SEPTIEMBRE 2026

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Nº 49

BOLETÍN DE DIVULGACIÓN

Facultad de Ciencias Químicas. UCM



Septiembre: innovación energética y la nueva voz del estudiantado de Químicas

Belén Yélamos López
Vicedecana de Ordenación Académica, Biblioteca y Divulgación

Comienza el curso y regresamos con nuestro Boletín. En esta ocasión, con un número especial en el que nos enfocamos en la Jornada sobre Transición Energética y Economía Circular del próximo 7 de octubre, un tema central que articula tanto la sección de Noticias de Divulgación —con artículos sobre el desarrollo de las biorrefinerías y las perspectivas de la energía nuclear— como la de Historia de la Química, donde repasamos la evolución de los flujos energéticos en la humanidad. Además, estamos de enhorabuena con el estreno de QONECTA, el nuevo espacio de la Delegación de Estudiantes pensado para acercar la vida universitaria y divulgar la ciencia más cercana y fascinante, abordando, en sus primeros artículos, desde el hallazgo de azúcar en el espacio profundo hasta la química de materiales e ingeniería de neumáticos en el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid. Completan esta edición la reivindicación de los laboratorios en la educación primaria y las aportaciones recientes en la investigación de nuestra Facultad.

EN ESTE NÚMERO

NOTICIAS.....2

QCONECTA.....19

LIBROS DE DIVULGACIÓN.....30

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN.....31

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD 34

HISTORIA DE LA QUÍMICA.....43

DIVULGAR PARA EDUCAR.....53

¿Quieres divulgar con nosotros?
Envíanos tus ideas a
vddivulgacionquim@ucm.es

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

LA BIORREFINERÍA DE AYER Y DE HOY: UN RECORRIDO POR EL BOSQUE PENINSULAR

Victoria Ángeles Rigual Hernández
Dpto. Ingeniería Química y de Materiales

Los pastores de un bosque flotante

Durante el último fin de semana de agosto, varios municipios de las provincias de Cuenca y Guadalajara organizan sus festejos tradicionales de "***Gancheros***" en la zona del Alto Tajo. En ellas, los hombres ataviados con pértigas empujan los troncos aguas abajo. Ante la atenta mirada de los turistas se cortan maderos con hacha y se almuerza a la orilla del río, simulando el oficio que había hace casi noventa años. Lo que ahora es un reclamo turístico muestra un ejemplo de gestión de los bosques que se aplicaba ya hace años. La idea de extraer de una misma materia prima, en este caso biomasa forestal, varios productos con diferente valor tiene ahora un nombre: **biorrefinería**.

Las "*maderadas*" del Tajo aprovechaban la corriente del río para arrastrar los troncos de madera a lo largo del cauce. La madera de pino recién cortada tiene una densidad menor que el agua, por lo que flota y permite ser transportada. Cada expedición podía mover cerca de 100.000 troncos, ocupando más de 30 km del cauce del río. Para realizar el transporte se necesitaban cientos de hombres, organizados en cuadrillas de en torno a diez personas, cada una con una función específica: desde el maestro del río hasta los cocineros. La "*expedición*" duraba de 3 a 6 meses y comenzaba en primavera, cuando el deshielo daba suficiente caudal al río como para poder llevar a cabo el transporte de los troncos. Parte de la madera transportada con esta técnica fue a parar a las obras del Palacio Real de Aranjuez, a las puertas de Toledo o a los artesonados de media Castilla. Los propios gancheros se hacían llamar "*pastores de un bosque flotante*".



Figura 1: Gancheros transportando troncos en Villalba de la Sierra.
Fototeca del instituto de Patrimonio Cultural de España

Esta práctica duró en el río Tajo hasta 1936. En el Júcar se mantuvo hasta 1943 y en el Ebro hasta 1949. En los años sesenta del siglo pasado la construcción de presas como Entrepeñas, Buendía o Bolarque limitó por completo su práctica.

El primer proceso químico del monte: la resina

Mientras tanto, en otras zonas de Castilla y León se dedicaban a "*sangrar el pino sin matarlo*". El protagonista era el *Pinus pinaster*, más conocido coloquialmente como **pino resinero o negral**, una de las especies más abundantes del monte peninsular. El resinero abría una herida controlada en el tronco y el árbol segregaba **miera**, la resina bruta. La técnica del sangrado se fue depurando con el tiempo hasta usar el *sistema Hugues*, que colocaba un pote de barro cocido y una chapa cóncava bajo la entalladura para que la resina cayera limpia, en lugar de escurrir por la corteza. A partir de 1970 se empezó a realizar la pica de la corteza, que levantaba una fina faja sin arrancar la madera, estimulando el flujo de la resina bruta con ácido sulfúrico. La miera permitía obtener dos productos principales:

- La fracción más volátil era el **aguarrás o esencia de trementina**, dominado por α-pineno y β-pineno que se empleaba como disolvente de pinturas y barnices, así como materia prima de aromas y alcanfor.
- El residuo sólido que quedaba era la **colofonia**, una mezcla de ácidos resínicos empleados como adhesivos, tintas de imprenta, encolado de papel, caucho sintético, cosmética, etc.



Figura 2: Pinar resinero con extracción de resina.
Fototeca del CENAM

Estas operaciones, muy practicadas en los pinares de Soria y Segovia, mostraban los inicios de la biorrefinería mucho antes de que este término siquiera existiese. La explotación alcanzaba un tamaño considerable: la primera fábrica destiladora (por la operación que tiene lugar para separar la esencia de trementina y la colofonia) se instaló en Hontoria del Pinar (Burgos) en 1843.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

En 1898 nació **La Unión Resinera Española**, uno de los grandes conglomerados industriales del país. En 1950 había 87 establecimientos activos, y en 1961 solo Castilla y León produjo 55.000 toneladas de miera. Posteriormente esta industria fue decayendo: llegó la competencia de los derivados del petróleo, la de la resina china y brasileña y el golpe final fue la entrada en la Comunidad Económica Europea en 1986. A finales del s. XX quedaban dos o tres destilerías en pie y los pinares dejaron de picarse.

Sin embargo, lejos de quedar en el olvido esta práctica se ha reactivado: desde 2010 en Castilla y León se vienen produciendo 12.000 toneladas anuales de miera, generando unos 900 empleos directos.

El intento de fabricar gasolina a partir de serrín

Uno de los aprovechamientos principales de la biorrefinería actual consiste en fraccionar la biomasa para producir azúcares y posteriormente fermentarlos hasta alcoholes. Esta idea no es nueva, antes de la Primera Guerra Mundial funcionaban en Estados Unidos fábricas de hidrólisis ácida diluida. Sin embargo, la necesidad de utilizar estos procesos llegó con las economías de guerra, cuando existía una imposibilidad real de importar petróleo. En Alemania, **Heinrich Scholler** desarrolló entre 1935 y 1939 un proceso de percolación con ácido sulfúrico diluido que se llevó a plantas en Tornesch, Holzminden y Dessau, con rendimientos de unos 52 galones (≈200 litros) de etanol absoluto por tonelada de madera. Este etanol es el que empleaban como combustible, sustituyendo a los combustibles derivados del petróleo. También, el Premio Nobel de Química de 1931 **Friedrich Bergius** patentó una ruta alternativa empleando ácido clorhídrico en lugar de ácido sulfúrico. El resultado de este, y de otros procesos de producción de etanol, seguía siendo el mismo: eran capaces de producir etanol, pero a un precio superior al de la producción de gasolina a partir de crudo de petróleo. En momentos puntuales en los que el crudo era caro o inaccesible los procesos de biorrefinería volvían a lanzarse. Sin embargo, cuando el precio del barril de crudo volvía a bajar la mayoría de las plantas que operaban con biomasa cerraban.

Las papeleras de fibra virgen y reciclada

La segunda mitad del siglo XX cambió por completo la relación de España con sus bosques. El monte dejó de ser una despensa de la que se sacaba leña, resina, pastos y madera, para convertirse en el proveedor de fibra de la industria del papel. En septiembre de 1963 se inauguró la fábrica de Lourizán, en la ría de Pontevedra: 612.500 m^2 de instalación a la que siguieron Huelva y Navia. Una fábrica de pasta necesita fibra barata, homogénea y de crecimiento rápido.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

El eucalipto había llegado a Galicia desde Australia a mediados del s.XIX con unas 290.000 hectáreas de eucalipto en España en 1980, que pasaron a ser 530.000 en 1996 y 860.000 en 2004, con Galicia como región líder (en torno a 396.000 hectáreas de *Eucalyptus globulus*).



Figura 3: Izq.) Valle y montañas de bosque atlántico; Dcha.) interior de eucaliptal con playa al fondo. Fototeca del CENEAM

El balance de aquella transformación sigue siendo objeto de debate ya que el eucalipto proporcionó un sector industrial potente y una renta para el monte, pero también supuso la degradación y la pérdida de fertilidad del suelo, un consumo de agua adicional, la pérdida de biodiversidad en la zona, un aumento notable del riesgo de incendio, conflictos sociales de larga duración y un episodio de contaminación por mercurio en la ría de Pontevedra.

La utilidad de las fibras de eucalipto radica en su composición. La madera es un material compuesto por **celulosa** (40–50 %), un polímero lineal de glucosa, **hemicelulosa** (20–30 %), polisacáridos ramificados y amorfos de azúcares de cinco y seis carbonos y **lignina** (15–30 %), un polímero aromático tridimensional e irregular. La fabricación de papel consiste esencialmente en quitar la lignina para liberar las fibras de celulosa. El ***Proceso Kraft*** lo consigue cociendo las astillas con hidróxido y sulfuro de sodio. La lignina disuelta acaba en la lejía negra, que se concentra y se quema en la caldera de recuperación para producir vapor y regenerar los reactivos.

A pesar de su auge, con los años el modelo papelero cambió. Hoy la industria papelera española es, mayoritariamente, una industria recicladora. En 2024 la tasa de reciclaje de papel en España alcanzó el 83,6 %, la tercera de la Unión Europea. Si bien es cierto que reciclar la fibra tiene sus ventajas, este giro tiene una limitación: la fibra de celulosa no es inmortal. Cada ciclo de repulpado acorta la fibra y le hace perder capacidad de enlace, de modo que un papel no puede reciclarse indefinidamente.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

La palabra "biorrefinería"

El concepto se formalizó en los años noventa, por analogía directa con la refinería de petróleo: si de un crudo se obtienen gasolinas, querosenos, lubricantes, asfaltos y monómeros petroquímicos, ¿por qué no hacer lo mismo con la biomasa? Su clasificación se apoya en cuatro ejes: las *materias primas* (cultivos, residuos agrícolas, forestales o industriales), las *plataformas intermedias* (azúcares C_5/C_6, gas de síntesis, biogás, aceites, lignina), los *procesos de conversión* (mecánicos, químicos, bioquímicos, termoquímicos) y los *productos*. Coloquialmente se habla también de generaciones: **1G** cuando se parte de biomasa comestible (bioetanol de maíz o de caña, biodiésel de aceites vegetales), **2G** cuando se parte de biomasa lignocelulósica no alimentaria, y **3G** cuando la materia prima son residuos orgánicos o microalgas.

El concepto es antiguo como demuestra Noruega. En Sarpsborg (Noruega) opera desde 1889 la biorrefinería **Borregaard**, una fábrica que hoy se anuncia, con razón, como "*la biorrefinería más avanzada del mundo*". Esta biorrefinería parte de madera de conífera y saca de ella celulosa especial, lignosulfonatos, fibrillas de celulosa, bioetanol y biovainillina. Casi ciento cuarenta años haciendo exactamente lo que ahora se pone en los títulos de los proyectos europeos.



Figura 4: Fotografía histórica de la biorrefinería Borregaard. Digitalmuseum

A nivel nacional, en abril de 2024 Repsol puso en marcha en Cartagena la primera planta de la península dedicada en exclusiva a combustibles 100 % renovables: 250 millones de euros de inversión, 250.000 toneladas anuales de diésel renovable (aceite vegetal hidrotratado o HVO) y combustible sostenible de aviación (SAF) a partir de 300.000 toneladas de residuos orgánicos: aceites de cocina usados y residuos agroalimentarios.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

En Palos de la Frontera (Huelva), junto al parque energético de La Rábida, Moeve (la antigua Cepsa) construye desde febrero de 2024, junto a Bio-Oils, la mayor planta de biocombustibles de segunda generación del sur de Europa: 500.000 toneladas anuales de SAF, HVO y biogás. La planta superó el ecuador de su construcción a finales de 2025 y está previsto que empiece a producir a finales de 2026. Sus materias primas son residuos: aceites de cocina usados, grasas animales y residuos agrícolas.

Un recurso que siempre ha estado ahí: residuos agroalimentarios

Aunque la gran biomasa forestal puede ser la primera que se nos viene a la cabeza al hablar de biorrefinería, conviene bajar un poco de escala y pensar en otros recursos también aprovechables en una biorrefinería.

- El **bagazo de la cerveza** es una alternativa útil, ya que las cervecerías artesanas regalan a los ganaderos vecinos el bagazo agotado: Damm genera más de 90.000 toneladas anuales de bagazo en El Prat de Llobregat y destina el 100 % a alimentación animal. Con un 25 % de proteína en peso, es un pienso excelente que aprovecha la cooperativa La Fageda que consume unas 1.400 toneladas al año para casi 300 vacas, a razón de 18 kilos por animal y día. El cereal vuelve al campo convertido en leche y en estiércol que fertilizará la próxima cebada.



Figura 5: Bagazo de cerveza. Wikipedia.

- El **alperujo** procedente del aceite de orujo de oliva es probablemente la mayor biorrefinería española y casi nadie la llama así: 49 extractoras procesan 6,5 millones de toneladas anuales de alperujo para extraer con disolvente el aceite de orujo crudo (unas 122.000 toneladas de media al año, 83 % de ellas para exportación) y separar el hueso de aceituna, la pulpa y el orujillo, que se venden como biomasa energética y como enmiendas agrícolas. El orujo graso de almazara tiene incluso desde 2022 la consideración legal de subproducto, no de residuo.



