque este elemento no se aislor (por George Brandt) hasta el siglo XVIII. Posteriormente, el cobalto siguió ligado al azul con la invención del azul cobalto ( $\text{CoO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y del azul cerúleo ( $\text{CoO}\cdot\text{nSnO}_2$ ) en diferentes momentos del siglo XIX. Pero si hay que destacar un progreso científico de ese siglo relacionado con los pigmentos azules es la síntesis artificial del azul ultramar. Dado el elevado coste de este producto, que por aquel entonces solo se podía lograr en un valle del actual Afganistán, el Gobierno francés ofreció 6 000 francos a quien consiguiese sintetizarlo en el laboratorio. Así, en 1828 Jean-Baptiste Guimet presentó el modo de crear azul ultramar artificial y se hizo con el premio; no sin polémica, puesto que Christian Gmelin, de la Universidad de Tübingen, presentó otro procedimiento a la par.

Más de 100 años antes se había sintetizado otro pigmento que fue tremendamente popular: el azul de Prusia ( $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ ). En esta ocasión no había premio y, de hecho, su descubrimiento fue un maravilloso caso de serendipia. Un tal Johann Jacob Diesbach estaba produciendo una laca roja cuando al emplear un reactivo contaminado (o al reemplazar un reactivo por otro que escaseaba), obtuvo un precipitado azul. Este compuesto salió al mercado a principios del siglo XVIII y pronto se extendió por todo el mundo. Después de haber sido usado por Hokusai, Van Gogh y Picasso, entre otros, aún sigue siendo un pigmento popular. También sirvió,





Vidrieras de la catedral de Chartres (Francia). En el cuadro *Die Stickerin*, de Georg Friedrich Kersting, domina el intenso verde de la pared. Perseo, escultura en bronce de Benvenuto Cellini.

entre otras cosas, para que Anna Atkins publicase *Photographs of British Algae*, el primer libro ilustrado con fotografías, en este caso, cianotipias.

Como parece que la historia se esfuerza en repetirse, 300 años después del descubrimiento del azul de Prusia, un estudiante de la Universidad de Oregón que investigaba las propiedades electrónicas de nuevos materiales sacó del horno una sustancia azul. Era un experimento fallido, pero Mas Subramanian, el director del proyecto y con experiencia en el mundo de la industria, le vio aplicabilidad y así patentaron el YInMn blue ( $\text{YIn}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ).

### El verde asesino

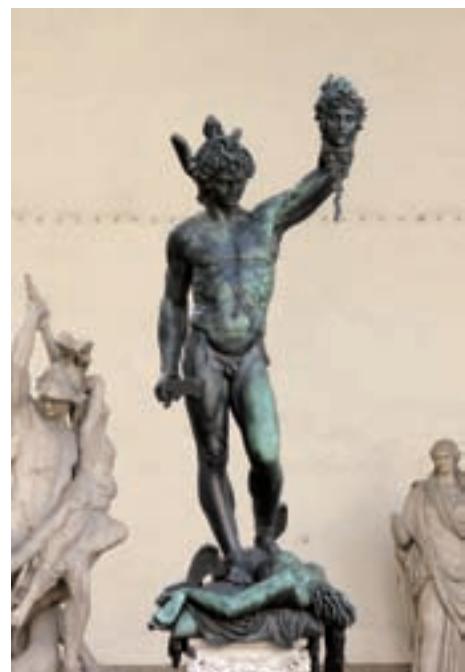
No sería digno de mi título universitario si dejase pasar por alto en este foro a uno de los más grandes químicos de la historia: Carl Wilhem Scheele. No es que la aportación de la que vayamos a hacernos eco sea la más relevante del sueco, pero sin duda fue de gran importancia en el ámbito de los pigmentos. Resulta que los de color verde eran difíciles de lograr o mostraban problemas de estabilidad, hasta tal punto que era muy habitual que los pintores lo lograsen haciendo mezclas de azul y amarillo. En 1775 Scheele dio con un nuevo pigmento que pasó a llamarse verde de Scheele (mayormente,  $\text{CuHAsO}_3$ ) y se obtenía a partir de carbonato de sodio, sulfato de cobre y un óxido de arsénico. Este nuevo verde tuvo una gran aceptación y pronto se logró una versión más estable, que conocemos como verde esmeralda ( $(3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2 \cdot \text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ), entre otros nombres. Como es de imaginar, la presencia de arsénico enseguida supuso un problema. En contra de lo que podríamos pensar, no fueron los pintores quienes

