



enlace

de los químicos de Madrid

REVISTA DEL COLEGIO Y ASOCIACIÓN DE QUÍMICOS DE MADRID



N.º 50 | JUNIO 2026

La química de la salud

**Contaminantes
emergentes
en la crisis
global del agua**

Entrevista a María Eugenia Anta, directora de Internacional, Inversión e Innovación de Feique: "Vivimos en una situación de crisis permanente"

MiRA

ANAYA

MiRA es el nuevo proyecto de Anaya para ESO, concebido a partir de la escucha activa de las necesidades del profesorado.

Proporciona herramientas para que el alumnado aprenda a estudiar, prestando especial atención a las transiciones entre etapas y cursos, y facilitando así una progresión coherente en el aprendizaje.

Además, ofrece actividades y recursos adaptados a las distintas necesidades del aula, orientados al desarrollo del pensamiento crítico.

El proyecto incluye también un amplio abanico de propuestas accesibles, diseñadas conforme a las pautas DUA, para atender a la diversidad del alumnado. Todo ello se complementa con un gran entorno digital, que reúne una gran variedad de recursos y actividades, fácil de usar y con todo a un solo clic.



Descubre más en:

Hablamos de educación



El futuro empieza en ti



MiRA
CLIL

Y además...

Secondary Education

Physics And Chemistry
Biology And Geology
Mathematics



Conocerse
mejor,
construir
futuro

Henko

orientación

Henko Orientación es un servicio de Grupo Anaya que ayuda al alumnado de ESO y Bachillerato a tomar decisiones de forma consciente para desarrollar su camino académico y profesional.



Descubre más en:



Química es vida y progreso



Estimado colegiado, quiero agradecer en nombre de los miembros de la Junta Directiva del Colegio Oficial de Químicos de Madrid la confianza que has depositado en la misma tras la reciente reelección de parte de sus miembros. Mantenemos la firme voluntad de seguir defendiendo, impulsando y poniendo en valor una tarea tan esencial y transformadora como es nuestra profesión. Y nos hemos marcado unas líneas de actuación prioritarias, como las que señalo a continuación.

Desde Químicos Madrid, formado por el Colegio y la Asociación, promovemos el lema **“Química es vida y progreso”**. A principios del siglo XX, en España la esperanza de vida era de 35 años y la mortalidad infantil rondaba el 20%. En la actualidad, la esperanza de vida es de unos 84 años y la mortalidad infantil se sitúa en torno al 0,3%. Esto ha sido posible gracias a la química: potabilización del agua, diseño de vacunas y medicamentos, aplicación de protocolos de limpieza y desinfectantes más eficaces y uso de fertilizantes que han reducido las hambrunas y mejorado el acceso a los alimentos.

Desde Químicos Madrid vamos a trabajar para que los químicos que desarrollan su profesión en el ámbito de la sanidad en la Comunidad de Madrid y en Castilla-La Mancha como técnicos especialistas sean reconocidos como profesionales sanitarios y que estén más representados y con más plazas QIR.

No solo nos centraremos en los técnicos especialistas sino también en otros profesionales dedicados a la formación, la investigación o en ámbitos relacionados con la salud pública, como el análisis del agua de consumo, la seguridad alimentaria o el tratamiento frente a la legionela. Por ello vamos a sacar el certificado de químico sanitario, que reconocerá el papel de los profesionales

de la química en el ámbito sanitario y promover que las administraciones públicas y la sociedad en general tomen conciencia de la función esencial que desempeñan. Se trata de poner en valor su contribución específica y su competencia profesional en áreas clave de la sanidad. Y queremos conseguir el reconocimiento en la especialidad de Genética, donde químicos y bioquímicos tenemos mucho que aportar.

Es bien sabido que la química es la ciencia que estudia la materia. Todo es materia y, por tanto, todo es química. Por ello, sus profesionales podemos estar presentes en todos los sectores de la

“Creo necesaria la unión entre nuestros Colegios y el Consejo General, y también con instituciones afines, sociedades científicas, profesionales, académicas, sociales, sindicales y universidades”

economía y en cualquier departamento de las empresas. Desde Químicos Madrid trabajaremos para que la química, la ingeniería química, la bioquímica y las ciencias afines no sean excluidas en futuras legislaciones. Que estas líneas de trabajo sean prioritarias no significa que vayamos a abandonar ámbitos esenciales como los laboratorios, la calidad, la prevención de riesgos laborales, la seguridad o el medio ambiente.

Siempre he entendido la vida como un enlace covalente, en el que uno o varios átomos comparten sus electrones para formar una molécula más grande y más fuerte. Del mismo modo, creo necesaria la unión entre instituciones. Unión en-

tre nuestros Colegios y con el Consejo General y también con instituciones afines, sociedades científicas, profesionales, académicas, sociales, sindicales y, por supuesto, con las universidades. Cuanta más unión exista entre nosotros, mejores serán los egresados que formemos y mejor su orientación profesional. La ciencia avanza cuando se comparte. Compartamos, entonces, para avanzar hacia una sociedad mejor y hacia profesionales más preparados. Por último, quiero recordarte que como colegiado/asociado eres el corazón y el alma de nuestras instituciones. Por ello también queremos mantener el compromiso de ofrecer una formación continuada de calidad; asesoramiento jurídico y técnico, que aporte seguridad en el ejercicio profesional; oportunidades de *mentoring* para los más jóvenes y de *networking* para quienes desean seguir desarrollando su trayectoria; una defensa activa de la profesión; una ética y transparencia en todas nuestras actuaciones y una visibilidad social para defender que *la química mola* y luchar contra la quimiofobia, mostrando que —ya trabajemos en un laboratorio, en una industria, en un hospital, en la enseñanza o en la administración pública— nuestro trabajo tiene un impacto directo en la sociedad y en las personas. Ese impacto es un privilegio, pero también una gran responsabilidad.

Con lo mencionado y con la protección de la Beata Guadalupe Ortiz de Landáuzuri, cuyo patronazgo esperamos recibir pronto desde el Arzobispado, asumimos esta responsabilidad con gratitud y te invito a caminar juntos para alcanzar ese objetivo común.

Iñigo Pérez-Baroja Verde

Decano-presidente

Colegio y Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid



índice

3 presentación

5 el núcleo

La frontera química de la salud

12 materia

Del progreso químico a la huella invisible

16 sociedad Q

El viaje químico del grano de café al cerebro

18 educación Q

En busca de la excelencia futura

20 industria Q

La competitividad industrial no puede esperar

22 entrevista Q

María Eugenia Anta, directora de Internacional, Inversión e Innovación de Feique. “Vivimos en una situación de crisis permanente”

25 noticias

30 iones

32 arte Q

El vino en la pintura

34 agenda



Ilustre
Colegio Oficial
Químicos
de Madrid



Asociación
Químicos e
Ingenieros Químicos
de Madrid

Enlace

Número 50. Junio 2026

Edita: Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid y Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid.
C/ Lagasca 27, 1.º 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

Consejo de redacción:

Íñigo Pérez-Baroja Verde
Lourdes Campanero Campanero
Emilio Gómez Castro
Valentín González García
Donato Herrera Muñoz
Tomás García Martín
Ángel Prieto Maeso
Rosario García Giménez

Producción y coordinación:

Ignacio Fernández Bayo
Diseño y maquetación:
José Mª Cerezo/Jorge Redondo
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 lleva toda su historia sustentando el trabajo en laboratorios de investigación y centros farmacológicos, pero en las últimas décadas, los avances tecnológicos y la innovación le han dado el empujón definitivo. Átomo a átomo, célula a célula, se utiliza en la búsqueda de la medicina personalizada, el tratamiento del cáncer y enfermedades neurodegenerativas, el diseño de órganos biónicos, el tratamiento de la obesidad y el estudio del envejecimiento. La química ya es el hilo conductor de la medicina del futuro.

La frontera química de la salud

Texto: Patricia Ruiz Guevara, matemática y periodista de ciencia.

Durante siglos, la medicina observó cómo el cuerpo enfermaba desde la superficie, evaluando síntomas visibles y utilizando tratamientos generales. Pero hoy ya no basta con auscultar el cuerpo. La ciencia del siglo XXI exige descifrar el código químico que lo hace funcionar. No es para menos: tenemos las herramientas para hacerlo, y la verdadera revolución en nuestras células está ocurriendo a escala atómica. Además, hay mucho que aún no comprendemos de las enfermedades que nos merman y nos matan. Según datos de septiembre de 2025 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las patologías crónicas no transmisibles (ENT), como el cáncer o la diabetes mellitus, y las dolencias asociadas al desgaste biológico están en auge. Este grupo de enfermedades se cobra la vida de más de 41 millones de personas anualmente, lo que representa el 74% de la mortalidad global. Además, millones de pacientes conviven con ENT y experimentan una calidad de vida reducida. La obesidad es otro de los desafíos de nuestra época. Las estadísticas globales de la OMS revelan que, desde 1990, esta condición se ha duplicado entre la población adulta y se ha cuadruplicado en la tasa de adolescentes; una tendencia alarmante si se considera que ya en

2022 una de cada ocho personas en el mundo era obesa, y que para 2024 el sobrepeso afectaba a 35 millones de niños menores de cinco años. La ciencia actual aborda este problema como un complejo desequilibrio metabólico y celular. Con la modulación química de las hormonas que controlan la saciedad en el cerebro se puede avanzar, y hay más proyectos en marcha. Por último, la longevidad; vivir más, pero vivir mejor, es seguramente el mayor dolor de cabeza de la sociedad moderna. La bioquímica quiere demostrar

que las respuestas para conseguirlo están escritas en tubos de ensayo. Cada vez hay más líneas de investigación abiertas que quieren entender por qué sucede el deterioro molecular y pararlo. En el epicentro de todo este cambio de paradigma están la bioquímica y la neuroquímica, dos disciplinas que actúan como traductores oficiales del complejo lenguaje celular. Cada pensamiento que cruzamos (y su impulso nervioso), cada caloría que procesamos y cada signo de desgaste en nuestros tejidos está dictado por interacciones moleculares que



Gorodenkoff - iStock

La química es la base de la próxima revolución de la medicina.

se pueden analizar desde un punto de vista químico. Mapear estas reacciones con precisión y personalización puede ayudar a diagnosticar y tratar mejor, antes de que la enfermedad se manifieste. Para ello, la clave es individualizar. La investigación actual se dirige a que la medicina sea cada vez más personalizada. Informes de consultoras estratégicas como *Precedence Research* estiman que el mercado global de la medicina personalizada multiplicará su valor en esta década, impulsado por terapias que ya no se fabrican en masa para un “paciente promedio”, sino que se adaptan como un traje a medida al perfil genético y químico de cada individuo. En concreto, calculan que el mercado mundial de medicina personalizada alcanzó los 654.460 millones de dólares en 2025 y prevén que aumentará de 702.520 millones de dólares en 2026 a aproximadamente 1.397.630 millones de dólares en 2035, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 7,88% entre esos años. Será la química la que nos permitirá realizar diagnósticos y tratamientos a medida, e identificar la fase exacta del proceso patológico en la que se encuentra cada individuo. Al conocer ese punto molecular desde dentro, los investigadores pueden ajustar el tratamiento de forma individualizada y optimizar el resultado, reduciendo tiempo y coste. Y todo eso empieza en un laboratorio.

Rediseñando fármacos

La parte más evidente en la que la ciencia química sostiene la medicina es en farmacología. “La química es una base fundamental de la nanomedicina. Gracias a ella podemos diseñar fármacos que reconocen de forma muy precisa su diana en el organismo, como si fueran llaves hechas a medida para una cerradura concreta. Esto permite avanzar hacia terapias personalizadas, adaptadas a las características moleculares de cada paciente”, sintetiza María José Alonso, catedrática de farmacia y tecnología farmacéutica en la Universidad de Santiago de Compostela y directora del Laboratorio de Nanomedicina y Administración de Fármacos de la misma universidad.

La idea es combinar moléculas terapéuticas con herramientas de la nanomedicina para mejorar su eficacia y control, lo que “podría transformar la forma en que tratamos muchas enfermedades en el futuro”, valora. Para ello, en los últimos años han surgido estrategias



María José Alonso

muy innovadoras, “como los conjugados anticuerpo-fármaco, que combinan la capacidad de los anticuerpos para localizar células enfermas y atacarlas con fármacos muy potentes; o los PROTACs, que no solo bloquean proteínas, sino que las eliminan”, detalla Alonso. Además, la química permite crear materiales como lípidos o polímeros capaces de formar nanoestructuras que pueden transportar moléculas terapéuticas complejas, como ADN o ARN, y protegerlas hasta que llegan a su destino. “Todo esto abre la puerta a tratamientos mucho más precisos y eficaces”, indica Alonso. Su laboratorio fue pionero en el diseño y desarrollo de nuevas nanoestructuras basadas en biopolímeros destinadas a la administración dirigida de fármacos, en particular de fármacos biológicos. “La química es clave para diseñar y construir estas nanoestructuras desde cero. Nos permite controlar cómo se ensamblan sus componentes y cómo interactúan con el entorno biológico”, dice la investigadora. En su caso,

trabajaron con sistemas formados por moléculas que se organizan mediante enlaces covalentes (más estables) y también mediante interacciones más débiles, como fuerzas hidrofóbicas o puentes de hidrógeno, que aportan flexibilidad.

Los biopolímeros son “especialmente interesantes porque imitan materiales presentes en la naturaleza”, considera Alonso. Esto los hace biocompatibles (el organismo los tolera bien) y biodegradables (pueden descomponerse sin causar daño). Además, “se pueden diseñar para reconocer ciertos tejidos o células, lo que mejora la precisión del tratamiento y reduce los efectos secundarios”.

Una parte vital de esa precisión es que el fármaco solo se libere cuando la nanopartícula detecta la célula enferma. Por eso, una de las ideas más potentes en nanomedicina es diseñar sistemas inteligentes, que respondan a señales del propio organismo. “Muchas enfermedades generan entornos con un pH distinto o con determinadas enzimas. Aprovechando esto, se pueden incorporar enlaces químicos reversibles que se rompen solo en esas condiciones específicas, liberando el fármaco justo donde se necesita”, explica Alonso.

No todas estas herramientas están en su punto óptimo. Nuestro sistema inmunitario está diseñado para detectar y eliminar cualquier partícula extraña; también fármacos, ya que el cuerpo no sabe *a priori* si es algo benigno. Además, muchos fármacos son inestables y se degradan rápidamente. Para evitarlo, “se encapsulan en nanopartículas que los protegen y se modifican químicamente para hacerlos más estables y menos visibles para el sistema inmune”.



Los biopolímeros funcionales son vehículos perfectos para llevar los fármacos a sus dianas.

Un buen ejemplo son las vacunas de ARN frente a la COVID-19, considera la experta, porque “combinan ARN modificado químicamente con nanopartículas lipídicas diseñadas para protegerlo y facilitar su entrada en las células”. Esta misma tecnología de encapsulamiento se está redirigiendo ahora hacia la oncología para transportar tratamientos directamente a las células tumorales. Otro enfoque, también orientado a este campo, son los radiofármacos.

Radiación contra el cáncer

Sabemos que estar expuesto a radiación aumenta la posibilidad de contraer cáncer pero, convenientemente utilizada, también puede servir para tratar eso mismo que puede provocar. Es lo que se hace en medicina nuclear, una especialidad médica que emplea cantidades diminutas y seguras de materiales radiactivos para diagnosticar, evaluar y tratar enfermedades como el cáncer. Esos materiales radiactivos se llaman radiofármacos.

“Un radiofármaco es cualquier producto que, preparado y listo para su uso con fines diagnósticos o terapéuticos, contiene uno o más isótopos radiactivos”, explica Rocío Ramos, responsable de la Unidad de Radiofarmacia en Madrid de la Clínica Universidad de Navarra. Según su estructura química, los radiofármacos pueden ser “un radionucleido simple con capacidad de alcanzar por sí mismo la diana biológica (por ejemplo, $[^{123}\text{I}]\text{NaI}$) o un compuesto radiomarcado, es decir, una molécula más compleja que incorpora un radionucleido y que puede dirigirse de forma específica a una diana concreta en respuesta a determinadas condiciones fisiológicas o fisiopatológicas (por ejemplo, $[^{99\text{m}}\text{Tc}]\text{Tc}$ -oxidronato o $2\text{-}[^{18}\text{F}]\text{FDG}$ ”, detalla.

Desde una perspectiva química, los radiofármacos terapéuticos son moléculas diseñadas para tratar una patología radiando el tejido en el que se acumulan, indica Ramos: “La acumulación se controla mediante la molécula a la que se encuentra unido el radionucleido, cuya desintegración libera partículas ionizantes que inducen daño molecular y celular localizado en el tejido donde el radiofármaco se acumula, ya que puede reconocer selectivamente dianas biológicas asociadas a una patología concreta”.

Así, estos compuestos actúan como misiles teledirigidos que llegan exacta-



Rocío Ramos

mente a su diana terapéutica sin dañar los tejidos sanos. “Los radiofármacos contienen trazas del ingrediente activo, lo que los convierte, en general, en medicamentos muy seguros y con escasos efectos adversos. A pesar de administrarse en cantidades mínimas, permiten visualizar o tratar patologías concretas gracias a que el ingrediente activo se une de forma altamente específica a determinadas dianas biológicas”.