Figura 6: Alperujo. Wikipedia.

- Los **sarmientos**, las delgadas ramas que tienen las cepas de vid, antes se quemaban en las orillas de los bancales, se llevaban a casa para la lumbre y para cocinar carnes a la parrilla. España tiene aproximadamente un millón de hectáreas de viñedo, y sus 2,7 millones de hectáreas de olivar generan por sí solas más de 8,3 millones de toneladas anuales de restos vegetales. Hoy esa biomasa alimenta calderas de bodega, plantas de pellets y centrales de generación, dejando de ser un problema para convertirse en un ingreso.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

Conviene mencionar que una biorrefinería no tiene por qué ser sostenible sólo por utilizar como materia prima biomasa. La historia del eucalipto está ahí para recordarlo: una demanda industrial intensa y mal ordenada puede transformar un territorio entero en una dirección difícil de deshacer. La biomasa es renovable, pero no es infinita: el suelo, el agua y la biodiversidad son los límites reales. Por eso la discusión hoy no es cuánta biomasa podemos procesar, sino qué biomasa, de dónde y para hacer qué.

Y volviendo al inicio del artículo…el ganchero que en 1930 empujaba con su pértiga un tronco de pino hacia Aranjuez no habría entendido la palabra biorrefinería. Pero entendía perfectamente el fondo del asunto: el monte da madera, resina, leña, pasto, corcho, piñones y setas; se aprovecha lo que se puede, se deja que se regenere, y no se tira nada.

Nosotros hemos cambiado el pote de barro por un reactor de acero y el gancho de avellano por una columna de destilación. Pero la pregunta que nos hacemos delante de una tonelada de paja, de alperujo o de serrín es exactamente la misma que se hacía él delante de un pino: *¿qué más se puede sacar de aquí*?

REFERENCIAS

- Hernández Muñoz, L. El antiguo oficio de resinero. Hoja divulgadora. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 2006.
- Uriarte Ayo, R. «Coyuntura económica y estrategia empresarial: la Unión Resinera Española, 1898-1936». Revista de Historia Industrial, 1998, n.º 14, pp. 83-124.
- Ministerio de Cultura. Fiesta de los Gancheros del Alto Tajo. Inventario del Patrimonio Cultural Inmaterial, reg. 30211.
- Goldstein, I. S. «Productos químicos derivados de la madera». Unasylva, 1978, n.º 125.
- ASPAPEL. La industria papelera en España. Nota de prensa, julio de 2025 (datos de 2024).
- Rødsrud, G.; Lersch, M.; Sjöde, A. «History and future of world's most advanced biorefinery in operation». Biomass and Bioenergy, 2012, vol. 46, pp. 46-59.
- Sun, Z. et al. «Bright Side of Lignin Depolymerization: Toward New Platform Chemicals». Chemical Reviews, 2018, vol. 118 (2), pp. 614-678.
- Comisión Europea. A new Bioeconomy Strategy for a competitive and sustainable Europe. Diciembre de 2025.

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA NUCLEAR (I)

Francisco Rodríguez Somolinos. Profesor Emérito.
Dpto. Ingeniería Química y de Materiales

Marco de la energía nuclear

El sector de la energía nuclear atraviesa una fase de revitalización estratégica a nivel global, impulsada por la necesidad de descarbonizar las economías y garantizar la seguridad del suministro eléctrico. En 2025, la generación nuclear mundial se encamina a alcanzar niveles récord, superando los picos históricos anteriores.

La energía nuclear aporta actualmente cerca del **10 % de la electricidad mundial**. Aunque su peso porcentual ha disminuido desde el 17 % que ostentaba en 1996, debido al rápido crecimiento de las renovables, la producción absoluta está creciendo. En concreto, en 2024, las centrales nucleares suministraron 2.667 TWh de electricidad, lo que supone un aumento del 2,9 % con respecto a los 2.601 TWh de 2023 *(1)*.

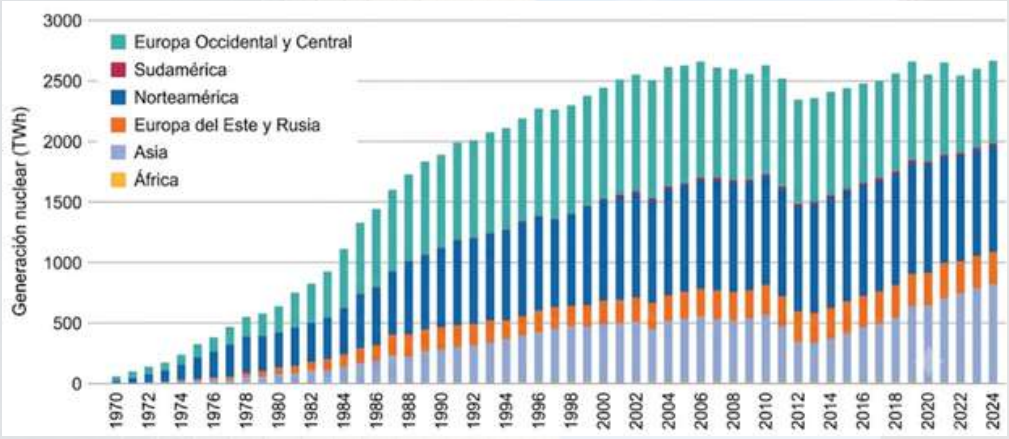


Figura 1: Producción de electricidad nuclear 1970-2024 *(1)*

Estados Unidos posee el parque más grande y genera el 30% de la energía nuclear mundial, con **94 reactores operativos** (aprox. 97 GW(e)). China se ha consolidado como el segundo productor mundial y se prevé que supere a EE.UU. en la próxima década. Actualmente dispone de **63 reactores operativos**. Francia, con **57 reactores operativos**, mantiene una fuerte dependencia nuclear (aprox. el 70% de su mix eléctrico), ocupando el tercer lugar global. A continuación, Rusia cuenta con **34 reactores operativos** y Corea del Sur con **26** *(2)*. En términos globales, el parque nuclear mundial cuenta con 417 reactores nucleares distribuidos entre 31 países con una capacidad instalada neta de 379.608 MW(e). En construcción se dan 77 reactores nucleares, a cargo de 17 países y con una capacidad instalada neta de 80.720 MW(e).

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

En cuanto a **reactores planificados**, se tiene constancia de **119**, distribuidos entre 16 países y con una capacidad instalada neta de 107.589 MW(e). Solo China cuenta con 38 reactores en construcción y 40 planificados, seguida por India con 8 y 14 reactores, respectivamente, y Rusia con 7 y 23 reactores, respectivamente *(3)*. Es decir, el eje geográfico de la nueva construcción de reactores nucleares se está desplazando de forma gradual hacia las economías emergentes de Asia.

País	Operativos	En construcción	Proyectados
Estados Unidos	94	0	3
China	63	38	40
Francia	57	0	2
Rusia	34	7	23
Corea del Sur	26	4	0
India	24	8	14
Canadá	17	1	1
Ucrania	15	0	2
Japón	12	2	1
Reino Unido	9	2	2
España	7	0	0

Tabla 1: Principales países con reactores nucleares operativos, en construcción y planificados *(2, 3)*.

Existe una clara necesidad de nueva capacidad de generación en todo el mundo, tanto para sustituir las antiguas centrales de combustibles fósiles -especialmente las de carbón, que emiten grandes cantidades de dióxido de carbono-, como para satisfacer la creciente demanda de electricidad en muchos países. En 2024, el 59 % de la electricidad se generó a partir de la quema de combustibles fósiles. A pesar del fuerte apoyo y del crecimiento de las fuentes de electricidad renovables en los últimos años, la contribución de los combustibles fósiles a la generación de energía no ha variado de forma significativa en los últimos veinte años, siendo del 66,5 % en 2025 *(1)*.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

En suma, es de esperar que la producción de energía nuclear siga creciendo las próximas décadas. Ahora bien, este crecimiento ha de estar basado en la mejora de la seguridad activa y pasiva de las nuevas instalaciones, en la reducción de los consumos de agua y energía durante la operación de las plantas nucleares y en una mejor gestión de sus residuos de alta actividad, especialmente en lo que atañe a los elementos de combustible gastado. Por ello, se pasa a exponer las tendencias actuales en el diseño de reactores nucleares, así como las mejoras en la gestión de residuos de alta actividad, centradas sobre todo en la fisión inducida de los isótopos de los productos de fisión, en la transmutación de los actínidos minoritarios del combustible gastado y en el almacenamiento geológico profundo (AGP).

Evolución tecnológica de los reactores nucleares

La tecnología ha evolucionado a través de cuatro etapas o "generaciones" principales. La **Generación I** (1950s-1960s) se centra en prototipos y primeras plantas comerciales, que en su mayor parte ya están fuera de servicio. Las más representativas son la de Calder Hall y la de Shippingport. La planta de Calder Hall (Cumbria, Reino Unido) fue inaugurada por la reina Isabel II el 17 de octubre de 1956. Se basaba en el uso de **reactores Magnox**, que implica uranio natural como combustible, grafito como moderador y una aleación de magnesio para cubrir las barras de combustible. Su nombre viene precisamente de la aleación metálica de esta cobertura (MAGNesium OXide/alloy). Cerró en 2003 tras casi 47 años de servicio. Sus torres de refrigeración fueron demolidas en 2007 y los reactores se encuentran en proceso de desmantelamiento *(4)*.

La planta de Shippingport (Pensilvania, EE. UU.) comenzó a funcionar en diciembre de 1957. El sitio fue clausurado definitivamente en 1982, y posteriormente descontaminado. Su desarrollo sentó las bases comerciales del **Reactor de Agua a Presión (PWR)**. Utilizaba una zona central (semilla) de uranio altamente enriquecido (93 %) para aportar los neutrones iniciales, rodeada por una zona externa (manta) de uranio natural, maximizando el uso de combustible estándar. Fue la instalación pionera en el uso de aleaciones de circonio (Zircaloy) para revestir las barras de combustible, una tecnología estándar hoy en día en los reactores modernos *(5)*.

La **Generación II** (1970s-1990s) constituye la base del actual parque de centrales nucleares. Incluyen, entre otros, los reactores de agua a presión (PWR), de agua en ebullición (BWR) y el CANDU/PHWR (CANada Deuterium Uranium/ Pressurized Heavy Water Reactor), que son los más representativos de esta generación *(6)*. Los reactores PWR operan manteniendo el refrigerante bajo una presión extrema (aproximadamente 155 bares) para evitar que el agua hierva a pesar de alcanzar temperaturas cercanas a los 315 °C. Utiliza un circuito cerrado doble. El circuito primario extrae el calor del núcleo y lo transfiere a un circuito secundario a través de un generador de vapor. El agua del circuito secundario pasa a vapor, que se conduce a la turbina.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

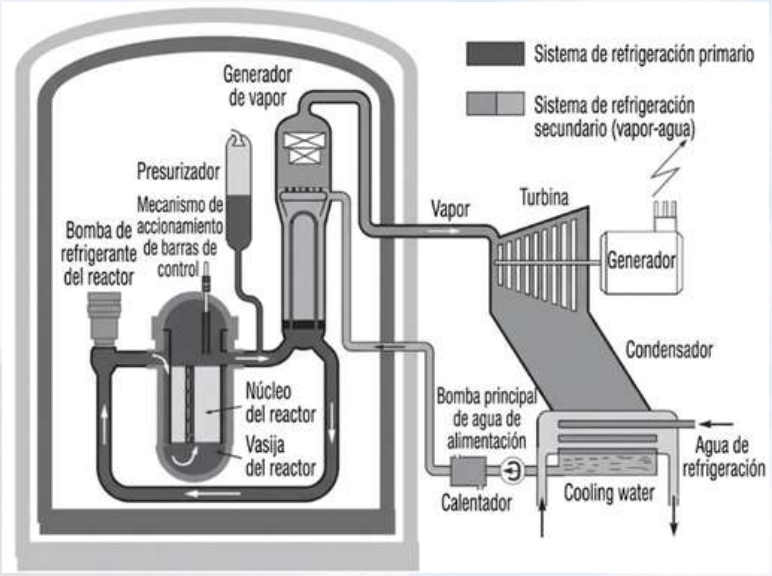


Figura 2: Esquema del reactor de agua a presión *(7)*.

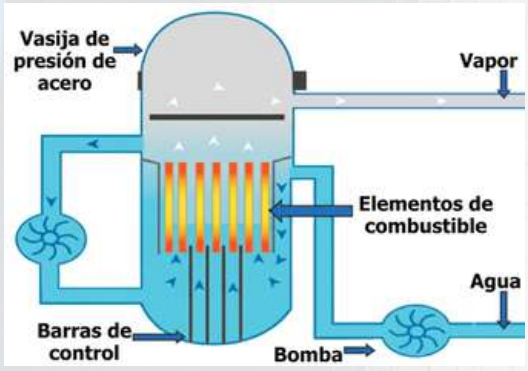


Figura 3: Esquema del reactor de agua en ebullición *(8)*.

El BWR funciona con un único circuito principal. La presión es menor que en los PWR (unos 70 bar), lo que permite la ebullición masiva a 285 °C. El vapor húmedo pasa por separadores y secadores mecánicos en la parte superior de la vasija, y viaja directo a la turbina.

El reactor CANDU destaca por su capacidad de utilizar uranio natural sin enriquecer (0,7% de U-235) gracias a las propiedades neutrónicas del agua pesada. En lugar de una gran vasija de presión, emplea un tanque cilíndrico horizontal de baja presión, atravesado por cientos de tubos de presión individuales donde se aloja el combustible. Utiliza óxido de deuterio (D_2O o agua pesada) tanto para moderar los neutrones como para refrigerar el combustible dentro de los tubos a alta presión, transfiriendo luego el calor a generadores de vapor, similares a los del PWR.