más lo sufrieron, sino las personas que habían decidido decorar sus paredes con un empapelado que tuviese este pigmento. Y es que este verde se hizo tan famoso a principios del siglo XIX, especialmente en la Inglaterra victoriana, que su uso se extendía al ámbito de lo cotidiano (papel, vestidos, velas, etc.). Pese a los casos de intoxicación detectados, tuvieron que pasar años hasta que se aceptó que estos pigmentos provocaban problemas de salud. El proceso generó cierto debate entre la comunidad científica, ya que en principio los compuestos usados no eran volátiles y sólo los de baja calidad liberaban partículas que podrían ser inhaladas. Pero en 1891 Bartolomeo Gosio descubrió que ciertos hongos eran capaces de metabolizar estos pigmentos y liberar sustancias volátiles que provocaban las intoxicaciones.

### Más allá de los pigmentos

Es posible que se hayan fijado en la presencia del cobre en los dos pigmentos que nos ocupaban en el epígrafe anterior. De hecho, este metal es una constante en los pigmentos de este color, desde la malaquita natural al verdigrís, un pigmento que era en realidad una mezcla de productos obtenidos poniendo en contacto cobre metálico con ácido acético (vinagre o heces de uva). Salvando las distancias, es algo similar a lo que les sucede a las esculturas de bronce o cobre cuando desarrollan su pátina verde en contacto con cloruros, sulfatos u otros. Sólo tenemos que pensar en la tonalidad de La Estatua de la Libertad que dista mucho del color rojizo del cobre.

Y es que, la relevancia de la química va mucho más allá del mundo de los pigmentos. Ahí tenemos metales de transición, como el cobre, o aleaciones,



como el bronce, empleados para realizar estatuas. O el hierro y el acero que se usan en construcciones tan singulares como la torre Eiffel, El puente colgante de Portugalete o el edificio Chrysler de Nueva York. También podemos destacar el papel del oro en la orfebrería o el de la plata en las emulsiones fotográficas, que con una simple reacción redox es capaz de congelar un momento para la eternidad. Estos dos metales nobles también se empleaban para dar color amarillo o rojo al vidrio gracias a la formación de nanopartículas en una suerte de nanotecnología que ya se usaba en la Antigua Roma. Y así podríamos seguir hablando de cerámicas, acrílicos, grabados, aguafuertes o joyas, puesto que la química nos ayuda a comprender mejor el arte que nos rodea.

# agenda

**Mixing. Conferencia Europea de Mezclas**  
2 al 5 de julio de 2023  
Oporto (Portugal)  
[https://www.showsbee.com/fairs/EFC\\_E-Mixing-Conference.html](https://www.showsbee.com/fairs/EFC_E-Mixing-Conference.html)

**Measurement World. Encuentro tecnológico internacional dedicado a la Medición.**  
Septiembre 2023  
Lyon (Francia)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-measurement-world-28200-3.html>

**Chem 2D mat**  
  
**Chem 2D Mat. Conferencia europea sobre la química de materiales bidimensionales**  
5 al 8 de septiembre de 2023  
Bolonia (Italia)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-chem-2d-mat-26373-3.html>

**Contamination Expo Series**  
13 y 14 de septiembre de 2023  
Birmingham (Reino Unido)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-contamination-expo-series-26447-3.html>

**Euro Fed Lipid Congress. Salón internacional y congreso de grasas y aceites y tecnologías relacionadas**  
17 al 20 de septiembre 2023  
Poznan (Polonia)  
<https://eurofedlipid.org/19th-euro-fed-lipid-congress-and-expo>

**Solids Netherlands. Foro de fabricación, proceso, manipulación, almacenamiento y logística de polvos y gránulos**

04 y 5 de octubre de 2023  
Rotterdam (Países Bajos)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-solids-netherlands-9290-3.html>



**Pollutec 2023**

10-13 oct. 2023  
Euroexpo Lyon (Francia)  
<http://www.pollutec.com/>

**ChemCon 2023**

23-27 octubre  
Viena (Austria)  
<http://chemcon.net/>

**Future Battery Forum**

27 y 28 de noviembre de 2023  
Berlín (Alemania)  
<https://www.futurebattery.eu>

**PCH Meetings. Convención comercial industrias farmacéutica, química y petroquímica**

29 y 30 de noviembre de 2023  
Lyon (Francia)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-pch-meetings-7052-3.html>

**Chem Lab. Exposición y conferencia egipcia de equipos químicos y de laboratorio**

Enero 2024  
El Cairo (Egipto)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-chem-lab-28623-3.html>

**Plastec Minneapolis**

10 y 11 de octubre de 2023  
Minneapolis, Minnesota (Estados Unidos)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-plastec-minneapolis-14648-3.html>