Los avances en química han hecho que esto se pueda utilizar tanto para tratar un tumor, como para el imprescindible paso previo: diagnosticarlo. Aquí también ayuda el desarrollo de agentes quelantes, sustancias químicas que atrapan y se unen fuertemente a iones de metales pesados o minerales. “Han permitido ampliar el campo de los radiofármacos mediante el uso de radiometales con fines médicos. Esta nueva generación de radiofármacos se conoce como radioligandos”, define Ramos. Son aquellos cuyo ingrediente activo comparte una estructura química si-

milar, conocida como farmacóforo, que gracias a la presencia de un quelante pueden incorporar diferentes radionucleidos con propiedades químicas organometálicas similares. Así, usando el mismo farmacóforo, se puede tener un medicamento para diagnosticar (incorporando un radiometal emisor gamma) y otro para tratar la enfermedad (incorporando un radiometal emisor alfa o beta).

Inicialmente, la química de los radiofármacos terapéuticos estuvo centrada principalmente en el uso de iodo-131 para el tratamiento de patologías tiroideas, especialmente el carcinoma de tiroides. En oncología se han convertido en una herramienta fundamental para diagnóstico y tratamiento, pero también se usan en otras especialidades médicas. “En cardiología permiten evaluar la perfusión y viabilidad del músculo cardíaco, siendo de gran utilidad en pacientes con infarto de miocardio, angina de pecho o insuficiencia coronaria. En nefrología, se utilizan para estudiar la función renal de forma cuantitativa, analizar el flujo urinario y valorar posibles obstrucciones o deterioro funcional de los riñones. En neurología, tienen una importancia creciente en el estudio de enfermedades neurodegenerativas y trastornos cognitivos, como la enfermedad de Alzheimer, el párkinson o algunos tipos de epilepsia”.

Aunque aún quedan dos grandes retos químicos para garantizar la seguridad y eficacia de estos medicamentos: asegurar la estabilidad del enlace entre el radionucleido y la molécula vehicular y garantizar métodos analíticos rápidos y precisos para liberar el medicamento tras su síntesis, considera Ramos. “La



Los radiofármacos se utilizan tanto para el diagnóstico como para la terapia.

radiofarmacia moderna debe encontrar un equilibrio entre complejidad química, seguridad del paciente y rapidez de los métodos de síntesis y análisis, algo especialmente importante en el contexto de la medicina personalizada y los tratamientos de precisión”, apostilla. Mientras se avanza en esto, a la par se buscan nuevas aplicaciones. Por ejemplo, en áreas como la inflamación, la obesidad y el metabolismo, donde la química ya es vital.

Biomarcadores de obesidad

“La neuroquímica es hoy la piedra angular para abordar la obesidad y la diabetes”, arranca María Soledad Avendaño, investigadora de la Universidad de Córdoba (UCO), en el grupo de investigación ‘Regulación hormonal del balance energético, la pubertad y la reproducción’ del Instituto Maimónides de Investigación Biomédica de Córdoba (IMIBIC). La experta ha estudiado cómo ha cambiado el paradigma para enfrentar estas patologías: antes, se centraban en el tejido adiposo o en el páncreas; hoy, saben que el control real está en el sistema nervioso central, concretamente en el hipotálamo.

“En esta región existen dos poblaciones neuronales que funcionan como una balanza de precisión; una tiene la función de estimular el apetito, mientras que la otra se encarga de señalizar la saciedad.



María Soledad Avendaño.

El problema es que la obesidad genera una neuroinflamación (inflamación crónica de bajo grado a nivel central) que rompe este equilibrio”, explica Avendaño. Esta inflamación sobre expresa las señales de las neuronas del hambre y esto hace que “el cerebro interprete una urgencia energética constante”. Al mismo tiempo, se alteran los sistemas de recompensa dopaminérgicos. Esto hace que el proceso metabólico sea un círculo vicioso del que es difícil salir.

Para controlar mejor esto, adelantarse es clave. Con marcadores bioquímicos es posible predecir el riesgo metabólico antes de que aparezcan los síntomas. Para una detección temprana, la medición de la glucosa se queda corta. La

investigadora cuenta que están evolucionando hacia la búsqueda de firmas moleculares mucho más precoces.

“Los biomarcadores determinantes serán los perfiles de microARN circulantes y el análisis de metabolitos de la microbiota intestinal, como los ácidos grasos de cadena corta. La investigación avanza hacia la metabolómica de alta resolución para identificar fallos en la función mitocondrial mucho antes de que el paciente presente síntomas clínicos”, detalla. Su objetivo es detectar la alteración molecular años antes de que se manifieste la enfermedad sistémica.

Pero en los últimos años hay un nombre que resuena en todas las mentes cuando se habla de obesidad: el fenómeno Ozempic. Un éxito sin precedentes, que ha marcado un antes y un después en el diseño químico de fármacos para la diabetes. “Es un cambio de paradigma, porque demuestra que podemos imitar señales hormonales (GLP-1) para comunicarnos con el hipotálamo”, reconoce Avendaño. Pero, por supuesto, hay riesgos si se usa a la ligera para adelgazar y si no se estudian bien sus consecuencias.

“Debemos ser extremadamente críticos con el fenómeno actual. Se ha generado un boom comercial que, en muchos casos, ignora que el uso masivo y fuera de indicación clínica (off-label)

Decodificar y frenar la ELA

Donde hay retos, la química y la innovación pueden ayudar. La mayoría de las enfermedades se deben a alteraciones de algunos de los genes que gobiernan estos procesos, pero en muchos casos no se sabe por qué ocurren. Un ejemplo que podría extrapolarse a otras enfermedades es el de la ELA (Esclerosis Lateral Amiotrófica), una enfermedad neurodegenerativa e irreversible que suele ser muy grave, en la que los genes alterados son muy numerosos. “Algunos casos son de origen genético (ELA familiar) pero muchos otros se deben a la desregulación de otros

genes. Si un gen que estaba apagado se enciende o si experimenta una mutación genera una proteína defectuosa disfuncional”, indica Álvaro Galiano, del Instituto Químico Biológico, que colabora con la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad Complutense de Madrid.

Pero, en general, “se desconoce cuál es el proceso etiopatogénico, fisiológico y molecular que da lugar a la neurodegeneración en la ELA,

porque el porcentaje de ELA familiar está entre el 5 y el 10% de todas las series estudiadas en el mundo; el resto, el 90-95%, son los esporádicos que no sabemos por qué se producen”, detalla Alberto García Redondo, químico y director del Laboratorio de Diagnóstico Genético e Investigación en ELA del Hospital Universitario 12 de Octubre de Madrid, quien explica que se intenta avanzar para entenderlos y hay muchas teorías etiopatogénicas. La más relevante es el acúmulo de ciertas proteínas, algo similar a lo que ocurre en alzhéimer y párkinson. “En el caso de la ELA y la demencia frontotemporal es debido a una proteína que se llama TDP-43. Esto se observa en el 95% de los pacientes con ELA”.

Lo que no saben es si esa presencia es causa o parte del proceso de la neurodegeneración, pero sí que la función de TDP-43 y sus características químicas están relacionadas con él: “TDP-43 regula el procesamiento (o el corte y empalme del ARN) de muchas otras proteínas. Esto altera en los pacientes con ELA las neuronas motoras y da lugar a la neurodegeneración. Es el efecto químico más generalizado y mejor conocido”. En el caso del ELA familiar, lo que produce la neurodegeneración es distinto, pero “teniendo en cuenta las características genéticas podemos deducir cómo son los procesos químicos”, añade García Redondo.

Poner la lupa química en las proteínas posibilita buscar soluciones. Los químicos-médicos intentan diseñar pequeñas moléculas que se unan a estas proteínas e impidan que cumplan su función. “El riluzol



Álvaro Galiano.

está ocurriendo a una velocidad mayor que nuestra capacidad de documentar efectos secundarios a muy largo plazo en poblaciones diversas”, analiza la investigadora de la UCO. Particularmente preocupante es su uso no supervisado para acelerar resultados, una tendencia creciente que ignora que “alterar la señalización neuroquímica de forma artificial no es inocuo”, advierte Avendaño. Un ejemplo concreto y “especialmente alarmante”: las mujeres con infertilidad metabólica. Al usar estos fármacos mientras se busca el embarazo, existe una ventana temporal crítica, entre la fecundación y la implantación del embrión en el endometrio, en la que el nuevo organismo está expuesto a un entorno químico alterado, según la investigadora. “En esta fase de máxima fragilidad biológica y ante la ausencia de evidencia sólida a largo plazo sobre su impacto en el desarrollo embrionario temprano, la cautela científica debe ser nuestra prioridad”, zanja. La línea de investigación de Avendaño se sitúa precisamente en la intersección entre el metabolismo y la regulación del eje reproductor. “Nuestro enfoque se centra en los microARNs como actores principales y reguladores clave de esta comunicación. Analizamos cómo estas pequeñas moléculas actúan como interruptores que orquestan el equilibrio entre el estado metabólico

y la función reproductiva”, describe. Entender cómo la desregulación de estos microARN en el contexto de obesidad altera las señales químicas que controlan la reproducción es vital para desarrollar estrategias de precisión contra la infertilidad metabólica actual. Esto, en cierta manera, también está relacionado con algo que nos preocupa a todos: vivir más, y mejor. “Según algunos expertos, como Manuel Serrano, la clave reside en la autofagia (el sistema de reciclaje molecular) y la eliminación de las células senescentes. Si logramos que las células sigan limpiándose de forma eficiente, evitaremos el deterioro metabólico acelerado”, apunta Avendaño. Por eso también puede velar la bioquímica.

Envejecimiento molecular

La bioquímica es esencial para entender el envejecimiento, “porque el envejecimiento celular es, en gran parte, un problema metabólico y molecular”, afirma Ana Victoria Lechuga-Vieco, biotecnóloga y responsable junior del



Injectable antiobesidad.

Laboratorio de Biología Mitocondrial y Regeneración Tisular en el Instituto de Investigación Biomédica (IRB) de Barcelona, donde investiga en envejecimiento y metabolismo.

Con la edad, las células acumulan daño oxidativo, alteraciones en proteínas, lípidos y ADN, y cambios profundos en su metabolismo energético, explica. Muchas de estas alteraciones ocurren en las mitocondrias, que son los orgánulos encargados de producir energía mediante fosforilación oxidativa. “La bioquímica nos permite medir y entender esos cambios a nivel molecular. Por ejemplo, podemos analizar cómo varían metabolitos específicos, cómo cambia el consumo de oxígeno celular, qué rutas metabólicas están activadas o cómo se

evita que aumente la cantidad de glutamato entre las sinapsis de las neuronas motoras y esto esquivar un proceso que llamamos excitotoxicidad, que es la hiperexcitabilidad neuronal por un exceso de neurotransmisor. Pero es una teoría”, especifica García Redondo. “Los fármacos hasta hoy conocidos, el riluzol y la edaravona [o radicava] solo tienen un efecto modesto en la supervivencia de los enfermos con ELA”, lamenta Galiano.

A falta de más soluciones, en la actualidad ha surgido la hipótesis de la Network Pharmacology (o farmacología de sistemas), en la que se intenta “estimular o reprimir la producción y/o los efectos de las proteínas producidas por los genes defectuosos”, explica Galiano. Actualmente hay dos fármacos en fase desarrollo clínico, el dazucorilant y el masitinib, que “están mostrando incrementar un poco más la supervivencia” al actuar sobre redes de proteínas y vías inflamatorias.

Para García Redondo, lo que más relevante a día de hoy es hacer tratamientos directos a alteraciones genéticas, mediante un fármaco pionero, el Tofersen, aprobado hace dos años en Estados Unidos y en 2025 en España. Está diseñado para un



Alberto García Redondo.

tipo específico de ELA, ya que actúa directamente sobre las mutaciones en el gen SOD1, uno de los más prevalentes en las familias hereditarias con ELA.

Las herramientas informáticas y la inteligencia artificial están impulsando el diseño de nuevas moléculas y ayudan a predecir muchas de sus propiedades preclínicas. Además, mediante tecnologías in vitro (como organ-on-a-chip) simulan el comportamiento de células nerviosas extraídas de un paciente mediante una biopsia. “Esto evita tener que estudiar los efectos de un fármaco en modelos más costosos o directamente en animales o en voluntarios sanos”, explica Galiano. Sin embargo, incluso cuando las predicciones informáticas son muy favorables, es imprescindible sintetizar la molécula y estudiarla en la vida real, recuerda.

Otra forma en la que la química intenta ayudar a los pacientes de ELA es detectarla antes, algo ahora mismo imposible. “No existe ningún biomarcador a día de hoy que nos permita realizar un diagnóstico más temprano de la enfermedad. Tanto nosotros como cientos de grupos en todo el mundo estamos volcados en intentar hallar esos biomarcadores. De momento, el que ha tenido más éxito es el de los neurofilamentos, proteínas que forman parte del citoesqueleto de las neuronas. “Si están en un máximo o van aumentando, significa que va avanzando. Pero si disminuyen, significa que la progresión de la enfermedad disminuye. Esta idea es muy útil en ensayos clínicos”, subraya García Redondo.



alteran moléculas clave como NAD⁺, ATP o especies reactivas de oxígeno”, detalla.

Para estudiarlo, utilizan tecnologías de metabolómica, secuenciación y análisis funcional mitocondrial con las que identifican firmas bioquímicas asociadas al envejecimiento saludable o patológico. “Esto es especialmente importante porque muchas enfermedades asociadas a la edad, como las enfermedades cardiovasculares, las neurodegenerativas y el cáncer, comparten alteraciones metabólicas comunes”, explica la investigadora, que ha visto cómo en los últimos años se ha pasado de considerar el envejecimiento como un proceso inevitable a entender que muchas de sus bases moleculares son potencialmente modulables.

“En nuestro laboratorio estudiamos cómo la calidad mitocondrial determina la función de las células T CD8⁺, que son células fundamentales para la respuesta inmunitaria frente a tumores e infecciones. Uno de los problemas que observamos durante el envejecimiento es que estas células acumulan mitocondrias disfuncionales. Eso altera su metabolismo, reduce su capacidad citotóxica, favorece un estado proinflamatorio y contribuyen al *inflammaging*, (combinación de los términos ingleses *inflammation* y *aging*), que es una inflamación crónica y de bajo grado que se desarrolla progresivamente con la edad. En su grupo de investigación en el IRB Barcelona combinan herramientas de inmunología, bioquímica, metabolómica, nanomedicina y biología mitocondrial para reprogramar metabólicamente las células T y devolverles funcionalidad. Uno de sus objetivos es potenciar procesos de mitofagia, el mecanismo mediante el cual la célula elimina selectivamente mitocondrias dañadas. “Aquí la bioquímica es completamente central porque trabajamos sobre rutas metabólicas y señales moleculares muy concretas: potencial de membrana mitocondrial, producción de ROS, dinámica mitocondrial, regulación de mTOR, AMPK, etc. A nivel técnico, utilizamos análisis de respiración mitocondrial, trazado metabólico con carbono marcado, secuenciación de mtDNA, microscopía avanzada y modelos preclínicos para estudios in vivo, y ex vivo con células humanas”, desgrana.

Además, están desarrollando estrategias basadas en nanomedicina y nanopartículas inteligentes para dirigir mo-



Ana Victoria Lechuga-Vieco.

léculas terapéuticas específicamente hacia las mitocondrias o hacia determinadas poblaciones celulares del sistema inmune. Esto les permite modular con mucha más precisión el metabolismo celular y reducir efectos secundarios no deseados. “La combinación entre bioquímica y nanotecnología abre posibilidades muy interesantes para diseñar terapias inmunometabólicas más selectivas y eficientes”.

Todo esto está en un estadio promotor, en una fase preclínica avanzada, aunque todavía no se está aplicando. “Estamos validando estas estrategias en células humanas y en modelos experimentales de envejecimiento y cáncer para evaluar hasta qué punto podrían convertirse en futuras terapias inmunometabólicas”, indica.

Pero hay más líneas de investigación abiertas. Otra busca restaurar o aumentar la capacidad funcional de células dañadas mediante estrategias basadas en mejora mitocondrial. Porque las mitocondrias no solo producen energía, “también regulan inflamación, diferenciación celular, regeneración tisular y supervivencia celular: cuando las mitocondrias fallan, muchos tejidos pierden capacidad regenerativa”.

En este contexto, los científicos van detrás de las células del sistema inmune y las células madre hematopoyéticas, las responsables de generar todas las células sanguíneas e inmunes a lo largo de la vida. “Durante el envejecimiento, estas células acumulan alteraciones metabólicas y mutaciones mito-

condriales, que reducen su capacidad regenerativa y favorecen inflamación crónica e inmunosenescencia”, explica. Por eso, lo que hacen es desarrollar nuevas estrategias de terapia celular, específicamente inmunoterapia metabólica, orientadas a mejorar la función de linfocitos disfuncionales mediante señales metabólicas y mitocondriales. “La idea es aprovechar células con mitocondrias sanas y alta capacidad metabólica para reprogramar otras células deterioradas o inmunosenescentes”, sugiere. Una vez más, estas aproximaciones podrían tener aplicaciones futuras en envejecimiento, enfermedades metabólicas, patologías inflamatorias y cáncer.