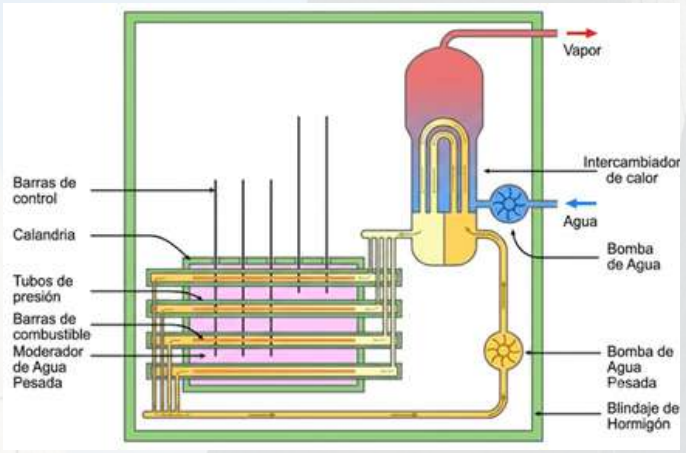


Figura 4: Esquema del reactor CANDU/PHWR *(9)*.

Todos estos reactores, aunque mejoraron la seguridad, dependen de la energía eléctrica externa para su enfriamiento, lo que plantea riesgos ante fallos del suministro eléctrico, además de generar un buen volumen de residuos de alta actividad e implicar altos costes y prolongados periodos de construcción (sobre los 10 años).

Generación III y III+ (1990s-Actualidad): su gran avance radica en la inclusión de sistemas de seguridad pasivos, que actúan por gravedad, convección o diferencias de presión para enfriar el núcleo sin necesidad de bombas eléctricas, alimentación eléctrica externa o intervención humana; también proporcionan una mayor eficiencia *(10)*. A continuación, se exponen brevemente las características de estos reactores, desglosado según sean de agua en ebullición o de agua a presión.

A. Reactores evolutivos de agua en ebullición

- **ABWR** (*Advanced Boiling Water Reactor*) de Toshiba/GE Vernova Hitachi Nuclear Energy (GVH). Utiliza bombas de circulación de refrigerante dentro de la propia vasija, eliminando tuberías externas. Produce una potencia eléctrica neta cercana a los 1.350-1.520 MW(e) por unidad. El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (en inglés: Emergency Core Cooling System, ECCS) ha sido mejorado en muchas áreas, proporcionando un muy alto nivel de defensa en profundidad contra accidentes, contingencias e incidentes. El ABWR está diseñado para una vida de servicio de al menos 60 años (*11*).
- **BWR 90+** de Westinghouse. Se trata de un reactor nuclear avanzado de agua en ebullición con una capacidad de unos 1.500 MW(e). Cuenta con cuatro divisiones de seguridad físicamente separadas. Los sistemas automáticos actúan sin necesidad de intervención del operador durante las primeras horas. Las estructuras están reforzadas para soportar terremotos e impactos externos severos. Presenta menor probabilidad de daño al núcleo gracias a la circulación natural del refrigerante en situaciones de emergencia (*12*).
- **ESBWR** (*Economic Simplified Boiling Water Reactor*) de GE Vernova Hitachi Nuclear Energy (GVH). Utiliza la convección natural del agua para mover el flujo hacia el núcleo, eliminando la necesidad de grandes bombas de circulación. Incorpora sistemas de refrigeración por gravedad y condensadores de aislamiento que funcionan sin energía eléctrica ni intervención humana durante días en emergencias. Posee un 25 % menos de bombas y componentes mecánicos que otros sistemas activos, lo que reduce los costes de construcción y mantenimiento. Está diseñado para generar una capacidad eléctrica de unos 1.520 MW(e) (*13*).
- **SWR-1000** (o KERENA) de Areva (actualmente Orano). Ofrece una potencia neta de unos 1.250 MW(e), integra sistemas de seguridad tanto activos como pasivos y está proyectado para una vida útil de 60 años. Dispone de sistemas automáticos que no requieren intervención humana ni energía externa durante más de 72 horas en caso de accidente, como condensadores de emergencia y refrigeración de la contención. Ofrece ciclos de recarga de combustible de hasta dos años gracias al uso de combustibles de alta tasa de quemado (*14*).

B. Reactores avanzados de agua a presión

- **AP-600 y AP-1000** de Westinghouse. Usan sistemas de seguridad pasiva, un diseño modular y una alta potencia. Utilizan sistemas como la gravedad y la evaporación para enfriarse sin ayuda de operadores ni bombas mecánicas durante situaciones de emergencias. El AP-600 no resultó rentable ni competitivo, por lo que su construcción comercial no terminó de llevarse a cabo. El AP-1000 rinde cerca de 1.000 a 1.200 MW(e). Es un reactor de generación III+ activo en varios sitios del mundo, especialmente en plantas operativas de China. Usan agua almacenada en la parte alta del edificio para enfriar el núcleo por gravedad durante 72 horas sin luz ni intervención humana (*15*).

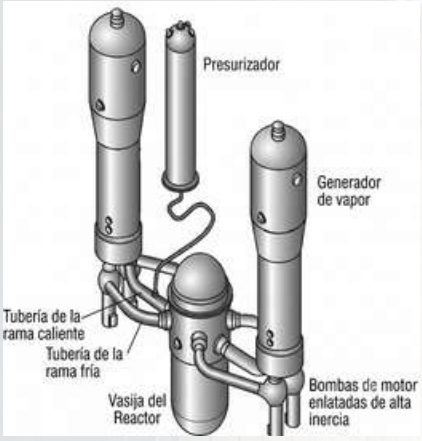


Figura 5: Configuración del AP1000 *(16).*

- **PWR System 80+** de Westinghouse. Entrega una potencia de 1.350 MW(e). Utiliza una vasija de contención esférica de acero dentro de un edificio de protección de hormigón (doble barrera). Incorpora un tanque de almacenamiento de agua de abastecimiento dentro de la contención y sistemas eléctricos de corriente alternativos (*17*).
- **APWR** (Advanced Pressurized Water Reactor) de Mitsubishi y Westinghouse. Alcanza los 1.700 MW(e). Permite una operación continua con ciclos de combustible más largos (hasta 24 meses), reduciendo las paradas de recarga. Reemplaza las estructuras internas convencionales por un reflector de acero inoxidable para reducir el daño por radiación de la vasija del reactor y ahorra uranio nriquecido al devolver los neutrones al núcleo. En caso de accidente por pérdida de refrigerante, se inyecta agua sin necesidad de válvulas móviles ni señales eléctricas. Los sistemas de seguridad activa están divididos en 4 sistemas independientes al 50 % de capacidad cada uno, físicamente separados para evitar fallos simultáneos. El tanque de almacenamiento de agua para emergencias se encuentra en la base del interior del propio edificio de contención, garantizando su suministro continuo (*18*).
- **Reactor EPR** (Evolutionary Pressurized Reactor - Framatome/EDF) de Areva (ahora Orano). Aporta 1.600-1.650 MW de potencia eléctrica neta, diseñado para operar durante un período de 60 años. Incorpora un recipiente de contención de doble pared de hormigón grueso y un núcleo con un recuperador de corio -mezcla pastosa a unos 2.000 °C similar a la lava, que se forma cuando el combustible nuclear, sus vainas de zircaloy y las estructuras internas del reactor se funden por falta de refrigeración-, diseñado para retener y enfriar material fundido en caso de accidente (*19*).

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

C. Reactores de Generación IV

Se está ante diseños revolucionarios que buscan cerrar el ciclo del combustible (reutilizar residuos) y operar a temperaturas muy altas para procesos industriales o producción de hidrógeno. China ya opera la primera central comercial de este tipo (HTR-PM) desde 2024. Se trata de un reactor avanzado en el que los neutrones tienen suficiente energía para fisionar los actínidos minoritarios, convirtiéndolos en productos de fisión de vida corta (unos 300 años), como es el caso del reactor rápido GFR que luego se expondrá. En realidad, este reactor no fisiona de manera directa la mayoría de los actínidos minoritarios con sus neutrones, sino que logra transformarlos en otros elementos mediante un proceso indirecto de captura térmica (transmutación, que se explica más adelante) seguido de la fisión de los actínidos transmutados.

- **Reactor de muy alta temperatura (VHTR) y Reactor HTR-PM**. Estos reactores avanzados utilizan gas helio como refrigerante y grafito como moderador, diseñados para ofrecer una seguridad pasiva extrema y operar a niveles térmicos muy elevados. El concepto VHTR busca alcanzar temperaturas de hasta 950 °C, mientras que el HTR-PM chino es un modelo modular comercial operativo de lecho de bolas que produce calor a unos 750 °C. Emplean como combustible partículas microscópicas de uranio recubiertas de cerámica y carburo de silicio, capaces de retener la radiación incluso a temperaturas superiores a los 1.600 °C sin fundirse. El gas helio no reacciona y permite elevar de forma drástica la eficiencia térmica en comparación con los reactores tradicionales de agua. (20).
- **Reactor rápido refrigerado por gas (GFR)**. Combina neutrones rápidos con gas helio a alta temperatura como refrigerante, lo que evita reacciones y permite elevar la eficiencia térmica de la planta. Al no requerir un moderador de neutrones, permite la conversión eficiente del uranio y la fisión de los actínidos. Recicla el combustible nuclear para quemar residuos de larga duración, reduciendo de forma drástica el volumen y la radioactividad de los desechos finales (*21*).
- **Reactor supercrítico refrigerado por agua (SCWR)**. Es un reactor avanzado que utiliza agua a presión y temperatura muy elevadas. Funciona por encima del punto crítico del agua (más de 374 °C y 22,1 MPa), lo que elimina los cambios de fase tradicionales entre líquido y vapor. Aumenta la eficiencia térmica desde el 33 % de los reactores actuales hasta un 45 %, reduciendo costes de generación eléctrica. Usa un ciclo directo donde el fluido caliente proveniente del núcleo va directo a la turbina, sin necesidad de generadores de vapor secundarios. Al ser más compacto y usar tecnología basada en los actuales reactores de agua ligera, requiere menos componentes principales (*23*).

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

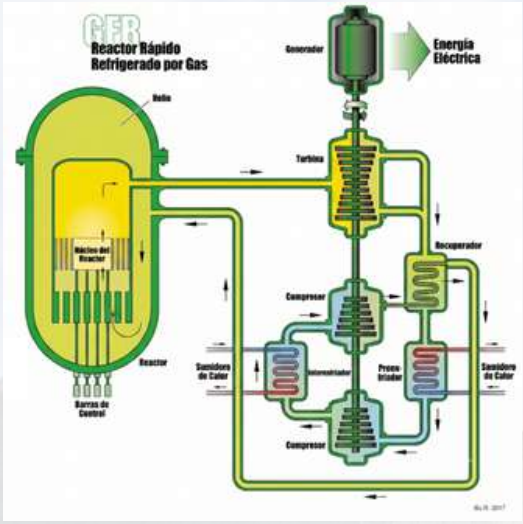


Figura 6: Reactor GFR *(22).*

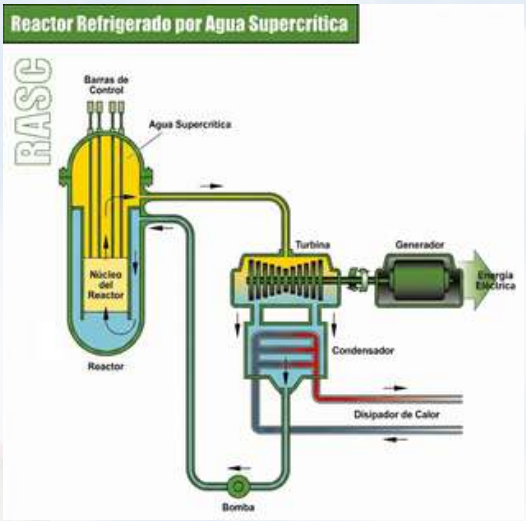


Figura 7: Reactor SCWR *(22).*

- **Reactores modulares SMR (Small Modular Reactor)**. Se considera que un reactor nuclear es pequeño cuando es capaz de suministrar una potencia eléctrica de unos 300 MW(e), frente a los habitualmente más de 1000 MW(e) de los reactores comerciales. Las principales ventajas de los SMR frente a los grandes reactores son sus mejoras en seguridad (necesitan menos componentes activos), fabricación en serie, abaratamiento de costes financieros y de construcción, eficiencia y escalabilidad (24). Los SMR no utilizan un único diseño; existen más de 80 conceptos en desarrollo clasificados por su refrigerante y combustible, siendo los más representativos los siguientes:

  1. *Reactores de Agua Ligera (LWR-SMR):* son versiones compactas de las centrales actuales. Son reactores avanzados que usan agua a presión y uranio de bajo enriquecimiento. Es la tecnología más madura. Un ejemplo es el modelo estadounidense NuScale.
  2. *Reactores de Alta Temperatura Refrigerados por Gas (HTGR):* son reactores avanzados que utilizan helio gas como refrigerante. Alcanzan más de 750 °C. Esto los hace ideales para proveer calor a la industria pesada y producir hidrógeno verde.
  3. *Reactores de Sales Fundidas (MSR):* son reactores que pueden ser avanzados si incluyen un moderador (como bloques de grafito) para ralentizar los neutrones o rápidos si no llevan moderador, lo que permite usar mejor el combustible y transformar los elementos transuránicos y actínidos de los residuos nucleares. Sustituyen el agua por sales líquidas mezcladas como refrigerante. Operan a baja presión, lo que elimina el riesgo de explosiones por vapor y fallos por alta presión.
  4. *Reactores de Sodio o Plomo (SFR/LFR):* Estos reactores, al igual que los de sales fundidas, puedes ser avanzados o rápidos si operan como moderador o no, respectivamente. Emplean metales líquidos como refrigerante. Los rápidos tienen la capacidad única de reutilizar o "quemar" el combustible nuclear ya gastado de reactores tradicionales.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

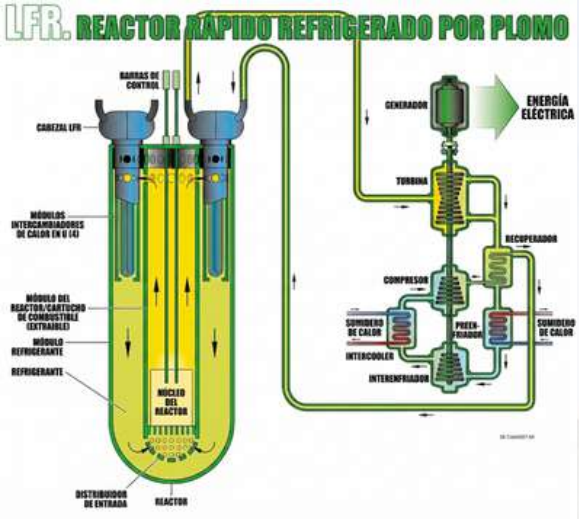


Figura 8: Reactor LFR *(22).*

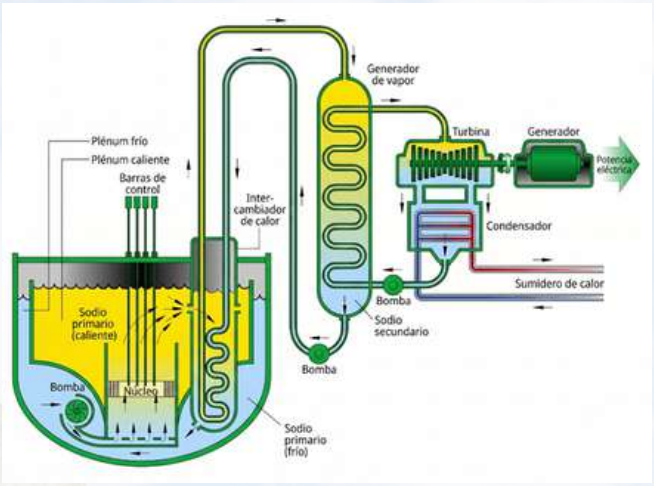


Figura 9: Reactor SFR *(22).*

A los reactores que utilizan gas (como helio), metales líquidos (como sodio o plomo) o sales fundidas en lugar de agua para el enfriamiento se les conoce también como **reactores avanzados AMR** (*Advanced Modular Reactors*), aunque si operan sin moderador pasan a ser reactores rápidos.