**Plastics Recycling Technology Europe**

10 al 12 de octubre de 2023  
Viena (Austria)  
<https://www.eventseye.com/ferias/f-plastics-recycling-technology...>

**Sepem Industries Centre-Ouest.**

**Feria industrial de servicios, equipos, procesos y mantenimiento**  
10 al 12 de octubre de 2023  
Angers (Francia)  
[https://www.eventseye.com/ferias/zst3\\_ferias\\_europa\\_ferias-industriales.html](https://www.eventseye.com/ferias/zst3_ferias_europa_ferias-industriales.html)

**Fakuma. Salón Internacional de la Industria del Plástico**

17 al 21 de octubre de 2023  
Friedrichshafen (Alemania)  
<https://www.fakuma-messe.de/en>



**Composites Spain. Feria española de materiales compuestos y sus aplicaciones**

15 y 16 de noviembre de 2023  
Madrid (España)  
<https://www.advancedmanufacturingmadrid.c...>



**Exposólidos 2024**

6 al 8 de febrero de 2024  
La Farga L'Hospitalet Barcelona  
<http://www.exposolidos.com/>

**Pumps & Valves Dortmund. Feria de bombas, accesorios y procesos industriales**

21 y 22 de febrero de 2024  
Dortmund (Alemania)  
<https://www.feriasinfo.es/PUMPS+&+VALVES-M13547/Dortmund.html>

# Operación mundo

ANAYA

Un proyecto sustentado en el aprendizaje competencial y en el desarrollo de compromisos del alumnado con la realidad de su tiempo.

INCLUYE  
PROYECTO  
DIGITAL  
LICENCIA 12 MESES

Para el alumnado  
Libro del alumnado

Para el profesorado

Propuesta didáctica

Recursos para el profesorado  
(disponibles en la web)

## FÍSICA Y QUÍMICA



## BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA



## MATEMÁTICAS



## TECNOLOGÍA



## Y ADEMÁS...

### SECONDARY EDUCATION

- Physics and Chemistry
- Biology and Geology
- Mathematics
- Technology and Digitalisation



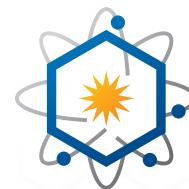
Descubre más en:

Hablamosdeeducación

[www.hablamosdeeducacion.es](http://www.hablamosdeeducacion.es)



Colegio Oficial de  
**Químicos**  
de Madrid



Asociación de  
**Químicos**  
de Madrid

Agrupan a todos los titulados universitarios superiores dedicados a la ciencia y tecnología químicas.

Consulta más información en  
[www.quimicosmadrid.org](http://www.quimicosmadrid.org)

Lagasca 27, 1.<sup>o</sup> E, 28001 Madrid



## TE OFRECE

**servicios, infraestructuras,  
actos sociales, etc.**

### SERVICIOS

- Agencia de colocación.
- Conferencias y seminarios.
- Formación continua.
- Revista *Enlace*.
- Programa Químicos Emprendedores.
- Correo electrónico corporativo.
- Asesoría fiscal.
- Asesoría laboral.
- Elaboración de informes.
- Premios profesionales.
- Descuentos preferentes.
- Hermandad de Químicos (Grupo hna).
- Visados.
- Compulsado y certificados.
- Certificaciones.
- Secciones técnicas.
- Ventajas fiscales.
- Apoyo y representación social.
- Representación en Anque y Consejo General.

### INFRAESTRUCTURAS

- Domicilio social.
- Sala de reuniones.
- Sala de conferencias.

### ACTOS SOCIALES Y COMUNICACIÓN

- Acto anual de san Alberto.
- Premios, menciones especiales.

ES

## el colectivo que profesionalmente mejor

- Te **apoya** y promociona.
- Te **facilita** los contactos y medios requeridos.
- **Respeta** tu libertad profesional (\*).
- Te **ofrece** servicios adecuados para el ejercicio profesional.
- **Defiende** tus derechos.
- Te **ayuda** a tu integración profesional.
- Cuota deducible en la declaración de la renta.

(\*). Aunque la colegiación es una exigencia legal obligatoria para ejercer la profesión (Art. 3.2, de la Ley 2/1974, de 13 de febrero, de Colegios Profesionales) en todos los campos de actividad (enseñanza, industria, autónomos, etc.).

## TE APORТА

**de los profesionales  
en la química como tú**

- Su **confianza** y solidaria responsabilidad.
- **Potenciar** las relaciones interprofesionales en todos los campos.
- **Contribuir** a la mejora de la percepción social de la Química.