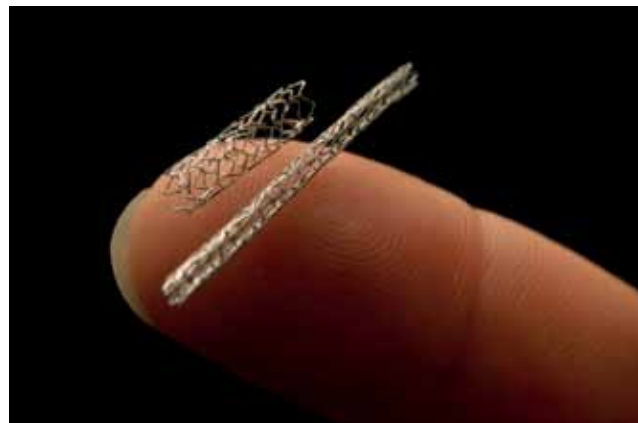
De nuevo, la bioquímica juega un papel central porque “necesitamos entender exactamente cómo cambia el metabolismo celular tras esa reprogramación: analizamos parámetros como producción de ATP, capacidad respiratoria mitocondrial, consumo de oxígeno, equilibrio redox o flexibilidad metabólica, además de estudiar cómo estos cambios impactan en programas inflamatorios y epigenéticos”.

Esta línea está en fase experimental y de validación funcional. Lechuga-Vieco piensa que es un momento prometedor, aunque quedan desafíos por resolver: “Vemos mejoras claras en metabolismo y funcionalidad celular, pero aún estamos lejos de su aplicación clínica. Uno de los grandes retos ahora es garantizar seguridad, reproducibilidad y escalabilidad terapéutica”.

Máquinas engrasadas

Los científicos coinciden en que uno de los mayores cambios en biomedicina en los últimos años está siendo entender que longevidad y salud metabólica no son exactamente lo mismo.

“La bioquímica nos está permitiendo identificar qué procesos metabólicos



Estructuras biocompatibles hechas de nitinol.

Nuevos materiales para repararnos

El desarrollo de prótesis e implantes que restauran o mejoran funciones del cuerpo humano ya no pasa solamente por construir piezas rígidas de metal o imprimir con fibra de carbono y polímeros ligeros. La química supramolecular está abriendo una puerta totalmente nueva.

Durante décadas, el principal obstáculo para sustituir un órgano dañado ha sido el rechazo inmunitario y la incompatibilidad mecánica de los implantes tradicionales. Para resolverlo, los laboratorios químicos están desarrollando hidrogeles autorreparables avanzados. Estos son redes poliméricas tridimensionales compuestas por hasta un 90 % de agua. Mediante enlaces dinámicos no covalentes, como los puentes de hidrógeno, estos materiales imitan a la perfección la elasticidad de la matriz extracelular humana. Además, son capaces de sanar de forma autónoma si sucede una ruptura o fricción interna. De alguna manera, engañan al organismo para que los acepte como tejido propio en lugar de cuerpos extraños.

Dotar al cuerpo de nuevas funciones o restaurar sentidos perdidos exige conectar estos tejidos artificiales con nuestro sistema nervioso, un reto de base electroquímica. En Europa hay proyectos de vanguardia que han logrado hitos históricos mediante el desarrollo de *electrodos vivos*, aquellos en los que las células diseñadas interactúan con las neuronas del hospedador de manera controlada. Es el caso de la iniciativa Living Bionics, que estudia cómo estos podrían dar lugar a una nueva generación de implantes biónicos. Su idea es alejarse de los implantes duros y avanzar hacia sistemas adaptativos y regenerativos que evolucionen con el cuerpo. Para ello, han desarrollado materiales biohíbridos, que incluyen hidrogeles, elastómeros y materiales modificados que contienen componentes propios del cuerpo, y en particular del encéfalo.

Los materiales inteligentes responden de manera precisa a estímulos fisiológicos como variaciones de pH, temperatura o microcorrientes eléctricas. A diferencia de los cables de silicio o platino convencionales, que pueden provocar cicatrices neuronales crónicas y pérdida de señal a largo plazo, estos materiales sintéticos blandos conducen la electricidad de forma eficiente mientras albergan células

madre en su estructura. Así, la profundidad química abre las puertas a interfaces neuronales ultraprecisas para retinas artificiales, implantes cocleares o prótesis robóticas que se comunican directamente con las neuronas sin barreras físicas.

Otra revolución es la de la inteligencia artificial, porque la adaptación del cuerpo a estos materiales puede predecirse con algoritmos de aprendizaje profundo. Estos pueden analizar cómo reaccionarán las células humanas ante un nuevo polímero antes de que este sea fabricado físicamente. Hay investigaciones abiertas, pero si funciona esta suerte de cribado virtual podría reducir costes y tiempos. Hay más materiales novedosos que se estudian en los laboratorios. Materiales metálicos biocompatibles como el nitinol (una aleación de níquel y titanio con memoria



Meinvest

Imagen de la iniciativa Saving Lives para personas amputadas en Ucrania.

de forma), que están siendo rediseñados mediante técnicas de fabricación aditiva 3D para modificar su comportamiento. Por otro lado, la investigación en compuestos piezoeléctricos inocuos basados en óxido de zinc ha demostrado que es posible generar microelectricidad a partir del propio movimiento o pulsaciones de los órganos del paciente. Esto podría ofrecer un sistema de autoabastecimiento energético para alimentar los dispositivos biónicos internos sin necesidad de baterías externas. Una revolución tecnológica... y química.



determinan que unas personas envejecen con buena función inmunológica, muscular o cardiovascular y otras no", reflexiona Lechuga-Vieco. Por ejemplo, hoy sabemos que alteraciones en la función mitocondrial, inflamación crónica de bajo grado, pérdida de flexibilidad metabólica o acumulación de daño oxidativo son factores clave del deterioro asociado a la edad, explica.

Gracias a la bioquímica podemos detectar esos cambios "mucho antes de que aparezca la enfermedad clínica y diseñar intervenciones dirigidas: desde fármacos metabólicos hasta estrategias

nutricionales o inmunometabólicas". En su campo, uno de los aspectos más interesantes es entender cómo "rejuvenecer metabólicamente células inmunes para mantener resiliencia frente a cáncer, infecciones o inflamación crónica durante el envejecimiento".

De nuevo, aparecen patologías y enfermedades que nos aquejan a todos, asociadas a la edad, y que pueden plantearse desde la bioquímica. Esta y la biomedicina buscan que vivamos más años, pero con salud plena. Vivir más años, pero manteniendo la capacidad funcional de nuestros órganos y sistema inmunitario. Innovación en el

diagnóstico y los procesos terapéuticos, personalización de fármacos, diseño de materiales a medida... Todo suma para conseguirlo.

"El futuro de la química es convertir la medicina en una ciencia de alta precisión que actúe de forma preventiva, garantizando que nuestra biología se mantenga en equilibrio durante la mayor parte de nuestra vida", resume Avendaño. La ciencia molecular responde al rescate de un cuerpo que enferma y envejece. No sabemos si estamos más cerca de la vida eterna, pero sí que, si esta llega, la química será en gran parte responsable.



Del progreso químico a la huella invisible

El espectacular y persistente avance de la química a lo largo de más de dos siglos ha permitido sostener el crecimiento de la población y mejorar la calidad de vida y el bienestar de los humanos en todo tipo de aspectos, desde la alimentación hasta el transporte, desde la ropa hasta la medicina, desde la higiene hasta los materiales más sofisticados. Pero también ha generado una nueva y silenciosa amenaza: la presencia de contaminantes antropogénicos persistentes en el medio acuático. Detectables hoy a concentraciones ínfimas, pero con efectos potencialmente graves sobre los ecosistemas y la salud humana, los contaminantes emergentes y prioritarios representan uno de los mayores desafíos científicos, tecnológicos y regulatorios del siglo XXI, obligándonos a repensar tanto la gestión del agua como nuestra forma de interactuar con el planeta.

La presencia de contaminantes en el medio ambiente debe evaluarse en el contexto histórico de los tratamientos desarrollados para su remediación, entendidos como procesos destinados a minimizar el impacto humano sobre el planeta. Dicho impacto, intensificado por el crecimiento poblacional y la mejora de la calidad de vida, ha llegado a alterar los equilibrios naturales. Aunque este crecimiento se inició con la Revolución Industrial, fue en el siglo XX cuando se desbordaron todas las tendencias, impulsado en gran medida por avances de la química, como fertilizantes y pesticidas, que eliminaron la limitación alimentaria para el crecimiento en la población y la fabricación de otras sustancias antropogénicas, con aplicaciones no sólo en medicina sino en cualquier otro aspecto relacionado con la vida, que ha permitido desde entonces incrementar notablemente la vida media de las personas. El agua constituye uno de los medios donde mejor se manifiesta esta inte-

racción. Es esencial para los seres vivos y, al mismo tiempo, utilizada en múltiples actividades humanas, incluyendo producción agrícola e industrial, intercambio de calor, limpieza y transporte de residuos. Históricamente, su gestión ha condicionado el desarrollo social, como evidencian episodios de sequías, contaminación aguda o epidemias. Aún hoy la gestión del agua sigue siendo uno de los aspectos prioritarios a los que se enfrentan los servicios de emergencia. Debido a sus usos, el agua también transporta contaminantes y organismos nocivos, lo que planteó desafíos históricos como su captación, distribución y evacuación. Desde los sistemas de canalización de Mesopotamia hasta los desarrollos romanos, estos avances permitieron mejorar el control de enfermedades, aunque sin comprender plenamente los mecanismos que lo conseguían. Mucho más tarde, surgieron sistemas de clarificación y filtración, documentados en grandes ciudades europeas del siglo XIX, aun-



Fuentes antropogénicas de contaminantes emergentes y prioritarios y su impacto sobre los ecosistemas acuáticos y la salud humana. (Figura ilustrativa realizada con IA Copilot)

Texto: Manuel Andrés Rodrigo Rodrigo, catedrático de Ingeniería Química. Universidad de Castilla-La Mancha.

que su implantación fue limitada por costes y falta de percepción de su necesidad. Con el tiempo, la capacidad de autodepuración natural resultó insuficiente, requiriendo intervenciones que acelerasen la eliminación de contaminantes y por ello su uso se generalizó. Esto condujo al desarrollo de tratamientos previos al vertido, como la interceptación (pretratamientos) y decantación (tratamientos primarios), seguidos de procesos biológicos controlados en reactores aireados (tratamientos secundarios), para evitar la anoxia en el medio natural. Posteriormente, se incorporaron tratamientos terciarios para eliminar nutrientes y prevenir proliferaciones biológicas.

A finales del siglo XX, el modelo de depuración quedó consolidado, pero se empezó a ser consciente de la existencia de compuestos antropogénicos difíciles de eliminar. Los avances analíticos permitieron detectar contaminantes a niveles de $\mu\text{g/L}$ y ng/L , revelando la persistencia de sustancias no biodegradables que se dispersan en el medio, incluso a través de lodos. Inicialmente considerados anecdóticos, estos compuestos suscitaban preocupación al relacionarse con efectos ambientales y sanitarios serios, tales como alteraciones biológicas en ecosistemas y enfermedades humanas, y esta preocupación se vio intensificada en ocasiones por enfoques mediáticos sensacionalistas.

Finalmente, la aparición de bacterias resistentes a antibióticos marcó un punto crítico, al evidenciar la posible relación entre vertidos y la generación de dichas resistencias, lo que elevó la alarma social ante la escasez de alternativas terapéuticas.

La correlación basada en evidencia científica entre los impactos negativos observados y la presencia de compuestos antropogénicos ya se había identificado y, en algunos casos, verificado desde mediados del siglo XX, especialmente para pesticidas (DDT, atrazina, endosulfán), fluidos industriales con PCB, PCT y metales pesados (Cd, Pb, Hg, Ni), cuya elevada peligrosidad llevó incluso a su prohibición. No obstante, no fue hasta la década de 1990 cuando la relevancia de estos contaminantes en aguas se consolidó desde el punto de vista científico-tecnológico, impulsada por la aparición y uso masivo de numerosos compuestos orgánicos. En este contexto surgió la categoría de



FOTO: simonkr - iStock

Recogida y análisis de muestras para detección de contaminantes emergentes en el agua de un río.

disruptores endocrinos, definida por su capacidad de alterar el sistema endocrino en humanos y fauna, integrando sustancias como BPA, BPS y ftalatos (plásticos), nonilfenol (detergentes), etinilestradiol (fármacos) y dioxinas (incineración), además de muchos de los compuestos previamente citados. Sin embargo, el uso generalizado del término en los medios resulta impreciso, ya que estos compuestos presentan mecanismos de acción distintos a los de otros contaminantes igualmente persistentes, bioacumulativos o peligrosos. Así, los antibióticos no se clasifican formalmente como disruptores endocrinos, aunque contribuyen significativamente a riesgos ambientales y sanitarios, especialmente por su relación con la aparición de bacterias resistentes. En este ámbito, adquieren especial relevancia los genes de resistencia (ARG), como bla, tet, sul y erm, capaces de transferirse horizontalmente entre microorganismos, originando patógenos multirresistentes. Este fenómeno es particularmente preocupante, ya que los procesos de desinfección pueden eliminar bacterias pero también liberar ADN que facilita dicha transferencia genética.

Tampoco se incluyen como disruptores endocrinos otras sustancias con elevada persistencia o toxicidad, como las drogas y numerosos fármacos. Compuestos como cocaína, anfetaminas, nicotina o cafeína presentan efectos ecotoxicológicos relevantes, al igual que medicamentos de uso común como antiinflamatorios (diclofenaco,

ibuprofeno, naproxeno), antiepilépticos (carbamazepina), betabloqueantes (atenolol, metoprolol) o antidepresivos (fluoxetina). A estos se suman los productos de cuidado personal (PPCPs), que incluyen parabenos, fragancias, repelentes y filtros UV.

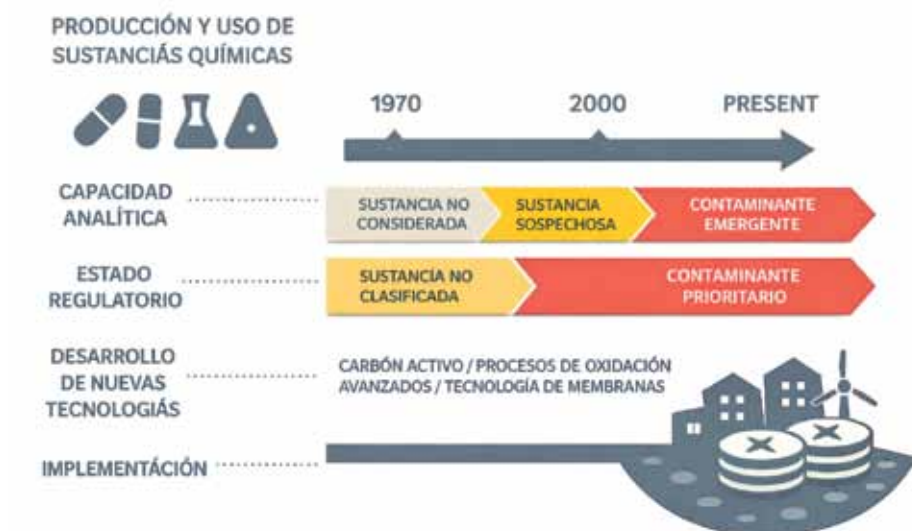
Más recientemente, se han incorporado al inventario de contaminantes de interés los compuestos perfluorados (PFAS), por su elevada persistencia y efectos sobre sistemas hepáticos e inmunológicos, así como a microplásticos ($1\ \mu\text{m}$ – $5\ \text{mm}$) y nanoplásticos ($<1\ \mu\text{m}$), que además actúan como vectores para el transporte de otros contaminantes. También se consideran en el inventario otros muchos compuestos, como pesticidas no hormonales (carbamatos, glifosato) y subproductos del tratamiento del agua, como trihalometanos y nitrosaminas, asociados a riesgos de carcinogenicidad y toxicidad crónica.

En general, estos contaminantes se caracterizan por su toxicidad, persistencia, bioacumulación y movilidad. La elevada toxicidad está relacionada con la capacidad de provocar efectos agudos y/o crónicos incluso a bajas concentraciones, incluyendo cáncer o alteraciones endocrinas, reproductivas y neurológicas. Su persistencia implica resistencia a la degradación y larga vida media en distintos compartimentos, mientras que su bioacumulación y biomagnificación incrementan su concentración en la cadena trófica, afectando finalmente al ser humano. Su movilidad favorece su dispersión

global y presencia en aguas, suelos, aire y alimentos, originando una exposición humana relevante y un impacto ecológico significativo sobre organismos, comunidades y funcionamiento de ecosistemas.