REFERENCIAS

(1) World Nuclear News. Record-breaking year for nuclear electricity generation, 1 September 2025. Imagen de World Nuclear Association (WNA) tomada del Power Reactor Information System (PRIS) de la International Atomic Energy Agency (IAEC).

(2) Foro nuclear. Newletters. Descubre la energía nuclear. Energía nuclear en el mundo. Datos a 31 de diciembre de 2022 / Fuente: PRIS-OIEA y Foro Nuclear.

(3) World Nuclear Association. Current and future generation. Plans For New Reactors Worldwide. 1 September 2026.

(4) Kenneth Jay Harwell, Calder Hall. The Story of Britain's first Atomic Power Station. Published by Methuen & Co.Ltd., (1956).

(5) William Edward Cummins and Regis Matzie. Design evolution of PWRs: Shippingport to generation III+. (2018). Progress in Nuclear Energy, 102, 9-37.

(6) Ronald Alle Knief (2008). Nuclear Engineering: Theory and Technology of Commercial Nuclear Power (2.ª ed., págs. 289-376). American Nuclear Society.

(7) Pressurized Water Reactor (PWR) nuclear power plant. (2016). Mines ParisTech.

(8) Seon-Gon Kim, Sanghwan Kim, Jophous Mugabi, and Jae-Ho Jeong. (2024) Review of the Regulatory Challenges and Opportunities for Maritime Small Modular Reactors in Republic of Korea. J. Mar. Sci. Eng. 12, 1978.

(9) CANDU reactor schematic

(10) Foro Nuclear. ¿Cuáles son los nuevos reactores del futuro? Newsletter. A Fondo, 07 de mayo de 2013.

(11) Nishimura, N., Nakai, H., Ross, M.A. (1999). Development of ABWR. Report number: IAEA-TECDOC-1117.

(12) Ivung, B., Graae, T. BWR 90+ - Nuclear power plant for 21st century Creators. (2000). Energia, 15(1), 36-38.

(13) IAEA TECDOC-1485. Status of Innovative Small and Medium Sized Reactor Designs 2005. 2006.

(14) Zoran V. Stosic, Werner Brettschuh, Uwe Stoll. (2008). Boiling water reactor with innovative safety concept: The Generation III+ SWR-1000. Nuclear Engineering and Design, 238(8), 1863-1901.

(15) José Covián, Ricardo Llovet (2005). Revista SNE (Sociedad Nuclear Española). El AP 1000 de Westinghouse: Técnicas y programa de construcción. Revista Nuclear España, núm. 255, 34-38.

REFERENCIAS

(16) Balendra Sutharshan, Meena Mutyala, Ronald P Vijuk and Alok Mishra. (2011). The AP1000 Reactor: Passive Safety and Modular Design. Energy Procedia 7, 293-302

(17) Davis, G.A., Allen, R.E., Fox, W.A. (1990). System 80+. Proceedings of the American Power Conference, 52, 860-867.

(18) Aeba, Y., Weiss, E.H. (1999). APWR - Mitsubishi, Japan/Westinghouse, USA.

(19) Fischer, U. (1996) The European pressurized water reactor (EPR). The next generation of nuclear power plants. 10th Pacific basin nuclear conference, proceedings, 1, 47-58.

(20) Fu Jian, Jiang Yingxue, Cheng Hongyong, Cheng Wei. (2014). Overview and Progress of High Temperature Reactor Pebble-Bed Module (HTR-PM) Demonstration Project. 7. International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology (HTR2014), Weihai (China).

(21) W. F. G. van Rooijen. (2009). Gas-Cooled Fast Reactors: A Historical Overview and Future Outlook. Science and Technology of Nuclear Installations, Article ID 965757.

(22) Román Lanfranco Zimmermann. Jóvenes nucleares. Reactores de Generación IV. 20 septiembre 2017.

(23) Pan Wu, Yanhao Ren, Min Feng, Jianqiang Shan, Yanping Huang, Wen Yang. (2022). A review of existing SuperCritical Water reactor concepts and their safety analysis. Progress in Nuclear Energy, 53, 104409.

(24) OECD Nuclear Energy Agency. (2025). The NEA Small Modular Reactor Dashboard: Third Edition. París: OECD Publishing.

QONECTA



QONECTA: UNA NUEVA FORMA DE ESTAR MÁS CERCA DE LOS ESTUDIANTES

Jorge Ayuso
Delegación de Estudiantes Química UCM

Con el comienzo del curso 2026-2027, la nueva Delegación de Estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas ha tenido la oportunidad de dar la bienvenida a los nuevos estudiantes en un acto que, además de servir como primera toma de contacto, permitió presentar **qué es la Delegación**, cuál es su función y, sobre todo, qué puede aportar a los estudiantes a lo largo de su paso por la Facultad.
El comienzo de la Universidad es una etapa llena de ilusión, pero también de muchas preguntas. Para los estudiantes de primero, especialmente, son habituales las dudas sobre cómo funciona la Facultad, a quién acudir cuando surge un problema, cómo se organizan las asignaturas, qué actividades se realizan o simplemente cómo desenvolverse durante las primeras semanas. Por ello, durante el acto quisimos dedicar una parte importante del encuentro a escuchar esas primeras inquietudes y a transmitirles algo que consideramos fundamental: que tienen a su disposición a otros estudiantes con los que pueden contar.

La Delegación de Estudiantes tiene precisamente esa función. Somos estudiantes que representamos a nuestros compañeros y que actuamos como enlace entre el alumnado y los diferentes órganos de la Facultad. Pero, más allá de la representación, queremos que la Delegación sea un espacio cercano, al que cualquier estudiante pueda acudir para plantear una duda, proponer una idea o trasladar algo que considere que puede mejorarse.
Para nosotros, la comunicación con los estudiantes es una parte esencial de nuestro trabajo y queremos que sea algo presente durante todo el curso, no únicamente cuando exista algún problema concreto.

Con esta idea surge **Qonecta**, una nueva iniciativa que estará presente periódicamente en el Boletín de Divulgación de la Facultad. A partir de este curso, los estudiantes podrán encontrar bajo este nombre diferentes contenidos elaborados por la Delegación. La intención es que **Qonecta** se convierta poco a poco en una referencia que los estudiantes reconozcan dentro del Boletín, de manera que, cuando vean este nombre, sepan que detrás de él estamos nosotros. Los contenidos serán variados. Podremos aprovechar este espacio para contar cómo se ha desarrollado una ***actividad organizada por la Delegación***, ***compartir información*** que pueda resultar de interés para los estudiantes o acercar diferentes ***aspectos de la vida universitaria***. También habrá espacio para la ***divulgación científica***, algo que consideramos especialmente importante en una Facultad como la nuestra. La Química está presente en numerosos ámbitos de nuestra vida y creemos que el Boletín puede ser un buen lugar para compartir contenidos que permitan descubrirla desde una perspectiva diferente a la que encontramos habitualmente en las aulas y los laboratorios.

QONECTA



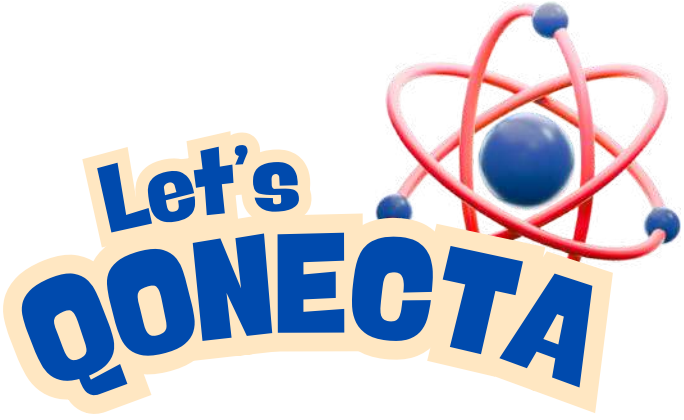
Pero ***Qonecta*** no pretende ser simplemente un apartado en el que la Delegación publique información. Queremos que sea también una forma de conocer mejor qué interesa a los estudiantes. El Boletín puede servir como punto de encuentro para **compartir iniciativas, experiencias y propuestas que nazcan del propio estudiantado**. Por eso, una de las ideas que queremos mantener durante este curso es que este espacio esté **abierto a las sugerencias** de todos los estudiantes. Al fin y al cabo, nadie conoce mejor las necesidades y los intereses del estudiantado que quienes forman parte de él.

La presentación de **Qonecta** durante el acto de bienvenida supone, por tanto, el comienzo de un proyecto que esperamos poder mantener durante todo el curso. La idea es realizar publicaciones de manera mensual o bimensual, dependiendo de las actividades y contenidos que vayamos desarrollando, y conseguir que esta nueva sección tenga una presencia continuada en el Boletín de Divulgación.

El acto de bienvenida fue también una buena oportunidad para comenzar este camino. Pudimos compartir un rato con los nuevos estudiantes, conocer algunas de sus primeras impresiones y resolver varias de las dudas que suelen aparecer cuando uno llega por primera vez a la Facultad. Más allá de la información que se pudo transmitir, creemos que lo más importante fue generar ese primer contacto y que los estudiantes pudieran poner cara a las personas que estarán detrás de la Delegación durante este curso.

Desde la nueva Delegación afrontamos este 2026-2027 con muchas ganas de trabajar y de poner en marcha nuevas iniciativas. Sabemos que todavía queda mucho por hacer y que serán los propios estudiantes quienes, con sus propuestas y participación, nos irán marcando el camino. **Qonecta** será una de las herramientas que utilizaremos para mantener ese contacto y para compartir con toda la Facultad una parte de lo que hacemos.

Esperamos que, a partir de ahora, cuando aparezca **Qonecta** en el Boletín, los estudiantes sepan que tienen detrás a su Delegación y que, al mismo tiempo, tienen también un espacio al que pueden aportar sus propias ideas. Este es solo el comienzo de una nueva forma de comunicarnos con el alumnado y de seguir construyendo, entre todos, la Facultad que queremos.



QONECTA

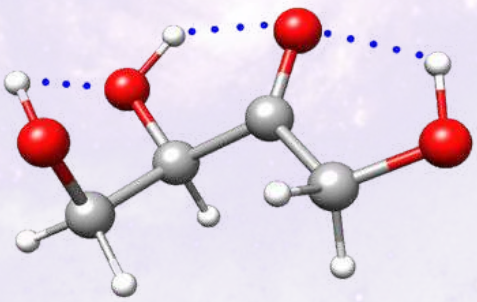


QONECTA CON EL ESPACIO
EL AZÚCAR QUE NACIÓ ENTRE LAS ESTRELLAS

Jorge Ayuso
Delegación de Estudiantes Química UCM

Cuando pensamos en el espacio, probablemente lo primero que nos viene a la cabeza son planetas, estrellas, galaxias o agujeros negros. Resulta más difícil imaginar que, en medio de todo ese vacío, también puede existir una química sorprendentemente compleja. Este verano, un equipo internacional de investigadores ha dado un nuevo paso en el estudio de esa química al detectar por primera vez una molécula de azúcar en el medio interestelar: la **eritrulosa**.

El descubrimiento, publicado en julio de 2026 en la revista ***Nature Astronomy***, puede parecer a primera vista una simple curiosidad astronómica, pero detrás de él hay mucha Química. La **eritrulosa** es un azúcar de cuatro átomos de carbono y pertenece al grupo de las cetosas. Su importancia va mucho más allá de su estructura: se trata de una molécula relacionada con procesos de química prebiótica, por lo que su presencia en el espacio puede aportar nuevas pistas sobre cómo pudieron aparecer algunos de los componentes necesarios para el desarrollo de la vida.



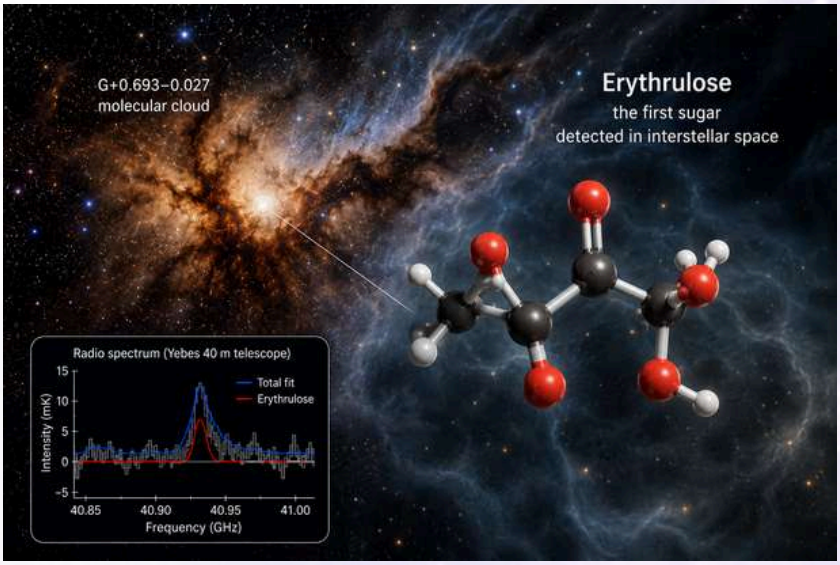
Eritrulosa

Una fábrica química a miles de años luz

La molécula fue identificada en una nube molecular denominada **G+0.693−0.027**, situada en la región central de nuestra galaxia, a unos 8.200 años luz de la Tierra. Estas nubes están formadas principalmente por gas y polvo y pueden parecer lugares extremadamente inhóspitos. Sin embargo, contienen una gran variedad de moléculas que pueden reaccionar, transformarse y acumularse durante largos periodos de tiempo.

De hecho, el medio interestelar se ha convertido en un auténtico laboratorio para los químicos. En él se han identificado ya cientos de especies moleculares diferentes, algunas de ellas relacionadas directamente con la química que precedió a la aparición de la vida. Lo sorprendente del nuevo descubrimiento es que, hasta ahora, nunca se había detectado un azúcar en el medio interestelar. La eritrulosa se convierte así en el primer azúcar identificado directamente en este entorno.

QONECTA



Eritrulosa en la nube molecular G+0.693−0.027.
CREDIT: Wikimedia / CC BY-SA 4.0

Para encontrarla no se tomó una muestra de la nube, algo evidentemente imposible con los medios actuales. En su lugar, los investigadores utilizaron una de las herramientas fundamentales de la astroquímica: la **espectroscopía**. Cada molécula presenta un conjunto característico de transiciones espectroscópicas que actúa, en cierto modo, como una huella dactilar. Cuando una molécula se encuentra en el espacio, puede emitir o absorber radiación a determinadas frecuencias. Analizando esas señales es posible determinar qué especies químicas están presentes a enormes distancias.

En este caso, los investigadores realizaron observaciones extremadamente sensibles utilizando el radiotelescopio de 40 metros de Yebes, en Guadalajara, y el radiotelescopio de 30 metros de IRAM, situado en Granada. A partir de las señales recogidas se identificaron diferentes transiciones que coincidían con las esperadas para la eritrulosa, permitiendo confirmar su presencia en la nube molecular.



Radiotelescopio ARIES XXI en el Centro Astronómico de Yebes.



Radiotelescopio del IRAM, Granada. Wikimediacommons.

QONECTA



¿Cómo puede formarse un azúcar en el espacio?

Aquí es donde la historia se vuelve especialmente interesante desde el punto de vista químico. La eritrulosa no necesita necesariamente un planeta, agua líquida o seres vivos para formarse. Los modelos desarrollados por los investigadores indican que puede producirse sobre la superficie de los granos de polvo interestelar a partir de moléculas orgánicas más sencillas, entre ellas **aldehídos y alcoholes de dos átomos de carbono**.

En otras palabras, las condiciones del espacio pueden permitir que moléculas relativamente simples se vayan combinando y dando lugar a estructuras progresivamente más complejas. En los granos de polvo, las moléculas pueden quedar atrapadas y encontrarse unas con otras, favoreciendo determinadas reacciones químicas. Posteriormente, procesos físicos como la radiación o los choques pueden liberar parte de estas moléculas al gas que rodea la nube.

Esto resulta especialmente interesante porque demuestra que la formación de moléculas orgánicas complejas no tiene por qué depender exclusivamente de las condiciones existentes en la Tierra. Parte de la química necesaria para generar compuestos relacionados con la vida podría haber comenzado mucho antes de que nuestro planeta se formara.

¿Y qué tiene que ver todo esto con el origen de la vida?

Los azúcares tienen un papel fundamental en la biología. Algunos participan en el metabolismo y otros forman parte de moléculas esenciales como los ácidos nucleicos. La **ribosa**, por ejemplo, constituye el esqueleto de los nucleótidos del ARN. Por ello, conocer cómo pudieron formarse los primeros azúcares en la Tierra es una de las preguntas que se plantea la **química prebiótica**.

El problema es que reproducir determinadas rutas de formación de azúcares en condiciones que podrían haber existido en la Tierra primitiva no siempre resulta sencillo. La detección de eritrulosa en el espacio abre una posibilidad interesante: quizá algunas de estas moléculas pudieron formarse antes incluso de que existiera nuestro planeta y llegar posteriormente a los cuerpos que dieron lugar al Sistema Solar. Los investigadores señalan que la eritrulosa podría haber contribuido al inventario de azúcares disponible para procesos prebióticos.

Esto no significa que se haya encontrado vida en el espacio, ni mucho menos. La presencia de una molécula orgánica no demuestra que exista vida allí. Lo que demuestra es algo diferente y, desde el punto de vista químico, muy interesante: que algunas moléculas relacionadas con la vida pueden formarse de manera **abiótica**, es decir, sin la intervención de organismos vivos.

QONECTA



Además, la eritrulosa presenta una característica que resulta especialmente interesante para la química: es una **molécula quiral**. Su detección demuestra que incluso especies moleculares relativamente complejas pueden formarse y permanecer en las condiciones del medio interestelar. Esto amplía nuestra visión sobre hasta dónde puede llegar la complejidad química fuera de la Tierra.

La Química también está entre las estrellas

Quizá una de las ideas más interesantes que deja este descubrimiento es que la Química no termina cuando salimos de nuestro planeta. Las mismas leyes que estudiamos en las aulas y en los laboratorios son las que permiten explicar cómo se forman moléculas a miles de años luz.

Un espectro obtenido con un radiotelescopio puede terminar revelando la presencia de una molécula que, en principio, solo conocemos por nuestro trabajo en el laboratorio. Una reacción que estudiamos en Química Orgánica puede tener lugar sobre un diminuto grano de polvo en una nube interestelar. Y una molécula que asociamos normalmente con los seres vivos puede encontrarse flotando en una región de nuestra galaxia donde todavía no existe ningún planeta como la Tierra.

El descubrimiento de la eritrulosa nos recuerda precisamente eso: que **la Química está en todas partes**. Está en nuestros laboratorios, en los alimentos que consumimos, en las células de nuestro organismo y también en las enormes nubes de gas que se encuentran entre las estrellas. Y quizá una de las mejores formas de entender cómo comenzó la vida sea, precisamente, seguir la pista de esas moléculas mucho antes de que la vida existiera.

Este verano, mientras muchos mirábamos al cielo simplemente para contemplar las estrellas o el eclipse solar total/parcial, los químicos y astrónomos tenían una razón más para hacerlo: **allí arriba también había química que descubrir**.

SABER MÁS

Jiménez-Serra, I., García de la Concepción, J., Cuppen, H.M. et al. Detection of a four-carbon sugar in interstellar space. Nat. Astron. (2026).

QONECTA





QONECTA CON LA FÓRMULA 1

Jorge Ayuso
Delegación de Estudiantes Química UCM



La química que dejó huella en el asfalto de Madrid

Este domingo, 13 de septiembre de 2026, Madrid ha vivido una jornada histórica con la celebración del **Gran Premio de España de Fórmula 1** en el nuevo circuito del ***Madring***. La llegada de la máxima categoría del automovilismo a la capital, más de cuatro décadas después de su última carrera en Madrid, ha convertido este fin de semana en uno de los grandes acontecimientos deportivos del año. Sin embargo, detrás de la velocidad de los monoplazas, de las estrategias y de las paradas en boxes hay algo que muchas veces pasa desapercibido: una enorme cantidad de Química.

Uno de los grandes protagonistas del estreno del *Madring* ha sido, precisamente, algo aparentemente tan sencillo como **un neumático**. Durante los primeros entrenamientos, equipos y pilotos comprobaron que la gestión de las ruedas podía ser mucho más complicada de lo esperado. La degradación, el agarre y la aparición de ***graining*** (desgaste en forma de grano, típico de los neumáticos al finalizar la carrera) fueron algunos de los temas que más preocuparon durante el fin de semana.

Pero ¿qué tiene que ver todo esto con la Química? La respuesta es sencilla: prácticamente todo.

Un neumático es mucho más que caucho

Cuando vemos un monoplaza de Fórmula 1 pasar a más de 300 kilómetros por hora, es fácil pensar que los neumáticos son simplemente una pieza de caucho que conecta el coche con el asfalto. En realidad, son uno de los materiales más complejos del vehículo y el resultado de años de investigación en ciencia de materiales, polímeros y química.

El **caucho** de un neumático moderno está formado por una compleja mezcla de diferentes materiales. Entre ellos se encuentran polímeros naturales y sintéticos, negro de carbono, sílice, aceites, resinas y otros compuestos que permiten modificar sus propiedades. La proporción de cada uno de estos componentes es fundamental para conseguir el equilibrio adecuado entre agarre, resistencia, durabilidad y comportamiento térmico.

Y ahí aparece uno de los grandes retos de la Fórmula 1: **conseguir que un neumático se agarre al máximo al asfalto sin desgastarse demasiado rápido**.

QONECTA



Puede parecer una contradicción, pero en realidad no lo es. Cuanto mayor es la interacción entre el neumático y el asfalto, mayor puede ser el agarre. Sin embargo, esa misma interacción supone una mayor pérdida de material y un aumento de la temperatura. Por eso, encontrar el equilibrio adecuado es uno de los mayores desafíos para los ingenieros.

En el caso del *Madring*, Pirelli llevó los **compuestos C2, C3 y C4**, correspondientes a las opciones dura, media y blanda. La elección de estos neumáticos no es casual. Antes incluso de que los coches llegasen al circuito, los ingenieros ya habían estudiado mediante simulaciones las cargas a las que estarían sometidas las ruedas en cada una de las curvas.



Neumáticos C2 (duro), C3 (medio) y C4 (blando) de Pirelli.

Cuando la Química se encuentra con el asfalto

El nuevo circuito de Madrid ha supuesto un desafío adicional porque se trata de una pista completamente nueva. Cuando un circuito se estrena, equipos y fabricantes cuentan con menos información real sobre el comportamiento del asfalto, el agarre y la evolución de la pista durante el fin de semana.

El **asfalto** no es simplemente una superficie negra sobre la que circulan los coches. Su composición y estructura tienen una enorme influencia sobre el comportamiento de los neumáticos. Factores como la rugosidad, el tamaño del grano del alquitrán, la presencia de polvo o residuos y la temperatura modifican la interacción entre la goma y la pista.

En Madrid, el asfalto del nuevo circuito presentaba una superficie especialmente lisa y un nivel de agarre inicial relativamente bajo. Por este motivo, fue necesario estudiar tanto su macrorrugosidad como su microrrugosidad para conocer mejor cómo podían responder los neumáticos.

La diferencia es importante. La **macrorrugosidad** está relacionada con las irregularidades más grandes de la superficie, mientras que la **microrrugosidad** tiene que ver con características mucho más pequeñas. Ambas influyen en la manera en la que el caucho entra en contacto con el asfalto.

QONECTA



Cuando un neumático gira a gran velocidad, su superficie no permanece completamente rígida. El material se deforma continuamente al entrar en contacto con el suelo. Esa deformación genera energía en forma de calor y modifica las propiedades del neumático.

Por eso, la **temperatura** es uno de los parámetros más importantes durante una carrera. Un neumático demasiado frío no ofrece el agarre adecuado. Pero uno demasiado caliente también puede perder rendimiento y degradarse rápidamente. La famosa "***ventana de funcionamiento***" de los neumáticos no es otra cosa que un intervalo de condiciones en el que las propiedades físicas y químicas del compuesto permiten obtener el mejor rendimiento posible.

El misterio de las pequeñas bolitas de goma

Uno de los fenómenos que se observó durante los primeros entrenamientos en Madrid fue el conocido como ***graining***. Seguramente muchos aficionados a la Fórmula 1 han escuchado este término durante las retransmisiones, pero detrás de él también hay una explicación muy relacionada con la ciencia de materiales.

El *graining* aparece cuando pequeñas porciones de goma se desprenden parcialmente de la superficie del neumático y vuelven a adherirse a ella. Esto provoca la aparición de pequeñas irregularidades o acumulaciones de material que reducen la superficie efectiva de contacto con el asfalto. Como consecuencia, el agarre disminuye y el piloto puede tener la sensación de que el coche comienza a deslizarse más de lo normal.

Este fenómeno depende de numerosos factores: la temperatura del neumático, el tipo de compuesto, la energía transmitida en las curvas, el estado del asfalto o incluso el estilo de conducción del piloto. Una frenada demasiado agresiva, una aceleración brusca o una curva tomada con una determinada trayectoria pueden modificar la forma en la que la goma se desgasta. Por eso, cuando un piloto habla de "***cuidar los neumáticos***", en realidad está controlando un sistema químico y físico extremadamente complejo.



Graining. Carengine

QONECTA



La Monumental. Una curva para poner a prueba los materiales

El *Madring* cuenta además con una curva especialmente llamativa: **La Monumental**. Su gran peralte y longitud la convierten en uno de los puntos más exigentes del circuito para los neumáticos. En una curva convencional, los neumáticos deben soportar importantes fuerzas laterales. Sin embargo, cuando se añade un elevado peralte, las cargas que recibe el neumático pueden aumentar considerablemente. La estructura interna de la rueda debe soportar deformaciones continuas mientras la superficie de goma mantiene el contacto con el asfalto.