Ante estos riesgos, se ha desarrollado un marco legislativo para su control, iniciado con la *Clean Water Act* (1972) en EE. UU. y posteriormente ampliado en Europa y otras regiones. Estas normativas identifican contaminantes prioritarios con efectos demostrados, favoreciendo su eliminación mediante prohibiciones o tecnologías específicas. No obstante, la inclusión en estas categorías exige evidencia científica sólida; por ello, muchos compuestos detectados recientemente, gracias al avance analítico, se clasifican como contaminantes emergentes, cuyo riesgo está aún en evaluación. La distinción entre ambos depende del estado regulatorio, del conocimiento científico y del momento histórico, así como de los objetivos de gestión (eliminación frente a monitorización).

A escala europea, el marco normativo para el control de los contaminantes emergentes se sustenta en la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE), que constituye el principal instrumento legal en materia de aguas, y se complementa con la Directiva de Aguas Subterráneas (2006/118/CE), la Directiva 2008/105/CE sobre normas de calidad ambiental y la Directiva (UE) 2020/2184 relativa a la calidad del agua destinada al consumo humano. Mas recientemente han aparecido la Directiva (UE) 2024/3019, que está orientada a la eliminación tecnológica de microcontaminantes, obligando progresivamente a implementar tratamientos terciarios y cuaternarios; y la recién adoptada Directiva (UE) 2026/805, que modifica directivas anteriores, con el objetivo de actualizar la legislación europea sobre protección de aguas, intentando avanzar en el objetivo de *contaminación cero*. De forma transversal, destaca el Reglamento (CE) n° 1907/2006 (REACH), que establece los mecanismos de registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias químicas y sirve de base para la inclusión de contaminantes emergentes en las listas de vigilancia (*Watch List*) y para la propuesta de restricciones específicas. Este marco se refuerza con la Estrategia de la Unión Europea para la Sostenibilidad de las Sustancias Químicas. Además, en los



Evolución del conocimiento, la regulación y las tecnologías de tratamiento de los contaminantes emergentes y prioritarios. (Figura realizada con asistencia de la IA Copilot)

últimos años la Comisión Europea ha propuesto la inclusión de varios fármacos como contaminantes prioritarios. En el ámbito nacional, la legislación española se articula principalmente a través del Texto Refundido de la Ley de Aguas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2001; el Real Decreto 1514/2009, sobre protección de las aguas subterráneas; el Real Decreto 817/2015, que regula los criterios de evaluación del estado de las aguas; y el Real Decreto 3/2023, sobre el agua de consumo humano y los planes hidrológicos de cuenca, que incorporan programas específicos de seguimiento de contaminantes emergentes.

Otra herramienta es el desarrollo de métodos de detección y tratamiento. En la actualidad, la búsqueda de contaminantes emergentes está ligada a la detección y demostración del papel perjudicial de estas sustancias. Como se ha apuntado, entre los impactos ambientales importantes que se buscan están alteraciones endocrinas en organismos acuáticos, los cambios en comunidades microbianas, la bioacumulación en sedimentos y seres vivos y la pérdida de biodiversidad con alteración de las cadenas tróficas, que pueden ser agravados por el denominado efecto de mezcla, que dificulta predecir los efectos combinados de múltiples compuestos. En relación con la salud humana, aunque las concentraciones detectadas en agua potable suelen ser reducidas, preocupa la exposición crónica, especialmente en poblaciones vulnerables, por su posible asociación con alteraciones hormonales, resisten-

cia a antibióticos, efectos neurotóxicos y reproductivos y una potencial contribución a enfermedades crónicas.

Los resultados positivos de esta búsqueda nos sitúan en medio de la batalla tecnológica por desarrollar formas de eliminar, o al menos minimizar, el impacto de estos contaminantes. En esto se lleva trabajando por parte de la comunidad investigadora desde hace aproximadamente tres décadas, en un momento en el que el futuro del tratamiento de las aguas se proyecta en la minimización de este impacto y en la transformación del concepto de planta depuradora; que debe evolucionar desde su papel como minimizadoras de impacto ambiental al deseado rol de centro de producción de recursos materiales y energéticos. Este último aspecto no va a ser cubierto en este breve texto, pero tiene un interés enorme actualmente, máxime teniendo en cuenta las implicaciones del consumo de recursos materiales y energéticos en la sostenibilidad de la relación entre humanos y planeta.

En este contexto, los tratamientos que incluyen las depuradoras de aguas residuales urbanas no son eficaces en la eliminación de muchos de estos compuestos. Además, la prohibición de su uso, o incluso sólo de su vertido, no es suficiente para eliminar completamente su impacto, aunque en algunos casos puntuales sí se ha utilizado desde hace ya muchos años. No obstante, incluso la prohibición no ha evitado que algunas especies ya estén contenidas en numerosos medios, dada la persistencia de algunas

moléculas, y que sigan desarrollando su impacto negativo. Para otras especies no se puede evitar la presencia, ya que, a modo ilustrativo, una simple ducha permite arrastrar muchos de los componentes contenidos en los productos de higiene personal y no se realiza un tratamiento diferenciado de las excreciones humanas y animales cuando el individuo está siendo sometido a cualquier tratamiento sanitario, en la que una parte importante de los medicamentos no son metabolizados. Este último punto también pone de manifiesto lo que puede ser la punta de un iceberg, porque los bajos umbrales de detección suelen estar relacionados con las sustancias que se están buscando por medios analíticos y pueden existir otras sustancias nuevas, generadas a partir de las anteriores, con incluso peores características. Sin duda, el papel de estos metabolitos tendrá que ser abordado a la mayor brevedad posible. De hecho, recientemente se está implementado el concepto de exposoma, que integra la exposición humana acumulativa a múltiples contaminantes a lo largo de la vida.

Surge entonces la necesidad de desarrollar nuevos tratamientos para estas especies, que tienen que abordar, además de su presencia en concentraciones exigüas en muchos casos, el carácter químico estable y su baja biodegradabilidad. Esto ha conformado un campo de investigación muy interesante en el que se ha evaluado el uso de procesos de oxidación avanzada como la ozonización, la fotocatalisis, UV/H₂O₂ y los procesos electroquímicos, la adsorción sobre carbón activado granulado o en polvo, los procesos de membrana, como la nanofiltración y ósmosis inversa, y tratamientos híbridos que combinan procesos físicos, químicos y biológicos. Algunos de estos procesos han pasado del desarrollo en laboratorios a la práctica industrial, lo que ha permitido incrementar notablemente el nivel de disponibilidad tecnológica. Las experiencias europeas a gran escala demuestran que, en la actualidad, las únicas tecnologías plenamente operativas y robustas para la eliminación de contaminantes emergentes, especialmente fármacos, en estaciones depuradoras de aguas residuales son la ozonización con postratamiento biológico y la adsorción en carbón activado, tanto en polvo como granular. Estas tecnologías, implemen-

tadas con éxito en países como Suiza, Alemania y Países Bajos, permiten alcanzar eliminaciones del 70–95 % de fármacos indicadores y reducciones significativas de la ecotoxicidad, con costes adicionales moderados respecto al tratamiento convencional. Suiza constituye el caso más consolidado, con una obligación legal de eliminación de microcontaminantes y decenas de EDAR ya operativas, mientras que Alemania ha evaluado comparativamente el carbón activado y procesos de oxidación avanzada, como UV/H₂O₂. Países Bajos, por su parte, ha iniciado un despliegue reciente basado en ozonización y filtros biológicos de carbón activado. En conjunto, los estudios coinciden en que estas tecnologías avanzadas, aunque suponen un pequeño incremento del coste del ciclo urbano del agua, ofrecen un balance coste/beneficio claramente favorable frente a la inacción. Los costes varían ampliamente según la tecnología, pero oscilan entre 0,05 y 0,30 €/m³ adicionales, lo que plantea importantes retos económicos para su implantación a gran escala, aunque suponen un coste adicional que tan sólo representa entre el 2 y el 4 % del coste total del ciclo del agua.

Conclusiones y recomendaciones

La evidencia científica disponible confirma que los contaminantes emergentes y prioritarios constituyen uno de los desafíos más relevantes para la protección de los ecosistemas acuáticos y la salud humana, al conjugar toxicidad a concentraciones muy bajas, elevada persistencia ambiental, capacidad de bioacumulación y una eliminación limitada mediante los tratamientos convencionales del agua. Este escena-



Muchos contaminantes no se aprecian a simple vista. (Imagen realizada con asistencia de IA Copilot)

rio obliga a avanzar hacia un enfoque integral de gestión, que combine el refuerzo de los marcos regulatorios y de los programas de vigilancia, la incorporación gradual de tecnologías avanzadas de tratamiento con eficacia contrastada y una estrategia preventiva basada en el control en origen y en la evaluación del riesgo desde una perspectiva de exposoma. De forma transversal, resulta imprescindible una inversión sostenida en investigación, innovación y transferencia de conocimiento, junto con una comunicación social rigurosa, que permita fundamentar decisiones informadas y garantizar la sostenibilidad del ciclo urbano del agua en un contexto de presión ambiental creciente. En este sentido, los contaminantes emergentes representan un problema dinámico y multidisciplinar cuya adecuada gestión solo puede abordarse mediante la interacción coordinada entre ciencia, tecnología, regulación adaptativa y concienciación social.

Bibliografía

- Rodríguez-Hernández, J, et al. (2022). Environmental persistence, detection, and mitigation of endocrine disrupting contaminants in wastewater treatment plants: A review with a focus on tertiary treatment technologies. *Environmental Science: Advances*, 1, 680–704. <https://doi.org/10.1039/d2va00179a>
- Oller, I., Malato, S., & Sánchez-Pérez, J. A. (2011). Combination of advanced oxidation processes and biological treatments for wastewater decontamination: A review. *Science of the Total Environment*, 409, 4141–4166. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.08.061>
- Malato, S., et al. (2009). Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: Recent overview and trends. *Catalysis Today*, 147, 1–59. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2009.06.018>
- Zhou, Q., et al. (2024). Occurrence, sustainable treatment technologies, potential sources, and future prospects of emerging pollutants in aquatic environments: A review. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1455377. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1455377>
- Ortúzar, M., et al. (2022). Pharmaceutical pollution in aquatic environments: A concise review of environmental impacts and bioremediation systems. *Frontiers in Microbiology*, 13, 869332. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.869332>
- Boahen, E., Owusu, L., & Adjei-Anim, S. O. (2025). A comprehensive review of emerging environmental contaminants of global concern. *Discover Environment*, 3, 144. <https://doi.org/10.1007/s44274-025-00259-x>
- Arman, N. Z., et al. (2021). A review on emerging pollutants in the water environment: Existences, health effects and treatment processes. *Water*, 13(22), 3258. <https://doi.org/10.3390/w13223258>





El viaje químico del grano de café al cerebro

Cada mañana, millones de personas activan una compleja secuencia de transformaciones moleculares sin apenas ser conscientes de ello. Todo empieza en la semilla de un fruto tropical y termina en una bebida capaz de alterar la percepción del cansancio, despertar recuerdos asociados al aroma y movilizar mecanismos biológicos que la ciencia sigue investigando. Entre ambos extremos se despliega una cadena de procesos donde intervienen fermentaciones, reacciones térmicas, fenómenos de extracción y mecanismos fisiológicos cuidadosamente estudiados por la ciencia. Más allá de su papel como estimulante cotidiano, el café constituye uno de los ejemplos más fascinantes de cómo la composición de un alimento evoluciona desde el campo hasta el organismo. Para seguir ese recorrido, especialistas en química de los alimentos y neurofarmacología ayudan a descifrar ese itinerario.

Texto: Elvira del Pozo, comunicadora de ciencia y medio ambiente.

“Una taza de café es un espectáculo químico”. Así resume María Dolores del Castillo, investigadora científica del Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL-CSIC-UAM), la extraordinaria complejidad de la segunda bebida más consumida del mundo, solo por detrás del agua. Una diversidad molecular que no procede solo de la cuna: del millar de compuestos presentes en la taza, más de 800 no están en el fruto cuando se recolecta, sino que surgen durante el procesado. Sí lo están la cafeína, los compuestos fenólicos y los terpenos, principales responsables de las notas florales, cítricas y especiadas. Y entre los nuevos, las melanoidinas y las acrilamidas.

Tras despulpar el fruto para liberar la semilla comienza una fermentación espontánea de entre 12 y 48 horas, en las que levaduras y bacterias presentes de forma natural actúan sobre los azúcares del fruto. En los cafés de especialidad, este proceso se controla y diseña con levaduras seleccionadas o en condiciones anaeróbicas para po-

tenciar determinadas notas aromáticas y aumentar la complejidad sensorial. El proceso genera el grano verde, rico en compuestos fenólicos, especialmente ácidos clorogénicos, moléculas de efectos beneficiosos para la salud, ya que son antioxidantes y tienen propiedades antiinflamatorias y neuroprotectoras. Según José Ángel Rufián, catedrático de Nutrición y Bromatología de la Universidad de Granada y especialista en química de los alimentos, “esos compuestos fenólicos tal cual están no se absorben muy bien”. Por eso es necesario tostar el grano, porque algunos de ellos se transforman y se asocian a otro tipo de compuestos que la microbiota intestinal convierte en moléculas más pequeñas, mucho más absorbibles”.

“El punto de inflexión llega con el tostado. -corroborar Del Castillo, autora del libro *El Café* (CSIC, 2022)- La acción del calor desencadena una cascada de transformaciones en la composición original; las más profundas son las que vienen de la reacción de Maillard”. En 1912, este médico y químico francés describió una secuencia de reacciones

entre aminoácidos y azúcares, que originan nuevos compuestos. El proceso empieza una vez evaporada gran parte del agua, cuando la temperatura supera los 140 °C, y se intensifica durante varios minutos hasta acercarse a entre 195 °C y 205 °C, punto en el que se produce el de-



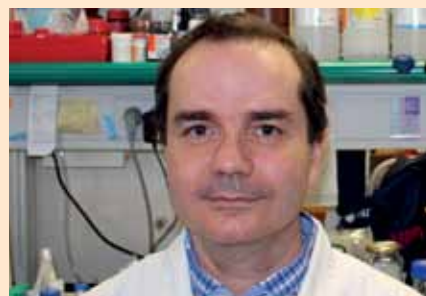
nominado primer crack, en alusión a la fractura audible de la estructura celular del grano debido al exceso de presión interna. Entre 4 y 8 minutos después, la semilla pasa de presentar una tonalidad verdosa a exhibir los tonos ocres y pardos, y se generan los aromas característicos del producto final. Conforme aumenta la intensidad del tratamiento térmico se produce un nuevo proceso: la caramelización. “A diferencia del de Maillard, aquí intervienen exclusivamente azúcares y su contribución se vuelve más evidente en tuestes más oscuros”, cuenta Del Castillo.

El grado de tueste, pues, determina buena parte de la personalidad del café. A medida que aumenta la temperatura, algunas moléculas desaparecen, otras se transforman y surgen nuevas sustancias que modifican el aroma, el sabor, el color y la composición final de la bebida. Algunas son indeseables, como la acrilamida, una neurotoxina natural clasificada por la Organización Mundial de la Salud como potencialmente carcinógena. “Pero también aparecen compuestos beneficiosos, como las melanoidinas”, explica Rufián. La clave está en encontrar el equilibrio. «La acrilamida es uno de los compuestos perjudiciales que se pueden producir. Para este investigador, el trabajo del tostador consiste precisamente en gestionar esa tensión entre riesgo y beneficio. «Tienes que jugar con el balance de cuánto tuestas el café para desarrollar las características organolépticas que buscas, pero sin pasarte, para evitar producir una cantidad excesiva de compuestos que puedan resultar peligrosos.

La que parece salir indemne de todo este proceso es la cafeína. Con un pun-

A prueba de nervios

Para las personas que no pueden tomar cafeína, porque las desvela o porque padecen ciertas afecciones vasculares, queda la opción descafeinada. Un sofisticado proceso químico permite retirar la cafeína del grano verde antes del tostado. Para ello se emplean distintos procedimientos, desde el lavado con agua hasta la extracción mediante dióxido de carbono en estado supercrítico, capaz de comportarse a la vez como gas y como líquido, para aislar determinadas sustancias con gran precisión. Francisco Ciruela subraya que muchos de los efectos atribuidos al café no dependen exclusivamente de la cafeína. Y, contradiciendo el tópico, el resultado mantiene buena parte de la riqueza química original, conservando cientos de compuestos capaces de aportar aroma, sabor y actividad biológica.



Francisco Ciruela

to de fusión de 235 °C, resiste sin demasiados problemas las temperaturas habituales del tostado. Quienes buscan un efecto más intenso deberían fijarse menos en si el tueste es oscuro y más en el origen del grano: la variedad robusta puede contener hasta tres veces más cantidad que la arábica.

Durante años se atribuyeron sus efectos estimulantes a diversos mecanismos. Hoy existe un amplio consenso científico sobre su principal modo de actuación. “La cafeína es un antagonista no selectivo de los receptores de adenosina, la señal química que utiliza el organismo para avisar de que necesita descansar”, explica Francisco Ciruela, profesor de Farmacología de la Universitat de Barcelona, que lleva desde 1992, cuando hizo su tesis doctoral, investigando el mecanismo de acción de esta sustancia.