Según los estudios realizados antes del Gran Premio, La Monumental es la curva que genera la mayor carga vertical sobre los neumáticos de toda la temporada de Fórmula 1. Esto demuestra algo especialmente interesante: en la Fórmula 1 no basta con diseñar un coche rápido. Cada componente debe ser capaz de resistir unas condiciones extremas durante toda la carrera. Los materiales utilizados en los neumáticos deben responder a cambios de temperatura, fuerzas mecánicas, fricción y deformaciones continuas sin perder sus propiedades de forma repentina. Es, en cierto modo, un experimento de ciencia de materiales realizado a más de 300 kilómetros por hora.



Curva La Monumental

De Madring al laboratorio

La celebración del Gran Premio de Madrid nos deja una buena oportunidad para recordar hasta qué punto la Química está presente en el deporte y en la tecnología que utilizamos cada día.

Detrás de una carrera de Fórmula 1 encontramos polímeros, compuestos de carbono, materiales compuestos, lubricantes, combustibles, aleaciones metálicas y una enorme cantidad de procesos químicos. Cada mejora de unas milésimas de segundo puede depender de la composición de un material o de la forma en la que este responde a una determinada temperatura.

QONECTA



Los neumáticos son probablemente uno de los mejores ejemplos. Son el único punto de contacto entre el monoplaza y el suelo y, al mismo tiempo, uno de los componentes que más condicionan el resultado de una carrera. Una estrategia puede cambiar por completo debido a la degradación de la goma. Un piloto puede perder rendimiento por no conseguir mantener los neumáticos en su intervalo óptimo de temperatura. Y un nuevo circuito, como el Madring, puede obligar a los equipos a replantearse todo lo que creían saber sobre el comportamiento de sus coches.

El fin de semana del 13 de septiembre, Madrid ha sido protagonista por la llegada de la Fórmula 1. Pero también ha sido escenario de algo que nos resulta especialmente interesante desde la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Complutense de Madrid: **un auténtico laboratorio a gran escala**.

Porque, aunque desde la grada veamos adelantamientos, frenadas y coches pasando a toda velocidad, debajo de cada monoplaza está ocurriendo algo más. Hay moléculas, polímeros y materiales respondiendo en tiempo real a condiciones extremas. Hay ingenieros analizando datos sobre temperaturas y desgaste. Y hay mucha Química intentando responder a una pregunta que puede decidir una carrera: ¿***cuánto puede exigirse a un material antes de que empiece a cambiar***?

Quizá esa sea una de las cosas más interesantes de la Fórmula 1. Que detrás de cada décima de segundo no solo hay un piloto y un coche. También hay años de investigación, ciencia y, por supuesto, mucha Química.

LIBROS DE DIVULGACIÓN

"DE SATURNO A LA LOCURA"

CIENCIA EN EL MUSEO DEL PRADO

Álvaro Martínez Camarena

Ed. Menoscuarto



En nuestros encuentros "**La Química que se lee**" (**Boletín 35**) tuvimos el placer de contar con la presencia de Álvaro Martínez Camarena, que nos presentó su libro "*Historia de los metales que cambiaron el mundo*". Hoy traemos a estas páginas su última publicación, "***De Saturno a la locura***", en el que vuelve a adentrarse en la divulgación de la ciencia pero esta vez relacionándola con una disciplina totalmente (o eso parece) alejada de ella, el arte. En esta ocasión, Álvaro toma como base un lugar, el Museo del Prado, pero nos lleva de viaje por la historia, el arte y la ciencia analizando algunas obras que se pueden disfrutar en las salas de nuestro museo más emblemático. Así, tomando como ejemplo obras como "*Fiesta y comida de aldeanos*" (D. Teniers, 1637), "*Saturno devorando a un hijo*" (P.P. Rubens, 1636-16368), "*La extracción de la piedra de la locura*" (El Bosco, 1501-1505) y "*Felipe II*" (S. Angissola, 1573), nos adentramos en temas científicos relacionados con la psicología y la neurociencia, la astronomía, la medicina y la química de los pigmentos. Todo ello, sin dejar de contextualizar la etapa histórica en la que se realizó cada obra y hablando de los avances científicos relacionado con estas disciplinas. Y es que el objetivo de Álvaro es enseñarnos a mirar de otra manera estos cuadros, y otros, cuando visitemos de nuevo el M. del Prado, y de mostrarnos cómo la ciencia y el arte están relacionados de una forma muy íntima, invitándonos a desechar esa idea de las dos culturas, la humanística y la científica, y de que transcurren de forma paralela sin interconexión alguna. Una estupenda obra con el añadido de disfrutar de su elegante y cuidada escritura.

Belén Yélamos

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN

JORNADA SOBRE "TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y ECONOMÍA CIRCULAR



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



CONFERENCIANTES



Vicente Cortés Galeano

Cofundador y Presidente de Honor de INERCO, multinacional tecnológica y de ingeniería española, fundada en 1984, especializada en desarrollo industrial sostenible, sostenibilidad ambiental y energética (descarbonización, hidrógeno renovable) y seguridad industrial y laboral.

Catedrático de la Escuela de Ingenieros de Sevilla con una amplia trayectoria como docente e investigador, con una incansable labor en la formación de las nuevas generaciones de ingenieros. Experto de la Comisión Europea en captura de CO_2, Vicepresidente de la Plataforma Española del CO_2 y Miembro del Consejo Asesor de Carbon Management Europe. Es Premio Nacional de Ingeniería Industrial en la categoría de "Trayectoria Profesional" del Consejo de Colegios de Ingenieros Industriales de España por sus importantes aportaciones a la ingeniería, así como por su labor haciendo llegar el trabajo de campo a los nuevos profesional



Teresa Rasero Guerrero

Presidenta de la Federación Empresarial de la Industria Química Española (Feique) desde octubre de 2022 y presidenta de Air Liquide España y Air Liquide Portugal. Es Licenciada en Ingeniería Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, cuenta con un Executive MBA por el Instituto de Empresa y PADE por el IESE.

Comenzó su carrera profesional en el Instituto Madrileño de Desarrollo de la Comunidad de Madrid (IMADE), trabajando posteriormente para Gas Natural. Se unió al Grupo Air Liquide en 1996 ocupando diversos puestos de creciente responsabilidad en distintas áreas de la compañía y participando en numerosos proyectos internacionales. Desde junio de 2016 desempeña las funciones de presidenta. Actualmente preside la Comisión de Industria y Transición Ecológica de CEOE y forma parte del Consejo Asesor del Colegio de Ingenieros Industriales de Madrid. Asimismo, ha sido presidenta de la Asociación de Empresas con Gran Consumo de Energía (AEGE) de 2017 a 2021 y es ponente habitual en numerosos congresos y eventos relacionados con la industria, la energía y la descarbonización.



David P. Serrano Granados

Director del Instituto IMDEA Energía desde su fundación en 2007 y Catedrático de Ingeniería Química en la Universidad Rey Juan Carlos. Desde 2024 es académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de España con adscripción a la Sección de Ciencias Físicas y Químicas y responsable del área "Transición energética y economía circular".

Ha llevado al Instituto IMDEA Energía a conseguir las prestigiosas acreditaciones como Unidad de Excelencia María de Maeztu (2020) y Centro de Excelencia Severo Ochoa (2026), que otorga el Ministerio de Ciencia e Innovación. Tiene una dilatada carrera científica habiendo obtenido una prestigiosa "ERC Advanced Grant". En el año 2023 fue galardonado con el Premio de Investigación de la Comunidad de Madrid "Miguel Catalán" en reconocimiento a sus logros científicos, su contribución a la formación de investigadores y creación de escuela y la repercusión nacional e internacional de sus trabajos durante toda su trayectoria profesional.

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN

ENTREGA DE PREMIOS DE LA RSEQ-STMAD

El pasado 11 de septiembre, la RSEQ-STMad celebró su asamblea general donde entregó sus premios en diferntes modalidades. Profesores e investigadores de la Facultad de Ciencias Químicas recibieron alguno de ellos:

- El profesor del Dpto. de Química Inorgánica, **Santiago Herrero**, recibió el Premio a la Innovación Docente. Presentó su proyecto ***I.amAble: la química al alcance de toda la sociedad***, un proyecto de innovación se persigue mejorar la calidad de la formación de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Químicas mediante la preparación de unos experimentos prácticos para llevarlas a cabo en centros educativos no universitarios con personas con diversidad funcional desde una perspectiva inclusiva.



- Las investigadoras **Isabel Coloma y Lucía López**, de los Dptos. de Química Inorgánica y Química Orgánica, recibieron los accésits al Premio a la Mejor Tesis Doctoral.

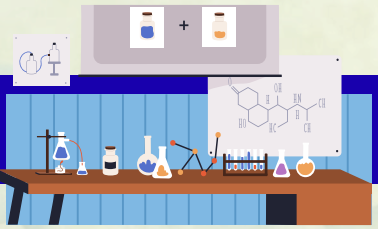






- **Ana Sánchez Grande,** del Dpto. de Química Orgánica, recibió un distinción como Investigadora Emergente.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD

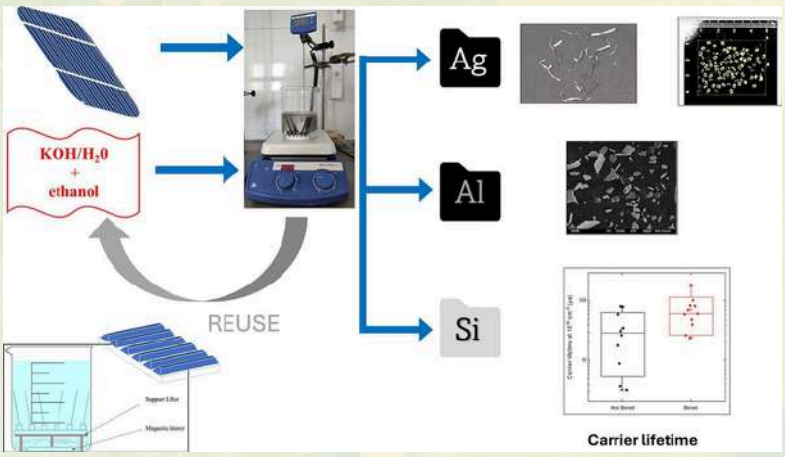


Resource-efficient demetallization of silicon solar cells by alkaline etching: Silver recovery and solution reutilization

Juan Manuel López, Alejandra Vázquez-Adán, Eduardo Díez, Nerea Dasilva Villanueva, Luis Jaime Caballero, David Fuertes Marróon, Carlos del Cañizo**, Araceli Rodríguez**

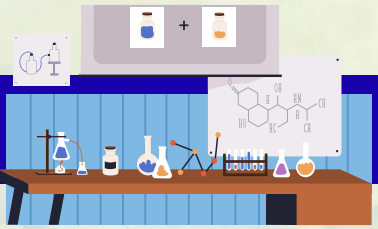
En el contexto actual de transición energética, el despliegue de la energía solar fotovoltaica resulta indispensable para alcanzar la neutralidad en carbono. Sin embargo, la creciente generación de residuos procedentes tanto de paneles al final de su vida útil como de células descartadas durante su fabricación plantean un reto clave para la sostenibilidad de esta tecnología. En este trabajo –fruto de una colaboración entre miembros del Grupo de Catálisis y Procesos de Separación del Departamento de Ingeniería Química y de Materiales de la Universidad Complutense de Madrid y el grupo de Silicio y Nuevos Conceptos para Células Solares del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid– se evalúa y optimiza una vía hidrometalúrgica eficiente para recuperar metales valiosos (principalmente plata y aluminio) a la vez que se preservan los sustratos de silicio.

El estudio analiza la desmetalización, mediante decapado alcalino empleando soluciones acuosas de KOH con adición de etanol como surfactante y control de agitación, de células de distintas tecnologías. En células de tecnología convencional Al-BSF, un tratamiento con un 35 % de KOH y un 5 % de etanol permite desprender completamente los contactos metálicos sin disolver en exceso el silicio base. Es especialmente relevante el hecho de que la solución alcalina puede ser reutilizada hasta en tres ciclos consecutivos antes de que se produzca la precipitación de sílice, lo que reduce notablemente el consumo de reactivos y la huella ambiental del proceso. La gran diferencia de tamaño entre los contactos desprendidos de plata y aluminio facilita su separación física mediante tamizado, alcanzándose una recuperación del 75 % de plata pura. Por otro lado, las medidas de tiempo de vida de portadores en los sustratos de silicio recuperados confirman que mantienen la calidad optoelectrónica adecuada para su posterior revalorización. Posteriormente, el método se extendió a células bifaciales de tecnología PERC. Aunque en este caso una solución más suave (25 % KOH + 5 % etanol) permite desmetalizar con éxito la superficie de las células, la escasa diferencia de tamaño de partícula entre los contactos a plata y aluminio dificulta su separación mecánica mediante tamizado, subrayando que la morfología y arquitectura de la metalización son factores determinantes en el reciclado físico. Frente a la lixiviación ácida convencional –que requiere etapas adicionales de precipitación de la plata en solución–, la ruta alcalina optimizada se consolida como una alternativa física y químicamente más sostenible para la economía circular en la industria fotovoltaica.