A lo largo del día, nuestras células consumen ATP para obtener energía y aumenta la concentración de adenosina, “que es un agente sedante que secreta nuestro organismo para producir una reducción de la actividad celular y, por tanto, de la actividad neuronal”, resume el investigador. Cuando la cafeína ocupa esos receptores, la señal deja de transmitirse. El cansancio sigue ahí, pero el cerebro deja temporalmente de percibirlo. Pero este efecto de la cafeína sobre los receptores de adenosina también puede ser una herramienta terapéutica. “A partir de los años 90, algunos estudios asocian su consumo con una menor probabilidad de padecer enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson», explica. Aquellas investigaciones sirvieron de base para

el desarrollo de nuevos fármacos inspirados en el mismo mecanismo biológico.

Pero atribuir esos posibles efectos a una única molécula es simplificar mucho: la cafeína comparte protagonismo con cientos de compuestos (ácidos clorogénicos, melanoidinas, terpenos...)



Mª Dolores del Castillo

que interactúan y cuyo papel todavía se sigue investigando. Quizá esa sea la gran lección química que deja el café: cuanto más se estudia, más difícil resulta reducirlo a una sola sustancia o a un único efecto.

Detrás de ese gesto cotidiano conviven fermentaciones, reacciones térmicas, moléculas aromáticas, procesos de absorción intestinal y mecanismos neurobiológicos que la investigación continúa desentrañando. Ese es el espectáculo químico que describe Del Castillo.



José Ángel Rufián-Henares



En busca de la excelencia futura

Con el objetivo de estimular a los estudiantes a buscar la excelencia, generar vocaciones por la química y reconocer el esfuerzo, los conocimientos y el interés por esta disciplina, el Colegio de Químicos de Madrid y la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid han organizado el II Concurso de Química con Excelencia, dirigido al alumnado de 3º y 4º de ESO de centros de la Comunidad de Madrid, tanto públicos como privados. Esta segunda edición se celebró en el Aula Magna de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid, el 9 de mayo pasado, en un ambiente motivador y, sobre todo, con pasión por la ciencia. Los organizadores destacan el uso de la palabra excelencia, porque se busca a aquellos alumnos que muestran interés por ampliar sus conocimientos de química más allá del currículo escolar. Ellos son los que en el futuro podrán alcanzar ese nivel, el que consigue los avances científicos más relevantes.

“La primera impresión de los alumnos ante el concurso es de miedo, inquietud, pero si están aquí es por el deseo de aprender, de motivarse para adquirir más conocimientos, ver lo que les queda por aprender y si realmente les gusta la química lo bastante como para continuar con ella en sus próximos estudios”, dice David Vicente Zurdo profesor de la Universidad Rey Juan Carlos y uno de los coordinadores del Concurso Química con Excelencia. Y es que esta iniciativa, puesta en marcha por el Colegio y la Asociación de Químicos de Madrid, busca promover la incipiente vocación de algunos estudiantes distinguidos hacia la química.

Para ello, el nivel de las pruebas que tienen que resolver es un poco más elevado que el contenido que se les imparte en clase. “La complejidad de las preguntas permite distinguir a quienes muestran más inquietudes” explica Zurdo. Se trata de plantearles un desafío para incentivar su interés inicial. “Para un educador, ayudar a superar ese reto a quienes muestran esa voluntad es muy gratificante”.

El desarrollo de esta iniciativa, que ha celebrado este año su segunda edición, la lleva a cabo Zurdo junto con Esther Gómez, profesora de química en la Universidad Complutense. Además, colaboran en su desarrollo los alumnos de doctorado de dicha universidad Ignacio Guerrero, Sandra Rodríguez, Ismael Picazo y Paloma de Oro. Para participar, los alumnos deben inscribirse de forma individual previamente y contar con el aval de un profesor o profesora de Química del centro donde estudian. En esta edición han participado 140 estudiantes en total, procedentes de 21 centros de toda la Comunidad Autónoma (el 58 % públicos, el 22 % privados y el 19 % concertados), y ha contado con una elevada representación femenina (61 % del total). Su edad estaba entre 15 y 16 años y estaban repartidos en dos categorías diferentes, para 3º y 4º de ESO.

Para llevar a cabo su tarea, los estudiantes tuvieron que enfrentarse a dos pruebas de tipo test de 20 preguntas cada una. Cada una de estas sesiones tiene una duración de 45 minutos, con un descanso entre medias. Los parti-



Los estudiantes durante la realización de las pruebas.

Texto: Pura C. Roy, periodista científica.

cipantes no podían abandonar el aula donde se realizaba la competición durante los primeros 30 minutos de cada prueba y debían resolver un conjunto variado de pruebas, algunas numéricas, para lo cual podían utilizar calculadoras (no programables).

“Siempre se sorprenden de que haya pocos números, porque aunque alguna pregunta los tiene, la mayoría de las cuestiones son de pensar, así que esto les relaja”, dice Zurdo. Cada pregunta tiene cuatro opciones y solo una es correcta. Cada pregunta contestada correctamente se valora con 0,25 puntos y cada fallo resta 1/3 de 0,25 puntos. Por tanto, cada prueba tiene un máximo de 5 puntos. Una vez asignadas las puntuaciones se comprueba quien es el ganador. En caso de empate se prioriza al que haya tenido menos fallos.

Al finalizar el I concurso se mostró el ejemplo de Silvana Ebrero, una niña de 10 años que explica en su canal de YouTube, llamado *El laboratorio loco de Silvana*, distintas áreas de la química con sus videos, con nombres atractivos, como *Harry Potter y la química* o *Una aventura en el reino de la tabla periódica*. “Con su ejemplo, otros estudiantes pudieron comprobar lo que es la motiva-

ción para aprender por cuenta propia”, comenta Zurdo.

En la primera edición, el premio consistió en un diploma, que recibieron los tres primeros, pero en esta ocasión, según indica Zurdo, “hemos querido introducir una pequeña recompensa simbólica de 75 euros para el primero y 35 euros al segundo, tanto para los de 3º como para los de 4º de ESO. Además, los estudiantes mejor clasificados de cada curso recibirán certificados acreditativos”.

La idea nació el año pasado a partir de la experiencia, denominada *Miniolimpiada de Química*, que realizaba la Asociación de Química e Ingeniería Química de Cantabria, con la colaboración de la Sección Territorial de Cantabria de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ). “Ellos nos propusieron hacer una en Madrid y lo pusimos en marcha, copiando incluso sus bases de la convocatoria. A pesar del poco tiempo



David Vicente Zurdo (segundo por la derecha) junto a los colaboradores de la organización (Esther Gómez, ausente).

que tuvimos desde que lo anunciamos la repercusión fue alta, y eso fue muy motivador para celebrar esta segunda convocatoria”, explica su corresponsable. En Cantabria ya llevan cinco años organizándolo y este año se ha sumado también Islas Baleares. Y para el futuro pretenden incluso que “pueda ser un concurso nacional; que los mejores de cada comunidad se enfrenten entre sí, aunque para ello es necesario que participen más comunidades”. En esta edición, la colaboración ha sido también en la elaboración de las preguntas, consensuadas entre Cantabria y Madrid. Y para la próxima se hará con **Baleares**. En cualquier caso, es necesario que los propios alumnos se muestren interesados. El aliciente es que estos concursos de química con excelencia les ofrecen una oportunidad de poner a prueba habilidades en diversas materias de la disciplina en un ambiente de sana competencia y aprendizaje. Además de fomentar la pasión por el saber, se busca motivar a los estudiantes a superar desafíos intelectuales y a relacionarse con profesores y profesionales de la universidad, abriendo las puertas a nuevas perspectivas académicas y de desarrollo personal.

Concluye David Vicente Zurdo que “este año hemos jugado con ventaja porque los profesores ya conocían esta iniciativa y algunos alumnos del año pasado se han vuelto a inscribir. Vi a los profesores muy ilusionados ya que el concurso permite conocer a los alumnos más involucrados. El aliciente de la competición es sacar a la luz la excelencia de aquellos estudiantes que pueden destacar y que muestran interés por la química e incentivar una futura elección”.



CUADRO DE HONOR • • • • •

3º ESO

Primer premio: Junbin Ke, Colegio Villa de Griñón.

Segundo premio: Javier García Celorrio, Colegio Villa de Griñón.

Tercer premio: Rubén Tabernero Hurtado, IES Emperatriz María de Austria.

Accésits: Jairo Pascual de la Torre, Colegio Santa Ana y San Rafael; y Alejandro Morales.

4º ESO

Primer premio: Jun Jie Ke, Colegio Villa de Griñón.

Segundo premio: Erika Romero Guerrero, IES Príncipe Felipe.

Tercer premio: Ruth Núñez Martín, Colegio Joyfe.

Accésits: Laura Laurentino Barradas, IES Príncipe Felipe; Patricia Hernández Hidalgo, IES Valle Inclán; y Víctor Navas Cano, Colegio Joyfe.



Los ganadores de ambas modalidades junto a algunos de los organizadores



La competitividad industrial no puede esperar

La industria química española cerró 2025 con una evolución estable, confirmando su solidez en un contexto internacional especialmente complejo. Sin embargo, esa estabilidad convive con una realidad mucho más delicada en la base del sector: la química básica sigue soportando una fuerte pérdida de competitividad por el impacto de unos costes energéticos muy superiores a los de otras regiones industriales. Ahí se concentra hoy el principal riesgo para una industria que aporta el 12 % del PIB industrial, el 4 % del PIB nacional y es el primer exportador de la economía española. Europa necesita acelerar si quiere mantener su base productiva, atraer inversión y sostener su capacidad de innovación. Para España, la transición energética debe ser una oportunidad de reindustrialización competitiva, que aporte las soluciones, materiales y tecnologías para la neutralidad climática.

Texto: Juan Antonio Labat, director general de Feique.

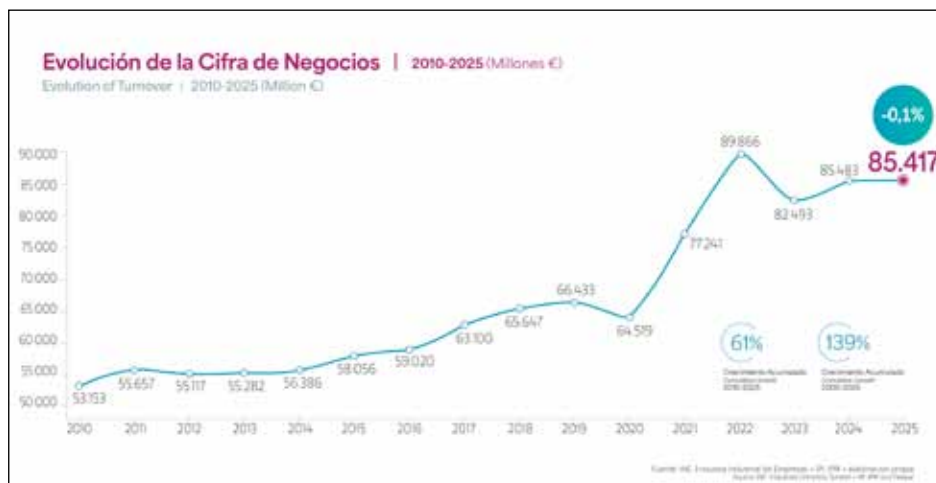
Los resultados de 2025 dejan para la industria química española una lectura que puede resumirse en una palabra: dualidad. Por un lado, el sector ha vuelto a demostrar resiliencia y estabilidad en un contexto marcado por la debilidad de la demanda europea, la presión competitiva internacional y las tensiones comerciales. Cerró el ejercicio con una cifra de negocios de 85.417 millones de euros, prácticamente en línea con la del año anterior, ya que el crecimiento de la producción, del 1,3 %, quedó anulado por la caída de los precios. Además, se consolidó como primer exportador de la economía española, con 62.926 millones de euros en ventas exteriores y el 18 % del total de las mercancías vendidas por la industria española en mercados internacionales. Al mismo tiempo, esa estabilidad convive con una realidad mucho más frágil en la base del sector. La química básica, que representa aproximadamente un tercio de la producción, continúa soportando una situación crítica. A la debilidad de la demanda internacional, especialmente en sectores clave como la automoción o la construcción, se suma un problema estructural de competitividad derivado

del elevado diferencial de costes energéticos frente a EE.UU. y China.

Y ése es el verdadero punto de preocupación. La química básica se sitúa en el origen de todas las cadenas de valor industriales. Sus productos son necesarios para el 98 % de las actividades productivas, por lo que cuando pierde competitividad no se resiente solo ese mismo sector industrial, sino que se debilita una parte esencial de la autonomía estratégica de España y de Europa. Desde 2022, la industria química básica europea ha cerrado 126 plantas y ha perdido 37 millones de toneladas de capacidad de producción, el equivalente al 9 % de su capacidad instalada.

Por eso conviene subrayar que Europa no podrá avanzar con eficacia hacia sus objetivos climáticos si no cuenta con una industria química fuerte y competitiva, que le permita mantener capacidad productiva, atraer inversión y seguir innovando. La química no solo debe transformar sus propios procesos, debe hacer posible la transformación del conjunto de la economía. Pero, para ello, necesita algo básico: poder competir.

La prioridad más urgente sigue siendo, sin duda, la energía, principal cuello





Datos clave del sector químico español (2025).

de botella química, en especial para la química básica, altamente intensiva en consumo de electricidad y gas. Las medidas adoptadas ante la crisis han sido positivas y aliviado parte del impacto, pero el problema de fondo no es coyuntural. La industria no puede depender de que haya o no una crisis geopolítica para disponer de un precio de la energía competitivo. Necesita un marco estructural, estable y previsible que permita planificar inversiones a largo plazo. Porque cuando no se planifican inversiones, se planifican desinversiones.

Los datos son muy claros. Al cierre de 2025, el precio medio del gas seguía un 145 % por encima de los niveles anteriores a 2019; los derechos de emisión un 170 %; y los precios eléctricos un 65 % superiores. Además, el gas natural en Europa se mantiene entre cuatro y cinco veces por encima del Henry Hub estadounidense y alrededor de un 30 % por encima de

China. En electricidad, mientras EE.UU. y China registran precios finales para la industria de entre 80 y 110 euros por MWh, la media industrial de la UE se situó en 179 euros por MWh en el primer semestre de 2025.

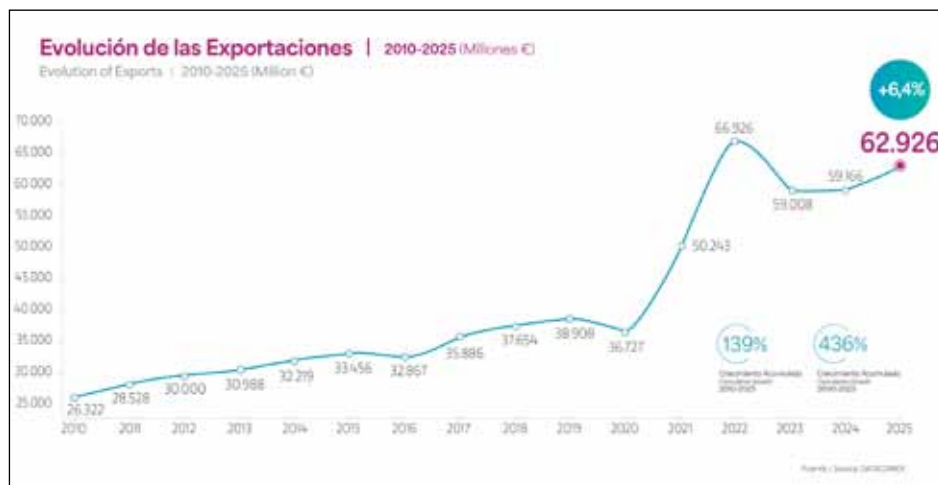
De ahí que el sector reclame medidas estructurales muy concretas. En electricidad, es imprescindible ampliar la reducción del Impuesto Especial sobre la Electricidad al conjunto de la industria, establecer de forma permanente una reducción del 80 % de los peajes de acceso a los consumidores electrointensivos, corregir el impacto de los servicios de ajuste e incrementar las compensaciones por emisiones indirectas de CO₂. En el caso del gas, resulta prioritario desarrollar un verdadero Estatuto de Consumidores Gasintensivos, que incorpore mecanismos permanentes de apoyo y permita reducir de forma estructural el diferencial competitivo que

hoy soporta la industria europea. No se trata de pedir excepciones coyunturales, sino de construir condiciones duraderas de competitividad.

También es imprescindible simplificar y mejorar el marco regulatorio que afecta a la industria química. Los costes derivados del cumplimiento normativo han crecido hasta alcanzar entre el 12 % y el 13 % del valor añadido bruto del sector, lo que en España equivale a unos 2.700M€ anuales. La regulación debe dar impulso a la inversión, no ser su freno.

Además, es necesario flexibilizar y mejorar las regulaciones ETS y CBAM, reforzar la defensa comercial frente al *dumping* y las subvenciones de terceros países, y desplegar herramientas eficaces que apoyen la inversión en descarbonización. Entre ellas, los *Contratos por diferencias de carbono* pueden desempeñar un papel decisivo, al aportar certidumbre a largo plazo y reducir la exposición a la volatilidad de los precios energéticos y del CO₂.

La industria química española sigue siendo un sector robusto, innovador y profundamente internacionalizado. Pero esa fortaleza no puede darse por garantizada. La competitividad industrial ya no admite más demoras: mantener capacidad productiva, atraer inversión y seguir innovando exige medidas estructurales urgentes, estables y ambiciosas. Si queremos que la transición industrial sea también una oportunidad de reindustrialización, debemos actuar con sentido de país y con una prioridad clara: industria y más industria.





María Eugenia Anta, directora de Internacional, Inversión e Innovación de Feique

“Vivimos en una situación de crisis permanente”

María Eugenia Anta es licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Salamanca y está especializada en política química europea, regulación industrial, sostenibilidad e internacionalización del sector químico. Inició su trayectoria profesional en 1999 en la Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE), donde en 2003 asumió la responsabilidad del área de innovación, impulsando la plataforma tecnológica **SusChem España**. A partir de 2014 incorporó a sus funciones la política comercial e internacional y desde 2016 dirige la plataforma **Chemicals from Spain**, orientada a reforzar la proyección exterior del sector. Actualmente, la industria química española atraviesa un periodo de crecimiento, aunque en un contexto internacional marcado por la incertidumbre y la volatilidad.

P. ¿Cómo describiría el panorama actual de la industria química en España dentro del contexto internacional?

R. Estamos analizando el periodo posterior a la COVID, especialmente desde 2021, cuando se produjo una disrupción importante. Acabamos de cerrar la radiografía con los datos definitivos de 2025 y vemos que somos uno de los mayores productores industriales de España, si no el mayor. La cifra de negocio ronda los 85.000 millones de euros, aunque haya descendido ligeramente respecto al año anterior. El incremento de producción ha sido moderado, pero hay que tener en cuenta que ya no hablamos de una crisis coyuntural, sino estructural. Vivimos en una situación de *permacrisis*, y eso también ha obligado al sector a adaptarse.

Las empresas cuentan ya con estrategias propias y con una gran capacidad de reacción ante nuevos problemas y esa capacidad de adaptación nos diferencia de otros competidores europeos. España, además, tiene una ventaja: aunque sea un gran productor, su tamaño permite reaccionar con más agilidad que economías como Alemania o Francia, donde corregir el rumbo resulta más complejo. También influye el contexto económico general, donde España está liderando el crecimiento del PIB en Europa y eso favorece a la industria. Pero seguimos absorbiendo el impacto de la crisis energética de 2022, y ese esfuerzo forma ya parte de nuestra rutina, lo que no significa que no cueste. Supone un esfuerzo enorme para las empresas.



Texto: Eugenia Angulo, química y periodista de ciencia.

Fotos: Ignacio Fernández Bayo



P. Las exportaciones representan alrededor del 70 % del volumen de negocio. ¿Cómo está afectándole la cuestión de los aranceles de Estados Unidos?

R. Es uno de nuestros mercados prioritarios y lo que ocurre allí ya forma parte de un contexto estructural al que las empresas se han acostumbrado. Nuestros productos siguen siendo competitivos y las relaciones dentro de la cadena de suministro son muy sólidas. Evidentemente, los cambios arancelarios generan incertidumbre: un 10 % siempre es mejor que un 15 %, pero el sector ya trabaja con esa volatilidad como parte del día a día. También dependemos de EE.UU. para materias primas fundamentales, como el gas licuado, y muchas compañías estadounidenses tienen sus cadenas de suministro totalmente integradas con Europa. A principios de año sí vimos incluso un aumento de las exportaciones, especialmente en farmacia y química

especializada, para adelantarse a posibles aranceles. Hemos pasado de un sistema *just in time* a uno *just in case*: ahora las empresas priorizan la seguridad del suministro y los inventarios.

P. ¿Han cambiado también los mercados de destino?

R. Mucho, seguimos exportando principalmente a Europa —aproximadamente el 50 %—, pero antes de las crisis el peso europeo era mucho mayor. No es que hayamos reducido exportaciones a la UE sino que hemos ganado presencia en otros mercados, sobre todo en el Magreb y Mercosur. Hay casos llamativos: Panamá, por ejemplo, ya figura entre nuestros veinte principales destinos de exportación.

P. Otro de los problemas actuales es la crisis del petróleo como consecuencia de la guerra en Irán.

R. El primer impacto es inmediato y visible para todos: suben los costes de combustibles y transporte y, para nues-

tro sector, el transporte por carretera es fundamental. Además, se encarecen materias primas esenciales, como la urea y la nafta. Es verdad que España parece menos expuesta que otros países europeos en términos de suministro energético, pero el impacto existe. Lo que esperamos es que estas tensiones no se prolonguen demasiado. Como decía, aún estamos absorbiendo el shock energético de 2022 y ahora debemos asumir uno nuevo.

P. Ante tanta incertidumbre, ¿cuál es el estado de ánimo de las empresas? ¿qué les transmiten?

R. Hay preocupación, porque esta situación agrava problemas previos: los costes energéticos, la presión regulatoria o la competencia de importaciones que no cumplen las mismas condiciones que los productores europeos, aquellos que llegan a la Unión Europea a precios muy bajos y en grandes volúmenes, procedentes de países que no están sujetos a las mismas exigencias regulatorias o medioambientales. Por eso trabajamos con la Comisión Europea y con las autoridades aduaneras para reforzar los sistemas de vigilancia comercial. Gracias a ello han aumentado las investigaciones *antidumping* y las medidas de salvaguardia. China es uno de los países con más investigaciones abiertas, pero también ocurre que algunos productos cambian simplemente de país de origen —Vietnam o Malasia, por ejemplo— para volver a entrar en Europa. Ahora contamos con mecanismos más ágiles para detectar esos movimientos.

P. ¿Es un problema de gran magnitud?

R. Más que por volumen, es importante como señal. Europa necesita protegerse frente a situaciones de competencia desleal. Al mismo tiempo, seguimos defendiendo los acuerdos comerciales internacionales, por ejemplo, los acuerdos con Mercosur, India o Australia. Desde Feique impulsamos además la plataforma *Chemicals from Spain*, junto con ICEX, para ayudar a las empresas españolas a introducir productos químicos en nuevos mercados.

P. En el caso de China, además ya no hablamos solo de producción básica, sino de química compleja. Por ejemplo, en 2024, China superó por primera vez a Europa como creador de nuevos principios activos farmacéuticos.

R. Sí, y esa es una de las grandes preocupaciones. Disponemos de estudios elaborados con datos de Naciones Unidas que muestran cómo China compite

cada vez más en productos de alta complejidad tecnológica. En muchos países europeos ese crecimiento ha sido muy evidente entre 2020 y 2025. En España y Reino Unido, siendo distintos, el impacto todavía no es tan acusado, pero el fenómeno es evidente. La química básica es la que más está sufriendo actualmente, mientras que la química de especialidades funciona mucho mejor y está sosteniendo buena parte del crecimiento. Si China avanza también en especialidades químicas, ahí es donde Europa tendrá que redoblar esfuerzos para mantener su competitividad.

P. ¿Qué prioridades debería entonces asumir Europa para mantenerse?

R. La clave está en la autonomía estratégica, todo lo relacionado con materias primas críticas, independencia tecnológica, transición climática y reducción de dependencias externas, lo que exige una enorme inversión en innovación. Europa necesita reforzar su capacidad industrial y tecnológica si quiere seguir siendo competitiva en un entorno internacional cada vez más exigente, y a eso se le suma el reto energético y de descarbonización. Europa no está dispuesta a abandonar esa línea, pese al enorme esfuerzo que supone. En ese contexto, tecnologías que quizá antes no recibían suficiente atención están ganando protagonismo: el reciclaje químico, la biomasa o los grandes polos de innovación industrial, como los de Castellón, Tarragona o Huelva.

P. En el ámbito regulatorio, ¿existe una gran distancia entre el ritmo de la ciencia y el de las normativas?

R. Sí. Ahora mismo una de nuestras principales preocupaciones es precisamente que la ciencia avanza más rápido que el marco regulatorio. Por un lado, los desarrollos tecnológicos y toxicológicos evolucionan con enorme rapidez; por otro, los ciclos de autorización son muy largos y costosos. En sectores como el de los biocidas, por ejemplo, introducir un nuevo producto en la UE requiere ensayos muy complejos, evaluaciones de riesgo y procesos administrativos extremadamente largos, lo que puede ralentizar la innovación.

Aun así, también hemos tenido ejemplos positivos de colaboración con la Administración. Hemos trabajado con el Instituto Nacional de Toxicología y con distintos ministerios para modernizar plataformas y procedimientos, facilitando que las empresas cumplan los requisitos regulatorios de una for-



ma más ágil, pero sigue existiendo un problema de tiempos. El llamado *permitting* —los permisos necesarios para ampliar capacidad o construir nuevas instalaciones— continúa siendo lento. Durante la crisis energética de 2022, por ejemplo, muchas empresas europeas tenían demanda suficiente para producir más, pero no podían ampliar capacidad con la rapidez necesaria. Hoy, el sector ya no interpreta estas crisis como algo puntual, sino que las empresas trabajan bajo la idea de que la incertidumbre es estructural. Por eso estamos desarrollando planes de

« Europa necesita protegerse frente a situaciones de competencia desleal. »

acción, herramientas tecnológicas y sistemas de análisis de riesgos para anticipar posibles problemas de suministro o buscar alternativas.

P. Sobre la percepción pública de la química y las preocupaciones sobre contaminantes emergentes o disruptores endocrinos, da la sensación de que una parte de los consumidores están buscando una química sin química, digamos, en cosméticos o detergentes, por ejemplo, aun a precio superior.

R. Son cuestiones que seguimos muy de cerca. Precisamente el enfoque de Seguro y Sostenible desde el Diseño nace para responder a ese tipo de preocupaciones. La idea es que no basta con sustituir un producto químico: hay que garantizar que la alternativa sea realmente más segura y sostenible. La industria química está plenamente comprometida con ese objetivo, trabajamos en contacto con la Comisión Europea con distintos grupos científicos, para desarrollar metodologías y guías.

P. Existe una parte de la comunidad científica que alerta sobre los posibles riesgos de determinadas sustancias o mezclas químicas.

R. Claro, y por eso precisamente existen sistemas de evaluación de riesgos muy complejos. En toxicología, el riesgo depende tanto de las propiedades intrínsecas de una sustancia como del nivel de exposición, y la industria investiga continuamente para reducir esa exposición y mejorar la seguridad. También hay líneas de investigación abiertas sobre microplásticos, metabolitos o efectos acumulativos... son cuestiones que se están estudiando a nivel internacional. Lo importante es entender que los productos químicos tienen propiedades útiles precisamente porque poseen determinadas características intrínsecas. El objetivo es garantizar un uso seguro y sostenible y Europa cuenta con uno de los sistemas regulatorios más estrictos del mundo.

noticias

NOTICIAS

Elecciones 2026 y toma de posesión de la Junta Directiva del Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid

El día 24 de marzo de 2026 se celebró la reunión extraordinaria de la Junta Directiva del Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid, para la renovación de sus miembros y su toma de posesión. Los cargos renovados quedan configurados de la siguiente manera:

Decano

Íñigo Pérez-Baroja Verde

Vicedecano 2º

Esther Gómez Mejía

Secretario

Ángel Prieto Maeso

Tesorero

José Manuel González Estévez

Vocales

Lourdes Campanero Campanero

Rocío Ramos Membrive

Antonio Gutiérrez Maroto

La Asociación participó en la LXXV Asamblea Nacional de ANQUE

El día 29 de noviembre de 2025 se celebró la LXXV Asamblea de la Asociación Nacional de Químicos e Ingenieros Químicos de España (ANQUE), un encuentro de referencia para el sector a nivel nacional, en el que participó la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid. La cita reunió a representantes, profesionales y miembros clave de la comunidad científica y técnica, convirtiéndose una vez más en un espacio para analizar el presente y el futuro de la profesión.

Íñigo Pérez-Baroja, presidente de la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid, presentó el

informe anual de la entidad. En su intervención, destacó los avances alcanzados a lo largo del año, así como las principales líneas de trabajo que han guiado la actividad de la Asociación. Su exposición subrayó la importancia de reforzar la formación, la proyección profesional y la colaboración con instituciones y empresas del sector.

Jornadas de orientación profesional 2026 en la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM

El Colegio participó en las Jornadas de Orientación Profesional 2026, celebradas en la Facultad de Ciencias de la UCM. Nuestro Decano, Íñigo Pérez-Baroja Verde, impartió una charla en la que abordó las principales salidas profesionales del ámbito de la química, ofreciendo orientación práctica, resolviendo dudas y compartiendo su experiencia profesional, en un ambiente participativo, en diálogo directo con los estudiantes.

Estas jornadas suponen una excelente oportunidad para acompañar a los



futuros profesionales en su desarrollo académico y laboral, facilitar el conocimiento del mercado de trabajo, ampliar la red de contactos y explorar nuevas posibilidades profesionales en el ámbito científico y tecnológico.

Premios Suschem a jóvenes investigadores químicos 2025 y convocatoria 2026

La Plataforma Tecnológica y de Innovación de Química Sostenible Suschem España entregó el día 15 de julio de 2025 sus premios a Jóvenes Investigadores Químicos 2025. En la categoría Futura, al mejor expediente académico, fue premiado Miguel López León, graduado en Química por la Universidad de Córdoba. En la categoría Investiga, a la mejor publicación científica, se otorgó el premio a Javier Mateos López, doctor en Química Orgánica por la Universidad



de Pádova. Y en la categoría Innova, orientada a proyectos desarrollados en colaboración público-privada en el ámbito de la química sostenible, el galardón fue para Tomás Ramírez Reina, doctor en Química, por su trabajo desarrollado en la Universidad de Zaragoza en colaboración con Urbaser.

Además, Suschem España ha convocado la XVIII edición de estos premios, cuyo objetivo es reconocer, incentivar y promover la actividad científica entre los jóvenes investigadores del ámbito de la química en España.

El Colegio participa en el Clúster de Tecnologías del Espacio

Desde 2024 el Colegio Oficial de Químicos de Madrid participa activamente en el Clúster de Innovación Tecnológica y Talento en Tecnologías del Espacio (CITT) liderado por la Comunidad de Madrid. En 2025 esa participación se plasmó en un proyecto sobre formación y gestión del talento dentro de los objetivos del Clúster, aprobado por el Comité ejecutivo del CITT.

El proyecto está dirigido a colegiados; alumnos universitarios en el último año de carrera (graduados o máster) en alguna de las universidades de la Comunidad de Madrid; egresados en busca del primer empleo y que requieran un conocimiento del sector espacial; alumnos de Formación Profesional, para facilitar su integración en el mercado laboral; y empresas del sector que requieran ampliar una formación específica de sus trabajadores o como requisito previo para su contratación. El contenido formativo se centra en dos áreas específicas: la competencia técnica y la capacidad de gestión, como mínimos para entender los requisitos del sector espacial. El objetivo es atraer el talento joven hacia el sector espacial para su integración en el tejido empresarial e industrial de la Comunidad. El Clúster está formado por más de 50 organizaciones, centros de investigación, universidades y empresas de la Comunidad de Madrid.

Conferencias

El Colegio y la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid celebraron las siguientes conferencias:

Gestión de recursos energéticos

■ 9 de octubre de 2025

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Ponente: José Ramón Álvarez Collado.

Moderadora: María del Carmen Clemente Jul, presidenta de la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Los errores básicos del ser humano y la manera de superarlos

■ 21 de enero de 2026

Ponente: Pedro N. Moreu Jalón.

Presentación: Jesús de Andrés Artero, ex-presidente de la Sección de Jubilados de la Asociación de Químicos de Madrid.

Revisión del panorama energético global

■ 12 de febrero de 2026

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Ponente: Francisco Guerrero García

Presentación: María del Carmen Clemente Jul, presidenta de la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Componentes principales de la uva y del vino. Evolución de los métodos de análisis

■ 17 de febrero de 2026

Organizada por la Sección de Jubilados Asociación Química e Ingenieros Químicos de Madrid.

Ponente: Juan Díez Martín.

El futuro de la Química Cuántica

■ 26 de febrero de 2026

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Ponente: José Ramón Álvarez Collado.

Presentación: María del Carmen Clemente Jul, presidenta de la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Descarbonización en sectores industriales

■ 23 de marzo de 2026

Organizada por la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Ponente: Carlos Fúnez.

Presentación: María del Carmen Clemente Jul, presidenta de la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Análisis de los riesgos geoquímicos asociados al almacenamiento de CO₂ en Lopín (Cuenca del Ebro)

■ 28 de abril de 2026

Ponente: Julio Rodrigo Naharro

Moderadora: María del Carmen Clemente Jul, presidenta de la Sección Técnica de Ingeniería Química.

La Ruta del Vino y Cava Ribera del Guadiana

■ 28 de mayo de 2026

Organizada por Colegio y la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid Impartida por AEPEV: Asociación Española de Periodistas y Escritores del Vino y de los Espirituosos.

La sesión incluyó la cata de una selección de vinos representativos de la ruta, guiada por Isabel García.

El metanol como alternativa al petróleo en el transporte

■ 28 de mayo de 2026

Ponente: José Ramón Álvarez Collado.

Moderadora: María del Carmen Clemente Jul, presidenta de la Sección Técnica de Ingeniería Química.