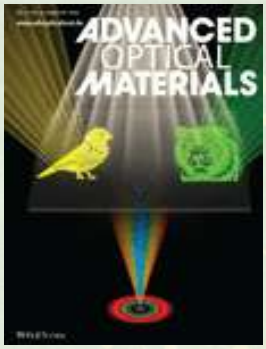
Hydrometallurgy (2026)
https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2026.106824

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Understanding the Effects of Twisted Accepting Units on Photoconductivity in Covalent Organic Frameworks

Marta Gordo-Lozano, Marcos Martínez-Fernández, Rajendra Prasad Paitandi**,** **Beatriz Carricondo,** José I. Martínez**, José L. Segura,** Shu Seki

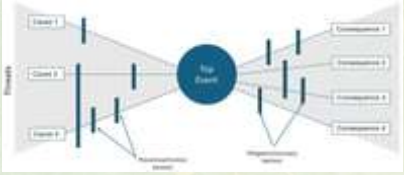


Adv. Opt. Mat. (2026)
https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adom.71598

La fotoconductividad de las heterouniones en masa ordenadas de tipo donante-aceptor (D-A) es fundamental para el desarrollo de semiconductores orgánicos avanzados. Partiendo de nuestro trabajo previo sobre COF de tipo D-A que incorporaban dos aceptores planos diferentes, sintetizamos una serie de COF de tipo D-A-A' NIAX % sustituyendo el aceptor original de naftalenimida plana por una variante de naftalenimidina (A') menos plana y con mayor capacidad de extracción de electrones. Los COF se caracterizaron mediante difracción de rayos X en polvo, adsorción de N_2, microscopía electrónica y métodos computacionales, lo que reveló que la síntesis multicomponente permite ajustar sistemáticamente las propiedades al tiempo que se mantienen la cristalinidad y la porosidad. Las mediciones de fotoconductividad de las muestras sin tratar, que disminuyen ligeramente de forma progresiva al aumentar el contenido de 8,11-dibromo-2-(2-etilhexil)benzo[lmn]benzo[4,5]imidazo[2,1-b][3,8]fenantrolina-1,3,6(2H)-triona (NIATP), se correlacionan con cambios menores en la distancia entre capas. El dopaje con I_2 confirmó que la conducción de huecos es la vía dominante, lo que indica que la reducción de la fotoconductividad de los materiales dopados se debe principalmente a la disminución de la fuerza donante de la 4,4',4'',4'''-(pireno-1,3,6,8-tetrailo)tetraanilina (TPAP) y a la geometría retorcida del NIATP, que reduce la eficiencia del apilamiento π-π.

Development of Maximum-Vulnerability Diagrams for Barrier-Based Safety Systems: Quantifying and Visualizing Operational Risk Exposure

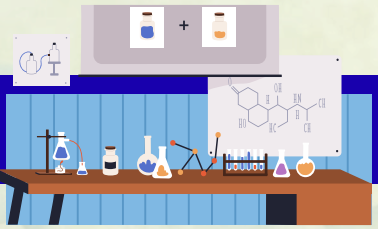
Numa Pompilio Torres Moneo, Anselmo César Soto Pérez, Ricardo Díaz Martín**,** **Francisco Javier Pérez Trujillo**



Appl. Sci. (2026)
https://doi.org/10.3390/app16178834

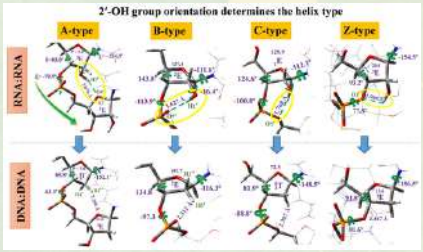
Los sistemas de seguridad basados en barreras son fundamentales para prevenir accidentes en operaciones industriales de alto riesgo. Sin embargo, los marcos tradicionales de identificación de peligros (HAZID) y de evaluación de riesgos agrupan las medidas de seguridad a un nivel macro de peligro, lo que crea un punto ciego sistémico que oculta las vulnerabilidades específicas de cada amenaza y los puntos únicos de fallo. Para subsanar esta carencia, el presente estudio desarrolla los «Diagramas de Vulnerabilidad Máxima» (MVD), un enfoque de modelización basado en redes que mapea y cuantifica las rutas entre amenazas y barreras utilizando álgebra matricial y probabilidad condicional. Validados en casos empíricos de trabajos en altura (H-06.01) y de operaciones con maquinaria rotativa pesada (H-08.01) en la industria de la extracción de petróleo, los MVD logran aislar vías de alta criticidad y sin redundancia. Establecemos matemáticamente que las defensas multiplexadas requieren una eficiencia individual objetivo de $\eta \geq 95$ % para suprimir de forma fiable la probabilidad de fallo del sistema por debajo de un umbral operativo estricto del 5%. Los resultados demuestran que el volumen agregado de medidas de protección es un indicador de seguridad engañoso, y que la resiliencia sistémica depende íntegramente de la arquitectura de la red. Este marco traslada la gestión del riesgo de una verificación pasiva del cumplimiento a una gestión predictiva de las barreras basada en las amenazas, ofreciendo una metodología aplicable para optimizar los recursos de seguridad antes de que se produzcan accidentes.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



New WC-Type DNA/RNA Microhelices Determined by a DFT Study with the Comparison of Their Structural Geometric Parameters and Their Intra-/Intermolecular H-Bonds

M. Alcolea Palafox, J. Isasi



DNA (2026)
https://doi.org/10.3390/dna6030034

El cálculo del ADN es un campo de creciente interés, centrado principalmente en el estudio de sus componentes individuales; sin embargo, algunos autores han ido más allá analizando microhélices estándar con métodos DFT. Dado que estos estudios no tuvieron en cuenta que, a nivel atómico, también son estables otras posibles hélices de ADN y ARN con disposición de tipo WC, este es el objetivo principal del presente trabajo. Por lo tanto, se optimizaron cuarenta microhélices en un modelo sencillo con tres pares de bases WC compuestos por nucleósidos, utilizando el método DFT M06-2X. Basándose en la disposición espacial del enlace de hidrógeno intramolecular con el grupo 2′-OH, se obtuvieron cinco tipos de microhélices dobles ARN:ARN; mediante esta disposición, se relacionaron con las correspondientes microhélices ADN:ADN. Además de las microhélice de tipo A y de tipo B, se encontraron dos nuevos tipos, denominados convenientemente de tipo B1 y de tipo C. Se compararon y analizaron en detalle los parámetros geométricos estructurales de todas estas microhélice optimizadas en estado aislado. Se determinaron las energías de interacción totales, corregidas por contrapeso, en estas microhelices. También se optimizaron microhelices de ARN con diferentes tipos de disposiciones de enlaces de hidrógeno intramoleculares en las que participaba el grupo 2′-OH de cada cadena simple, así como sus correspondientes hélices de ADN con la misma disposición espacial. También se analizaron diferentes microhélices híbridas de ADN:ARN, y se compararon sus parámetros geométricos estructurales con los de otras microhélices. La identificación y caracterización detallada, por primera vez, de diez formas geométricas espaciales estables principales con diferentes ángulos de torsión exocíclicos y endocíclicos. También se establecieron varias relaciones entre los parámetros geométricos estructurales de estas microhélices. Aunque los nuevos tipos de hélices de ADN/ARN que contienen pares WC obtenidos teóricamente no se han encontrado en hélices biológicas, podrían sintetizarse y abrirían la posibilidad de utilizarlos para otros fines.

Orthogonal Triple-Click Synthesis of Heteromimetic Triglycosylated Fullerenes

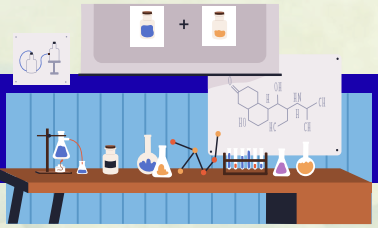
Gema Nieto-Ortiz, Jennifer Patino-Alonso, Natalia Honrubia-Rodríguez, Nazario Martín, M. Ángeles Herranz, Beatriz M. Illescas



Org. Lett. (2026)
https://doi.org/10.1021/acs.orglett.6c02245

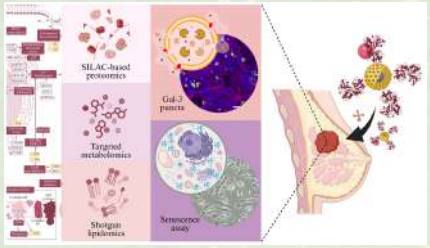
Las glicoarquitecturas heteromultivalentes bien definidas siguen siendo objetivos sintéticos que plantean un reto. En este trabajo presentamos una plataforma de aductos hexakis de [60]fullereno diseñada para sufrir tres reacciones «click» ortogonalmente direccionables, lo que permite la conjugación controlada de tres carbohidratos distintos dentro de una única nanoestructura. El enfoque combina el acoplamiento tiol-maleimida con dos transformaciones CuAAC secuenciales utilizando grupos alquino protegidos y no protegidos, y admite tanto la funcionalización por etapas como secuencias de reacción en un solo paso. Los experimentos de RMN y DOSY confirmaron la integridad y la homogeneidad de los glicofullerenos con triple funcionalización resultantes.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Systems-Level Multi-Omics Analysis Resolves the Mechanism of Action of a Novel Multifunctional Nanosystem Against Triple-Negative Breast Cancer

María Pilar Buendia-Nacarino, Dominik Bulfon, Nikola Tom, Mikkel Rohde, Mesut Bilgin, Marja Jäättelä, **María Luz Mena, Roberto Álvarez-Fernández García, Jose L. Luque-García**

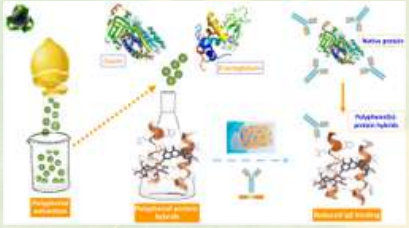


Pharmaceutics (2026)
https://doi.org/10.3390/pharmaceutics18080919

El cáncer de mama triple negativo sigue siendo un importante reto terapéutico debido a su comportamiento agresivo y a las limitadas opciones de tratamiento. En este estudio se aplicó una estrategia multiómica integrada que combinaba proteómica cuantitativa basada en SILAC, lipidómica de tipo «shotgun» y metabolómica dirigida para caracterizar la respuesta biomolecular de las células MDA-MB-231 tras la exposición al nanosistema Ag@MSN-Tf-SeNPs. Las plataformas analíticas complementarias proporcionaron una visión exhaustiva y a nivel de sistema de los efectos citotóxicos inducidos por el nanosistema, lo que pone de relieve su potencial como enfoque nanoterapéutico antitumoral. La exposición provocó una reducción del crecimiento celular y del potencial metastásico, asociada a una detención del ciclo celular inducida por daños en el ADN, a la alteración de la biosíntesis de proteínas y a un deterioro del control de calidad de las proteínas vinculado a un desequilibrio en la homeostasis del Ca2+. Además, se observaron alteraciones significativas en el metabolismo lipídico, incluida la alteración de la biosíntesis del colesterol. Estos cambios, junto con alteraciones en la glucólisis y el ciclo del ácido tricarboxílico, así como en el equilibrio NAD+/NADH, indican la inducción de estrés oxidativo impulsado por la acumulación de especies reactivas de oxígeno. Además, la integración de datos multiómicos reveló la activación de mecanismos compensatorios destinados a restablecer la homeostasis celular, entre los que se incluyen la reorganización metabólica y las vías de respuesta al estrés, aunque estas respuestas resultaron insuficientes para contrarrestar la citotoxicidad inducida por el nanosistema.

Potent IgE-Mediated Allergenic Reduction in Human Serum by Casein–Polyphenol Conjugates Makes Personalized Oral Immunotherapy Credible

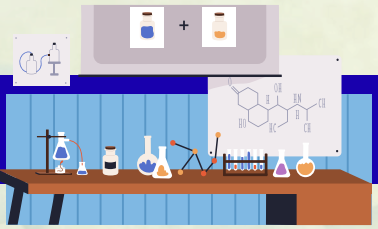
M. Victoria Gil, Nuria Fernández-Rivera**, Gloria Gutiérrez-Día, Jorge Parrón-Ballesteros, Carlos Pastor-Vargas,** Diana Betancor, Carlos Nieto, Pedro Cintas



ACS Food Sci. Technol. (2026)
https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.6c00400

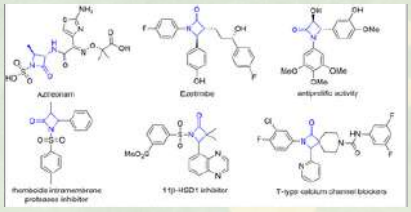
Este estudio describe una potente fórmula hipoalergénica de caseína y polifenoles basada en ensayos preclínicos con muestras de suero de pacientes alérgicos a las proteínas de la leche de vaca. A pesar de cierta variabilidad entre los pacientes, los resultados mostraron una reducción significativa de la unión a la IgE. Esta prueba de concepto indica la fiabilidad de la alteración de la estructura nativa y los posibles epítopos de los alérgenos mediante polifenoles naturales, lo que concuerda con estudios previos que analizaban los enlaces amida mediante espectroscopia vibracional. Se utilizaron predicciones estructurales, la identificación de cavidades de unión y el acoplamiento molecular para explorar la naturaleza de la unión entre los polifenoles y las isoformas de la caseína. El modelado in silico identificó la interacción de híbridos de polifenoles y proteínas con epítopos de unión a la IgE en las caseínas α-S1, α-S2 y β, aunque solo uno en la caseína κ, lo que proporciona una base molecular para la hipoalergenicidad observada clínicamente. En general, el análisis preclínico resulta prometedor para la inmunoterapia oral destinada a acabar con la sensibilidad alimentaria y reducir el riesgo de anafilaxia potencialmente mortal. Sin embargo, los bioensayos paralelos con β-lactoglobulina, otro alérgeno de la leche de vaca, arrojaron resultados prometedores.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Visible-Light-Mediated Lewis Acid-Catalyzed Diradical Hydrogen Atom Transfer Reaction of Enamides

Yao Huang, Baoyu Yang, Xiang Zhou, **Israel Fernández**, Kexue Xia, Yang Xiong

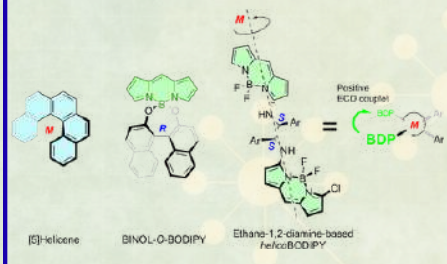


Adv. Sci. (2026)
https://doi.org/10.1002/advs.76846

Los β-lactámicos revisten gran importancia en la química orgánica y la ciencia médica debido a su actividad biológica esencial y a sus estructuras únicas. En este trabajo se describe la síntesis fotoquímica sencilla de derivados de β-lactámicos altamente funcionalizados a partir de enamidas de fácil obtención, gracias a una transferencia de átomos de hidrógeno diradicalaria (DHAT) catalizada por un ácido de Lewis. Cabe destacar que las enamidas trisustituidas con enlaces C(sp3)-H terciarios pueden dar lugar de manera eficiente a β-lactámicos cuaternarios adyacentes compuestos íntegramente por átomos de carbono. Este eficaz protocolo es compatible con una gran variedad de grupos funcionales y puede aplicarse a la modificación de moléculas bioactivas. Basándose en evidencias mecánicas y estudios computacionales, se sugiere que la catálisis con ácido de Lewis puede reducir la energía del estado excitado triplete de las enamidas y modular la reactividad del intermediario 1,2-diradical que se forma fácilmente, para desencadenar una 1,5-DHAT de carbono a carbono y la consiguiente ciclización del intermediario 1,4-diradical, lo que permite la funcionalización de los enlaces C(sp3)-H para construir una variedad de β-lactámicos novedosos. Este modo de activación característico de la catálisis con ácidos de Lewis abre una nueva vía de reacciones DHAT para la transformación de enlaces C(sp3)-H.