Celebradas en otras sedes

La interpretación de los sueños

■ 29 de abril de 2026

Ponente: Cándido Vaquero Cuadrado

Lugar: Biblioteca Pública Municipal José Hierro

Azores acogió en XIV Congreso Ibérico de Geoquímica

Entre el 8 y 12 de septiembre de 2025 se celebró el XIV Congreso Ibérico de Geoquímica en la isla de San Miguel de las Azores. Bajo el lema "Geoquímica, nuevos desafíos, nuevas soluciones", el encuentro abordó cuestiones clave de las ciencias de la tierra y reunió a expertos de España y Portugal en torno a seis conferencias plenarias y otras 65 en otros formatos diferentes. Nuestros colegiados y asociados estuvieron representados de forma destaca-



da tanto en la organización como en la defensa de ponencias. Nuestro decano-presidente, Iñigo Pérez-Baroja Verde, intervino en la inauguración y clausura del congreso en representación del Colegio y la Asociación, reforzando la visibilidad y el prestigio de nuestros profesionales en un foro internacional de primer nivel.

La participación española fue un tercio de la asistencia y de los trabajos presentados, consolidando el papel de nuestros profesionales como protagonistas activos en el avance de la investigación y en el impulso de soluciones innovadoras para los nuevos desafíos de la geoquímica.

XII Curso QIR 2026

Los colegios oficiales de Murcia, Madrid y Comunidad Valenciana, organizaron el XII Curso QIR 2026, dirigido a quienes se proponen afrontar el examen para Químico Interno Residente con una preparación rigurosa y bien plani-

ficada, impartida por un equipo docente especializado. En esta nueva edición se han incorporado mejoras y novedades orientadas a reforzar el aprendizaje y optimizar el rendimiento del alumnado. Desde que Iñigo Pérez-Baroja Verde asumió el decanato del Colegio de Químicos, la oferta de plazas QIR en Madrid ha pasado de seis plazas en 2020 a trece en 2026, lo que pone de relieve el compromiso del Colegio con el desarrollo profesional de los colegiados y la apuesta por fortalecer la presencia de los químicos en los servicios de farmacia hospitalaria y en el ámbito de la investigación clínica.

Reunión del Colegio con el SESCAM

El decano del Colegio, Iñigo Pérez-Baroja Verde, se reunió con Iñigo Cortázar Neira, director general de Recursos Humanos y Transformación del Servicio de Salud de Castilla-La Mancha (SESCAM), para abordar cuestiones de interés común en el ámbito profesional

y sanitario, así como posibles líneas de colaboración orientadas a reforzar el papel de los profesionales de la química dentro del sistema público de salud. La reunión se desarrolló en un clima de



diálogo constructivo y de cooperación institucional y el decano del Colegio de Químicos solicitó un incremento de plazas para futuras convocatorias de QIR. También puso de manifiesto la importancia de estrechar lazos entre las administraciones públicas y los colegios profesionales para avanzar en la mejora de la gestión, el reconocimiento del talento y el desarrollo profesional.

Evaluación de resultados en laboratorios agroalimentarios y medioambientales

El 27 de noviembre de 2025 tuvo lugar una jornada técnica sobre evaluación de la calidad de los resultados en laboratorios agroalimentarios y medioambientales, organizada por el Colegio y la Asociación junto con ACOFESAL y ECUANTE Beyond Testing. La presentación corrió a cargo de Iñigo Pérez-Baroja y de Luis M^a Gallego, presidente de ACOFESAL. En la sesión participaron Ana M^a Ruano, directora técnica de Laboratorio Arbitral Agroalimentario, que habló de “Ensayos de intercomparación - Evaluación de los resultados y resultados no conformes”; Loreto Gallego, coordinadora técnica de Ecuante, sobre “Organización de ensayos de aptitud según los criterios de la Norma UNE-EN ISO/IEC 17043”; Ana Hernández, consultora experta en la Norma ISO 17025 y auditora de tercera parte, con la ponencia “Validación, estimación de incertidumbre y control de calidad en ensayos físico-químicos e instrumentales. Ensayos microbiológicos: directrices de acreditación ISO 16140-3”; y Vicente Catalán, director técnico de Ecuante, en torno a “Evaluaciones interna y externa de la calidad de los resultados en el ensayo de Legionella spp”.

La exposición al gas radón en los puestos de trabajo

El 16 de octubre de 2025 se celebró en la Casa de Cultura de San Lorenzo de El Escorial la jornada informativa “La exposición del gas radón en los puestos de trabajo”, organizada por el Colegio Oficial de Químicos de Madrid, la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid y el Ayuntamiento de San Lorenzo de El Escorial.

Beatriz Robles Atienza, técnico del Consejo de Seguridad Nuclear, explicó el marco regulador para el control de la exposición al radón; Julián Cano Domínguez, subdirector territorial de Ibermutua, analizó el papel de los servicios de prevención y las mutuas; Raquel Sorribes Brenes, experta en protección radiológica y radiactividad ambiental de AGQ Labs & Technological Services, expuso la importancia de los laboratorios en la medición del gas radón; y M.^a Fernanda Gamo Pascual, jefa de la Unidad Técnica de Protección Radiológica de Proinsa / Grupo Eulen, explicó cómo actuar cuando las mediciones presentan valores elevados y el papel que desempeñan las Unidades Técnicas de Protección Radiológica, UTPR, en estos casos.

Participación del Colegio en la 1ª Jornada Científica Guadalupe por el Día Mundial de África

El 21 de mayo de 2026 se celebró la Primera Jornada Científica Guadalupe, bajo el lema “Mujer y Ciencia en África”, en la Clínica Universidad de Navarra (CUN) con motivo del Día de África. El encuentro se centró en la reivindicación del papel de las mujeres africanas en la investigación, la salud y el desarrollo,



como la clave para la mejora de la calidad de vida de millones de personas. La ONGD Harambee anunció la creación de 32 becas Guadalupe, creadas en memoria de la científica española Guadalupe Ortiz de Landázuri, con motivo de su beatificación en 2019. En su

intervención, el decano del Colegio de Químicos de Madrid, Iñigo Pérez-Baroja, glosó la figura pionera de esta química, que encarna los valores de los colegios profesionales, especialmente el compromiso con la formación continuada, como se pretende con estas becas.

La jornada también puso el foco en la transferencia de conocimiento y en la colaboración entre hospitales, centros tecnológicos y redes internacionales para fortalecer la atención sanitaria en África. En este contexto se presentó el proyecto DerMalawi, impulsado por la CUN con el apoyo de Harambee, para la prevención y tratamiento del cáncer de piel en personas con albinismo en Malawi.

Fallecimiento de Juana Bellanato

El 6 de septiembre de 2025 falleció nuestra querida compañera la doctora Juana Bellanato Fontecha. Química distinguida por su trayectoria científica en espectroscopia infrarroja y Raman, recibió



diversos galardones y reconocimientos, como los de Colegiada Distinguida del Colegio de Químicos de Madrid e Insignia de oro de la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid, así como el premio a la Excelencia Química 2024 del Consejo General de Colegios Oficiales de Químicos de España. Su vocación, su rigor y su impulso al papel de la mujer en la ciencia perdurarán como inspiración para las futuras generaciones. Desde el Colegio y la Asociación de Químicos e Ingenieros Químicos de Madrid agradecemos profundamente su legado.

Por su parte, el IES Isabel la Católica le rindió un emotivo homenaje a quien fue alumna del centro y dejó una profunda huella en el ámbito educativo y científico. Como reconocimiento a su trayectoria y legado, el Instituto ha dado su nombre al laboratorio de química,

Un seguro de salud PRO como Tú: Excelencia para Colectivos Profesionales

En el ámbito de la química, la fiabilidad y el rigor técnico constituyen la base de cualquier avance significativo. Bajo esta misma premisa de excelencia, Nueva Mutua Sanitaria presenta Salud Profesional, una solución integral diseñada para responder a las altas exigencias del sector bajo el estándar de su nueva campaña: PRO como Tú.

Esta propuesta se fundamenta en cuatro pilares:

- **ADN PRO:** Nuestra naturaleza como mutua especializada nos permite desarrollar programas personalizados que responden a las necesidades y peticiones específicas de cada colegio profesional, ofreciendo soluciones técnicas en lugar de productos genéricos.
- **TECNOLOGÍA PRO:** Avanzamos tecnológicamente para que, desde el móvil, el profesional pueda gestionar de forma ágil reembolsos, certificados y vi-



deoconsultas, optimizando su tiempo y simplificando trámites.

- **COBERTURA PRO:** Garantizamos la atención por parte de un cuadro médico de referencia y el acceso a centros hospitalarios de máximo prestigio, con una cobertura internacional sólida para desplazamientos al extranjero.

- **ATENCIÓN PRO:** La tranquilidad de contar con un gestor personal que ofrece asesoramiento y apoyo continuo, agili-

zando todas las gestiones para asegurar siempre el mejor servicio posible.

Para el profesional de la química, la salud es un activo estratégico. Salud Profesional no es solo un seguro de salud, sino también un aliado institucional que comparte su mismo rigor metodológico.

Todo lo que esperas de un seguro de salud que es, por fin, **PRO como Tú..**

<https://nuevamutuasantaria.es/landings-nms/colegio-de-quimicos-madrid/>

El seguro de salud PRO como TÚ

SALUDPROFESIONAL

ADN PRO
atención PRO
tecnología PRO
cobertura PRO



todo lo que esperas de un seguro de salud que es **tanPRO como TÚ**

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| ✓ Amplias coberturas | ✓ Eficiencia en autorizaciones |
| ✓ Segunda Opinión Médica | ✓ Cuadro Médico dinámico |
| ✓ Gestión de citas | ✓ Telemedicina |
| ✓ APP y Área Privada | ✓ Campañas de prevención |



NUEVAMUTUASANTARIA

91 290 90 90

Conoce tu seguro

Festividad de San Alberto 2025

En noviembre de 2025 se celebró, como cada año, la festividad de San Alberto, patrón de los químicos. Entre los actos organizados destacan:

■ El 11 de noviembre tuvo lugar la conferencia *Variedades de la vid de la comunidad de Madrid*, impartida por D. Félix Cabello Sáenz de Santa María, director del Dpto. de Investigación Agroalimentaria del IMIDRA, y organizada por la Junta Directiva del Colegio de Químicos.

■ El día 12 de noviembre tuvo lugar la conferencia *Actualización Normativa Cosmética 2025-26*, impartida por Leticia Iñigo Ibáñez, Toxicologist Safety-Assesor Mixer&Pack, y organizada por cortesía de nuestros compañeros de la Sociedad Española de Químicos Cosméticos.

■ El día 13 de noviembre se celebró la conferencia *Química Cuántica: ayer, hoy y ... Mañana*, impartida por Juan Frau Munar, catedrático de Química Física en la Universidad de las Islas Baleares, y organizada por la Junta Directiva del Colegio de Químicos.

■ El día 14 de noviembre se celebró la conferencia *Algoritmos de predicción de la siniestralidad laboral en la era de la inteligencia artificial*, impartida por Ricardo Díaz Martín, decano-presidente del Consejo de Colegios de Químicos de España, y organizada por cortesía de nuestros compañeros de la Delegación de Puertollano/ARQUICMA

■ El día 15 de noviembre se celebró la tradicional Santa Misa en honor a San Alberto Magno, en la Parroquia San Juan Bosco, del Colegio Salesiano, seguida de un aperitivo en los salones de la mencionada parroquia, reuniendo a numerosos colegiados, familiares y amigos en un acto de unión y homenaje.

■ El día 16 de noviembre tuvo lugar la tradicional comida de confraternidad en la que se entregaron las siguientes distinciones:

Colegiada Honoraria: Adoración Pérez García, distinguida con este reconocimiento por su dilatada trayectoria al servicio de nuestras instituciones y por su compromiso constante y generoso en la defensa y promoción de la química.

Entrega de Metopa con escudo institucional del Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid a la Residencia Militar Alcázar, que recogió el Colegiado Honorario comandante D. José María Martín Corrochano, jefe de Personal y Régimen Interior, para que la hiciera llegar al coronel jefe de dicha Residencia, por la colaboración con nuestras instituciones y facilitar la celebración de San Alberto 2025 en ese lugar.

San Alberto 2026. Como en años anteriores, desde estas páginas de Enlace 50 comunicamos la preparación de la celebración de San Alberto 2026, que tendrá lugar en el mes de noviembre de 2026 y sobre la que informaremos extensamente en el próximo número.



Fotografías:

1. Adoración Pérez con los decanos.
2. Celebración de la misa.
3. José María Martín Corrochano.

que pasa a denominarse Laboratorio Juana Bellanato. El acto reunió a profesorado, alumnado y representantes institucionales en una jornada cargada de recuerdo, gratitud y admiración. Este reconocimiento simboliza no solo un tributo a su trayectoria, sino también una fuente de inspiración para las nuevas generaciones, que encontrarán en este espacio un lugar donde aprender, investigar y soñar, bajo el nombre de una mujer que supo transformar el conocimiento en legado.

Talleres 'La química mola' para estudiantes de secundaria

Con el objetivo de acercar la ciencia de forma práctica, divertida y participativa a los estudiantes de secundaria de diferentes centros de enseñanza de la Comunidad de Madrid, se ha diseñado y puesto en práctica el taller "¿Cómo

mola la química! Descubre la química a través de experimentos", que se ha impartido en los siguientes centros:

■ **Colegio Azorín.** La jornada se celebró el 29 de enero de 2026 y estaba dirigida a los alumnos de 4º de ESO. Durante el taller, impartido por Paloma de Oro



Carretero, Elsa Carmen Maroto Melle e Ismael Picazo Arijón, se realizaron tres experimentos didácticos que des-

pertaron su curiosidad y se fomentó el aprendizaje activo: coloreado de zumo de lombarda, cromatografía con rotuladores y cristales mágicos. A través de estas actividades pudieron comprender conceptos fundamentales de la química de una manera dinámica y visual.

■ **Colegio Beata Filipina.** El 20 de abril de 2026 se celebró el taller en este centro, impartido por los estudiantes de doctorado y grado de la Universidad Complutense de Madrid Sandra Rodríguez Blázquez, José Ignacio Guerrero Blanco y Clara Guillén Gutiérrez, bajo la coordinación de Paloma de Oro Carretero.

Esta iniciativa forma parte del compromiso del Colegio y la Asociación con la divulgación científica, la orientación vocacional y la promoción del talento joven, contribuyendo a despertar el interés por la química y las disciplinas STEM desde edades tempranas.

iones

Textos: Juan Quinto

Un error saludable

Un experimento fallido no siempre es un fracaso. Para un grupo de investigadores del centro vasco CIC energiGUNE supuso descubrir un nuevo mecanismo de reacción química con posibles aplicaciones en la fabricación de medicamentos, al permitir modificar moléculas complejas de fármacos de manera eficiente y sostenible, ya que no precisa de catali-



zadores a base de metales preciosos ni reactivos tóxicos. Según han publicado en *Nature Synthesis* denominan a esta

reacción como “anti-Friedel-Crafts” ya que invierte el procedimiento Friedel-Crafts, que utiliza productos fuertes o catalizadores metálicos en condiciones experimentales agresivas, por lo que solo se utiliza en las primeras etapas de la síntesis de un fármaco y obliga a realizar numerosos pasos químicos adicionales para reconstruir la molécula final. La nueva reacción se activa mediante la luz de una lámpara LED a temperatura ambiente, que desencadena un proceso en cadena auto-sostenido que permite formar nuevos enlaces carbono-carbono en condiciones suaves y sin necesidad de productos químicos tóxicos o costosos. Además, es altamente selectiva y reduce el número de pasos necesarios para producir la molécula final, por lo que disminuye el consumo energético y los residuos tóxicos. La investigación se ha hecho en colaboración con la Universidad de Cambridge, el Trinity College de Dublín y la farmacéutica AstraZeneca.

Microbios contra el cambio climático

El metano es un gas con una potente capacidad de generar efecto invernadero, unas 28 veces superior al del dióxido de carbono. Una de las fuentes de emisión de este gas se encuentra en los depósitos de hidratos de metano que se acumulan en el subsuelo marino, procedente de la descomposición de materia orgánica marina. Desde estos yacimientos se producen con frecuencia fugas de gas

que acaba saliendo a la atmósfera, producidas por movimientos tectónicos o por alteraciones en la presión o en la temperatura. Ahora, un grupo de investigadores del Museo Nacional de Ciencias Naturales, adscrito al CSIC, ha descubierto un ecosistema microbiano



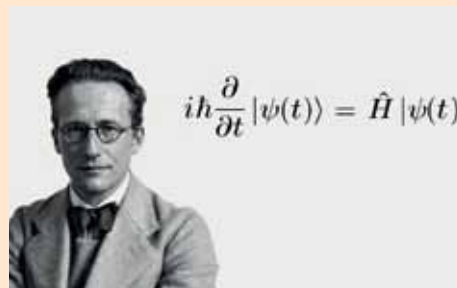
en el golfo de Cádiz que consume el metano antes de que se deposite en el fondo marino. Los microorganismos, de siete tipos diferentes, forman una película situada a cerca de diez metros de profundidad, ocupando una fractura del sedimento y actuando como una “trinchera microbiana que intercepta el metano”, según Rafael Laso-Pérez, miembro del equipo. Según explica, entre los microorganismos destaca una arquea de tipo ANME-1b, que supone el 60% del total y que oxida el metano, y una bacteria, la Seep-SRB1c, que por un intercambio metabólico utiliza el sulfato para respirar. El ecosistema incluye otros organismos heterótrofos, que se alimentan de los restos producidos por la asociación entre la arquea y la bacteria indicada.



EFEMÉRIDES HACE 100 AÑOS...

Schrödinger publica su ecuación de onda

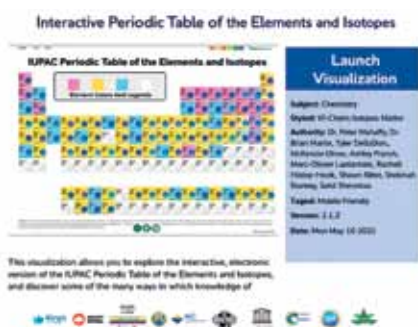
La física del primer cuarto del siglo XX navegaba por un mar de incertidumbre ante las peculiaridades de la cuántica, especialmente por la extensión de la dualidad onda/partícula de la luz al electrón (y al resto de partículas) y la propuesta de las órbitas de electrones en el átomo de Bohr. En 1926 Erwin Schrödinger propuso una explicación denominada mecánica ondulatoria, que describe el comportamiento de las partículas mediante ondas de probabilidad y que permitía entender la física cuántica desde una perspectiva diferente a la mecánica matricial propuesta por Heisenberg. La propuesta se concreta en la ecuación que lleva su nombre y que explica la evolución de una partícula a lo largo del tiempo y la probabilidad de localizarla en un determinado punto. Con su propuesta validaba la propuesta de Bohr y los electrones pasaban a ocupar estados estacionarios en el átomo según su nivel de energía cuantizada. La ecuación de Schrödinger (la general y sus variantes) sigue siendo la base de la física cuántica posterior y objeto de investigación para su aplicabilidad en diferentes ámbitos.



EN RED

Visualizar la ciencia

La ciencia con imagen entra, cabría decir actualizando el viejo refrán. Eso es lo que propone el Centro King's para la Visualización en la Ciencia (KCVS), una web de divulgación puesta en marcha por la Universidad King's de Edmonton (Alberta, Canadá), cuyo



Mahaffy, quien lo dirige actualmente, y cuenta con el apoyo de instituciones relevantes, entre las que se encuentra la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC). Los contenidos los genera un equipo interdisciplinar de estudiantes de la universidad y profesores colaboradores y, entre otras cosas, incluye una tabla periódica interactiva que proporciona información muy amplia sobre cada elemento y también los isótopos naturales de cada uno de ellos. Casi un centenar de temas más están accesibles para aprender visualizando, desde un modelo climático al espectro electromagnético, la acidificación de los océanos, el ciclo del carbono o el efecto fotoeléctrico.



objetivo es mejorar la comprensión pública global de la ciencia a través de la investigación y la creación y difusión de herramientas interactivas de aprendizaje, con infografías y explicaciones detalladas, cuyos contenidos están revisados por científicos. El proyecto lo pusieron en marcha en 2005 el astrofísico Brian Martin y el químico Peter



<https://www.kcvs.ca/>

LIBRO

Historia y ciencia del perfume

Begoña Imaz Fernández de Troconiz

Ed. Guadalmazán

Madrid, 2026

352 páginas. 25 euros.

Aunque el olfato no es nuestro sentido más fino tiene una capacidad especial de alterar nuestras emociones y de despertar nuestra memoria. Los perfumes han sido objeto de atención de todas las culturas desde los orígenes de la humanidad; hasta tal punto que, según la autora de este libro, de los tres presentes que los Magos llevaron al pesebre, la mirra y el incienso eran los más caros y lujosos, por encima del oro. La historia del perfume está por todo ello íntimamente unida a la propia historia de la humanidad, y está repleta de anécdotas y curiosidades. Begoña Imaz recoge muchas de ellas para trazar el recorrido de los olores desde los primeros albores de civilización en Mesopotamia hasta la actualidad, rescata recetas antiguas, explica los secretos de los perfumistas de todas las épocas y recorre las rutas comerciales que cruzaban Eurasia para llevar y traer las codiciadas esencias. La química, la botánica, la medicina, los pucheros y el poder confluyen en esta entretenida obra, un aromático viaje a través de la historia en general.



EXPOSICIÓN



Museo de la Farmacia Hispana

Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid

Plaza de Ramón y Cajal s/n.
28040-Madrid

+913 941 797

museofar@ucm.es

Abierto de lunes a viernes de
9:30 a 14 horas, previa reserva.

A principios del siglo XX, el catedrático de Historia de la Farmacia Rafael Folch concibió la idea de recolectar colecciones de variado origen con piezas y utensilios de botica para evitar su desaparición y permitir su exhibición al público. Nació así el germen de este museo, que en 1944 pasó a ocupar su actual situación en un amplio espacio de la Facultad de Farmacia de la Universidad Complutense de Madrid y que abrió sus puertas a los visitantes en 1951. Entre los espacios más destacados se encuentra desde una reproducción de una farmacia toledana del siglo XIV a conjuntos de mobiliarios y piezas procedentes de farmacias hospitalarias y boticas de diferentes procedencias y épocas, además de conjuntos de recipientes cerámicos de vidrio, instrumental, balanzas, almireces y morteros y colecciones de medicamentos que recorren la historia de la farmacia, que en buena parte es la de la química, desde la Antigüedad hasta los tiempos actuales. Además del interés científico e histórico del recorrido cabe subrayar que muchas de las piezas exhibidas son auténticas obras de arte.





De la Antigüedad al Impresionismo:
una mirada a las obras más significativas

El vino en la pintura

El vino es, junto con el pan, el alimento más cargado de simbolismo en la historia de la civilización occidental. Su presencia en el arte pictórico abarca más de dos milenios y atraviesa todas las grandes tradiciones: la mitología grecolatina, la iconografía cristiana, el bodegón flamenco, el naturalismo barroco y el impresionismo francés. Cada época lo interpretó a su manera, pero en todas ellas el vino fue algo más que una bebida: fue alegoría, símbolo, pretexto y, sobre todo, un extraordinario recurso para explorar la condición humana.

Desde las bacanales de la Antigüedad hasta los cafés de la Belle Époque, pintores de todos los tiempos encontraron en las uvas y en la copa de vino un espejo en el que reflejar los deseos, las contradicciones y los placeres de su época.

Texto: Juan Gómez Benítez, profesor colaborador honorario. Dpto. Ingeniería Química y Tecnología de Alimentos. Universidad de Cádiz.

Esta selección de obras es necesariamente incompleta. Podría incluir algún refinado bodegón de Willem Claesz Heda, con sus copas de cristal veneciano y sus jarras de peltre; alguna Última Cena —de Leonardo a Tintoretto—, donde el vino adquiere su dimensión más sagrada y dramática; o escenas de banquete de Pieter Brueghel el Viejo, donde la bebida se convierte en espejo de la gula y la fiesta popular. Aunque el espacio disponible es limitado, se ha procurado representar los principales períodos de la historia del arte.

Los dioses del vino

En la cultura clásica grecolatina, el vino tenía un dios propio: Dioniso para los griegos, Baco para los romanos. Las fiestas en su honor —las bacanales— eran celebraciones del desenfreno, la fertilidad y la liberación temporal de las ataduras sociales. Esta tradición iconográfica fue heredada por el Renacimiento y el Barroco, que la reinterpretaron con una mezcla de erudición y sensualidad. El primer gran hito renacentista en este terreno es *La bacanal de los andrios* (h. 1524) de Tiziano Vecellio, conservada en el Museo del Prado. Inspirada en un texto del escritor grecorromano Filostrato —que describía la isla de Andros como un lugar tan favorecido por Baco que el vino manaba directamente de un arroyo— la obra despliega una composición de desnudos y figuras en festivo movimiento bajo una luz dorada mediterránea. En primer plano, una partitura musical lleva la inscripción: “Quien bebe y no repite no sabe lo que es beber”, atribuida al músico flamenco Adriaen Willaert. La pintura es una declaración de principios sobre el poder del vino como estímulo para los sentidos y para la creación artística.



Tiziano: *La bacanal de los andrios*. Museo del Prado, Madrid.

Entre el realismo y la alegoría

El siglo XVII produjo las dos obras más influyentes sobre el vino en la historia de la pintura occidental. La primera es el *Baco* (h. 1596) de Michelangelo Merisi da Caravaggio, conservado en la Galleria degli Uffizi de Florencia. Lejos de los dioses idealizados del Renacimiento, Caravaggio pintó a un adolescente romano vestido con túnica blanca y corona de pámpanos, ofreciendo al espectador una copa de vino tinto con un gesto teatral y directo. Las frutas par-



Caravaggio: *Baco*. Galleria degli Uffizi, Florencia.

cialmente podridas que acompañan la escena —una convención del género de las *vanitas*— recuerdan la fugacidad de los placeres, mientras que la técnica del tenebrismo, con su contraste radical entre luz y sombra, confiere a la imagen una intensidad psicológica sin precedentes. Se ha identificado en el reflejo de la jarra un probable autorretrato del



Velázquez: *El triunfo de Baco (Los borrachos)*. Museo del Prado, Madrid.

pintor, uno de los recursos visuales más audaces del Barroco.

La segunda gran obra barroca sobre el vino es *El triunfo de Baco*, conocido popularmente como *Los borrachos* (1629), de Diego Velázquez, que también puede contemplarse en el Museo del Prado. Pintada para el Rey Felipe IV poco antes del primer viaje del sevillano a Italia, la obra combina de forma única la iconografía mitológica con el realismo costumbrista español. Un joven dios Baco de aspecto idealmente clásico —única figura con tratamiento de desnudo renacentista— corona con hojas de hiedra a un alegre bebedor mientras le rodean campesinos y soldados retratados con una veracidad descarnada y sin concesiones al embellecimiento.



Vermeer: *Joven con copa de vino*. Herzog Anton Ulrich-Museum, Brunswick

La mezcla de lo sublime y lo vulgar, de lo divino y lo cotidiano, convierte el cuadro en una reflexión irónica y profundamente española sobre el poder liberador —y también resaltando los peligros— del vino.

El vino, espejo de la prosperidad

En la pintura holandesa del siglo XVII el vino abandona la iconografía mitológica para convertirse en protagonista de una nueva categoría pictórica: el bodegón o naturaleza muerta. En el contexto de la Edad de Oro holandesa, la exhibición de copas de cristal veneciano, botellas de vino del Rin y jarras repletas de vino blanco era una declaración de prosperidad burguesa. Pintores como Pieter Claesz, Willem Claesz Heda y Willem Kalf convirtieron el vino y sus utensilios en objetos de una belleza casi

metafísica, explorando los efectos de la luz sobre el cristal transparente con una maestría que no ha sido superada.

Junto a los bodegones puros, la escuela holandesa produjo escenas de género en las que el vino aparece como elemento narrativo central. Jan Steen en sus escenas de taberna y Jan Vermeer en interiores domésticos —como *La joven con copa de vino* (h. 1659-1660, Herzog Anton Ulrich-Museum de Brunswick)— utilizaron el vino como detonante de situaciones de seducción, cortejo o exceso moral, cargando la imagen de significados que el espectador contemporáneo sabía leer con precisión.

La modernidad urbana

El siglo XIX trajo una transformación radical del tema. El vino abandona la mitología y el bodegón para instalarse en los cafés, los bares y los cabarés de París; es decir, en la cotidianidad. La obra que mejor sintetiza esta transición es *Un bar en las Folies-Bergère* (1882) de Édouard Manet, considerada por muchos críticos como su obra maestra y el cuadro que clausura el siglo XIX en pintura. Sobre la barra del famoso ca-

baret parisino, flanqueada por botellas de champán, de cerveza y de licores, una camarera de mirada ausente y melancólica mira al espectador mientras en el espejo situado a su espalda se refleja —de forma deliberadamente incorrecta desde el punto de vista estrictamente científico— el bullicio de la sala. La *trampa* óptica del espejo, donde la camarera aparece inclinada hacia delante conversando aparentemente con un cliente que no vemos, es uno de los recursos más comentados de la historia del arte. Las botellas que destacan en primer plano, con su visible etiqueta de Bass y su champán Moët, son documentos históricos sobre el consumo de bebidas en el París de la Belle Époque.

Un lenguaje universal del arte

A lo largo de más de dos mil años de historia pictórica, el vino ha sido sucesivamente símbolo de lo divino (la sangre de Cristo en la iconografía cristiana), emblema de la libertad y el placer (Baco en el arte clásico y barroco), espejo de la prosperidad burguesa (el



Manet: *Un bar en las Folies-Bergère*. Courtauld Gallery, Londres.

bodegón holandés) y testigo de la modernidad urbana (el Impresionismo). Lo que une todas estas tradiciones es la capacidad del vino para condensar en una sola imagen la tensión entre lo elevado y lo mundano, entre el goce del instante y la consciencia de su fugacidad. Pocas sustancias han generado una iconografía tan rica, tan coherente a lo largo de los siglos y tan cargada de significados culturales compartidos. En ese sentido, la historia del vino en la pintura es también, y quizás sobre todo, una historia de lo que los seres humanos han querido decir sobre sí mismos.





VIII Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química – CIDIQ

15 al 17 de julio de 2026
Campus de Vera de la UPV. Valencia (España).
<https://www.coddiq.es/cidiq/>

28th International Congress of Chemical and Process Engineering - CHISA

23 al 27 de agosto de 2026
Clarion Congress Hotel Prague. Praga (República Checa).



<https://2026.chisa.cz/>

XXI Congreso Anual de Cogeneración

5 de octubre de 2026
The Palace Hotel. Madrid (España).
<https://www.acogen.es/acogen-y-co-gen-espana-organizan-el-xxi-congreso-anual-de-cogeneracion/>

Iberquimia A Coruña 2026

6 de octubre de 2026
A Coruña (España).



<https://www.industriaquimica.es/eventos/iberquimia-coruna-2026>

Curso Ciberseguridad en redes industriales

20 al 22 de octubre de 2026
Hotel Suites Viena Plaza de España. Madrid (España).
<https://isa-spain.org/eventos/presencial-curso-ciberseguridad-aplicada-a-redes-industriales-octubre-2026-2/>

MiMETi 2026

21 al 23 de octubre de 2026
Universidad Politécnica de Querétaro. México.



<https://congresomimeti.cidesi.mx/>

Chem2Dmat

27 al 29 de octubre de 2026
ADEIT-Fundación Universidad-Empresa. Valencia (España).
<https://www.chem2dmatconf.org/2026/>

Iberquimia Barcelona 2026

3 de noviembre 2026
Barcelona (España).
<https://www.industriaquimica.es/eventos/iberquimia-barcelona-2026>

PMH2. Encuentro Sectorial del Hidrógeno 2026

24 de noviembre 2026
La Nave. Madrid (España).



<https://pmh2.com/>

Iberquimia Madrid 2026

25 y 26 de noviembre de 2026
Madrid (España).
<https://www.industriaquimica.es/eventos/iberquimia-madrid-2026>

International Conference on Chemical and Biochemical Engineering ICCBE 2027

10 y 11 de enero de 2027
Madrid (España).
<https://academicsera.com/Conferencia/33594/ICCBE/>

IV Congreso Nacional de Hidrógeno Verde

10 al 12 de febrero de 2027
Huelva (España).



<https://congresohidrogenoverde.com/>

Chemical Engineering and Chemistry Summit - CHEMLISBON

22 al 24 de febrero de 2027
Lisboa (Portugal).
<https://chemlisbon2027.synergiasummits.com/>

Chemical Catalyst 2027

25 y 26 de marzo de 2027
Berlín (Alemania).
<https://catalyst-srh.com/>

Congreso Internacional de Química, Bioquímica e Ingeniería Química

Primer trimestre de 2027
La Habana (Cuba).
<https://scqcuba.org/2025/01/31/hello-world-3/>

World Forum an Leading Show for Life Science and Prfocess Industries (ACHEMA 2027)

14 al 18 de junio de 2027
Frankfurt (Alemania)
<https://www.achema.de/en/>

Barcelona Perfumery Congress 2027

16 y 17 de junio de 2027
Barcelona (España).



<https://perfumerycongress.com/>

CONECTA. COMPARTE. CRECE.

ÚNETE AL CANAL DE WHATSAPP



Ilustre
Colegio Oficial
Químicos
de Madrid



Asociación
Químicos e
Ingenieros Químicos
de Madrid



INFORMACIÓN ÚTIL.
COMUNIDAD REAL.
IMPACTO PROFESIONAL.

Estrenamos canal oficial de
WhatsApp.
Información rigurosa,
convocatorias, actividades y
actualidad científica
directamente en tu teléfono.

PORQUE LA MEJOR
FÓRMULA ES ESTAR
CONECTADO.

¡ESCANEA Y ÚNETE!



Forma parte de una comunidad que
impulsa el conocimiento y la química
hacia el futuro.



JUNTOS, HACEMOS
MÁS FUERTE A LA QUÍMICA.



APRENDEMOS



COMPARTIMOS



CRECEMOS

WWW.QUIMICOSMADRID.ORG



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

Lagasca 27, 1.º 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.
- **Respet**a 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 APORTA

**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.