Helically Flexible Boron-Dipyrromethenes for Solution-Processed Isotropic Films With Preserved Chiral Exciton Coupling

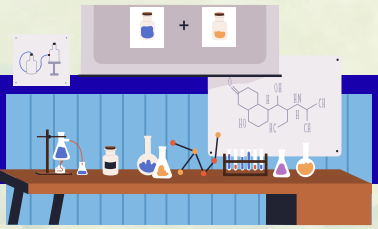
Carolina Díaz-Norambuena, Juan Manuel Moreno-Naranjo, David Reger, Giuliano Siligardi, **César Ray**, Jessica Colligan, **Florencio Moreno, Beatriz L. Maroto**, Gilles Muller, Jorge Bañuelos, Matthew J. Fuchter, **Santiago de la Moya**



Aggregate (2026)
https://doi.org/10.1002/agt2.70411

Las películas finas orgánicas quirales se están imponiendo como materiales clave en las tecnologías optoelectrónicas y quiropticas avanzadas, donde la fabricación sencilla, mediante procesamiento en solución, de películas puras quiropticamente activas a partir de pequeñas moléculas helicoidales π-conjugadas resulta muy deseable para una integración de dispositivos sostenible y escalable. Sin embargo, en estos sistemas tan densamente empaquetados, la respuesta quiróptica intrínseca suele verse comprometida por anisotropías macroscópicas (por ejemplo, dicroísmo lineal y birrefringencia) y efectos inducidos por la agregación, que ocultan las señales moleculares genuinas e inducen o alteran el acoplamiento de excitones quirales. En este trabajo demostramos que una plataforma de dímero de boro-dipirrometeno helicalmente quiral (helicoBODIPY), fácilmente accesible y con gran flexibilidad conformacional, permite la fabricación reproducible de películas delgadas puras, robustas y procesadas en solución que exhiben un comportamiento único: isotropía quiral óptica, al tiempo que conservan la respuesta quiral óptica molecular característica derivada del acoplamiento de excitones quirales intramoleculares. Gracias a un ajuste estructural sistemático, estos sistemas presentan un dicroísmo circular electrónico (ECD) mejorado y una luminiscencia polarizada circularmente en solución. Cabe destacar que los pares de ECD bien definidos y los valores de asimetría de absorción medidos en las películas correspondientes reproducen fielmente los observados en solución, lo que indica una contribución mínima de los efectos anisotrópicos y una perturbación insignificante de las interacciones excitónicas en la fase condensada. Estos hallazgos únicos apuntan a que los helicoBODIPYs, con su flexibilidad helicoidal, constituyen una excelente plataforma molecular que tiende un puente entre el diseño molecular y el rendimiento de las películas finas, ofreciendo una herramienta potencial para desentrañar los efectos de agregación en las películas finas quirales y para avanzar en el diseño racional de materiales orgánicos quirales con propiedades quiroópticas predecibles.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Graphdiyne oxide as a high-capacity biointerface for multiplexed electrochemical immunosensing of neutrophil biomarkers

Claudia Ramos-López, Lorena García-Rodrigo, Esther Sánchez-Tirado, Lourdes Agüí, Araceli González-Cortés

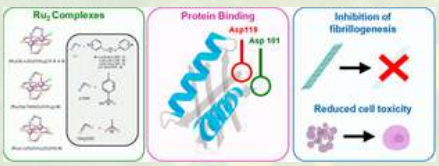


Anal. Bioanal. Chem. (2026) https://doi.org/10.1007/s00216-026-06741-6

La cuantificación rápida y fiable de los biomarcadores inflamatorios resulta muy deseable para el diagnóstico clínico y las pruebas en el punto de atención. En este trabajo, hemos desarrollado una plataforma de inmunoanálisis electroquímico dual basada en óxido de grafdiino (GDYO) para determinar simultáneamente los biomarcadores de activación de los neutrófilos CD63 y CD66b. El GDYO se integró en electrodos de carbono serigrafiados para crear una biointerfaz de alta capacidad con una gran cantidad de sitios reactivos para la inmovilización de anticuerpos y una transducción de señal eficiente. El enfoque analítico se basó en una configuración de inmunoensayo tipo sándwich que empleaba anticuerpos secundarios marcados con peroxidasa de rábano picante (HRP). La detección amperométrica se llevó a cabo utilizando el sistema redox de hidroquinona/peróxido de hidrógeno. En condiciones optimizadas, la plataforma permitió la cuantificación simultánea de ambos analitos en un rango de concentración de 0,005–100 ng·mL−1, alcanzando límites de detección (LOD) de 0,1 y 0,6 pg·mL−1 para CD63 y CD66b, respectivamente. El inmunosensor mostró una reproducibilidad y una estabilidad de almacenamiento satisfactorias, así como un rendimiento analítico constante. Su aplicabilidad práctica quedó demostrada mediante el análisis de muestras de suero de personas sanas y de pacientes diagnosticados con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). La plataforma electroquímica propuesta, basada en GDYO, constituye una estrategia prometedora para la determinación sensible de biomarcadores asociados a los neutrófilos en análisis clínicos descentralizados.

Protein Recognition and Amyloid Remodeling Governed by Paddlewheel Diruthenium Coordination Chemistry

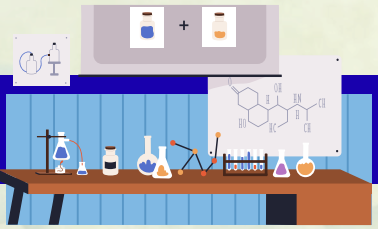
Sara La Manna, Daniele Florio, Giarita Ferraro, Maria Rosaria Policino, Filomena Altieri, **Aarón Terán, Santiago Herrero**, Antonello Merlino, Daniela Marasco



Inorg. Chem. (2026) https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.6c02947

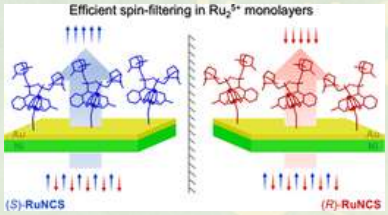
Los complejos de dirutenio (Ru2) de tipo «rueda de paletas» son moduladores prometedores de la agregación proteica debido a su química de coordinación ajustable y a sus propiedades de doble acción. En este trabajo, investigamos la interacción de cinco complejos de Ru2 con la lisozima de la clara de huevo de gallina (HEWL), un modelo amiloide, para dilucidar sus capacidades antiagregantes. La cristalografía de rayos X de alta resolución muestra que todos los complejos se unen preferentemente al Asp119 y, en algunos casos, al Asp101, mediante coordinación con el núcleo de Ru2, al tiempo que conservan el pliegue general de la proteína. Se observan interacciones tanto covalentes como no covalentes, dependiendo del entorno del ligando y de los efectos estéricos. Los estudios en solución confirman la formación de aductos HEWL-Ru2 tanto en condiciones neutras como ácidas. Los ensayos funcionales demuestran que todos los complejos de Ru2 inhiben eficazmente la fibrilogénesis de HEWL, como indican la reducción de la fluorescencia de ThT y la ausencia de grandes agregados en las mediciones de dispersión dinámica de luz. La desagregación de las fibrillas preformadas fue más variable, y el complejo que presentaba sitios axiales vacíos mostró la mayor actividad. Los análisis de dicroísmo circular y de microscopía electrónica de barrido revelan que estos compuestos redirigen la agregación hacia morfologías no canónicas, en lugar de disolver completamente las fibrillas. Los ensayos de citotoxicidad confirman una reducción de la toxicidad celular inducida por HEWL. En general, nuestros resultados establecen una correlación entre la composición del ligando, el comportamiento de coordinación, la unión a proteínas y la actividad antiamiloide, lo que proporciona un marco para el diseño de moduladores multifuncionales de la agregación proteica basados en Ru2.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Efficient Chirality-Induced Spin Selectivity in Self-Assembled Monolayers of Ru_2^{5+} Paddlewheel Complexes

Isabel Coloma, Niccolò Giaconi, Francesco Parmeggiani, Thierry Buffeteau, Gilles Pécastaings, **Santiago Herrero**, Elizabeth A. Hillard, Patrick Rosa, Lorenzo Poggini, Matteo Mannini, **Miguel Cortijo**, Mathieu Gonidec

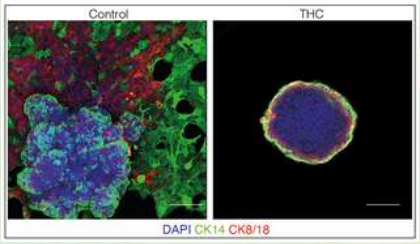


J. Am. Chem. Soc. (2026)
https://doi.org/10.1021/jacs.6c02811

El uso de compuestos de coordinación ofrece una estrategia prometedora para desentrañar los factores que rigen la selectividad de espín inducida por la quiralidad (CISS), en particular la contribución del acoplamiento espín-órbita (SOC) a su magnitud. En este trabajo, describimos la formación de monocapas autoensambladas sobre sustratos de oro de un complejo paramagnético quiral de Ru^{2+} de estructura en rueda de remo, $[Ru_2(NCS)\{\mu\text{-(S)- o (R)-pycsa}\}_2(\mu\text{-OAc})_2]$ (pycsa = N-(piridin-2-il)-10-canforsulfonamidato), denominado (S)- o (R)-RuNCS. La incorporación de grupos de alcanfor confiere quiralidad puntual a la molécula y provoca una ligera torsión alrededor de la unidad Ru2, introduciendo también una quiralidad helicoidal, tal y como lo evidencian la difracción de rayos X en monocristal y la absorción electrónica dicroica. El complejo presenta un ligando axial que lleva un átomo de azufre terminal que actúa como un sitio de anclaje robusto a la superficie metálica. Las SAM resultantes son homogéneas, estables y presentan características eléctricas muy reproducibles. Las mediciones de microscopía de fuerza atómica magnético-conductiva en uniones Ni/Au–RuNCS enantiopuras revelan notables polarizaciones de espín que alcanzan valores del 60 al 80 %, lo cual es especialmente destacable teniendo en cuenta la naturaleza monocapa de la película y la modesta helicidad del motivo en forma de rueda de paletas.

Transient CB2R modulation durably restricts breast cancer plasticity by stabilizing a luminal like cell identity

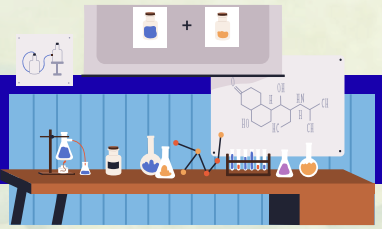
Nuria G. Martínez-Illescas, Camila Quezada-Gutiérrez, Gemma Pérez-García, Estrella Martín-Zapater, Jorge Mañes-García, María Rubert-Hernández, Luis M. Alonso-Colmenar, Carmen Hernández, María Benito-León, Carlos Pérez-Martín, Ángela Zarco-Cuadrillero, **Gabriel Piedrafita**, Eduardo Caleiras, Miguel Muñoz-Ruiz, Ana Payo-Payo, Laura Frías-Aldeguer, Cristina Sánchez, Mercedes Balcells-Camps, Elazer R. Edelman, Leonardo Beccari, María Salazar-Roa



Communications Biology (2026)
https://doi.org/10.1038/s42003-026-10837-1

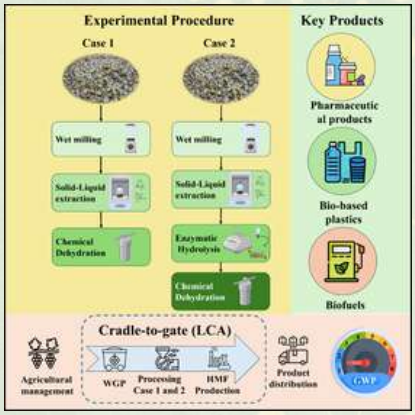
La plasticidad de las células cancerosas favorece la resistencia al tratamiento y la metástasis al permitir transiciones entre estados similares a los de las células madre y estados diferenciados. Las estrategias basadas en la diferenciación tienen como objetivo estabilizar la identidad de las células tumorales; sin embargo, los enfoques farmacológicos que inducen una restricción duradera del linaje siguen siendo limitados. En este trabajo, demostramos que la modulación transitoria del receptor cannabinoide 2 (CB2R) restringe de forma duradera la plasticidad de las células de cáncer de mama al estabilizar un estado celular similar al luminal. Utilizando organoides tumorales derivados de pacientes y de ratones, demostramos que una modulación breve y a baja dosis del CB2R reduce la autorrenovación, la invasividad y la capacidad de iniciar tumores, al tiempo que potencia la sensibilidad al tamoxifeno y limita la aparición de fenotipos resistentes. Estos efectos persisten en condiciones que favorecen la desdiferenciación, como la exposición al TGFβ, el cocultivo estromal, la señalización inmunitaria y el estrés mecánico, y se mantienen in vivo tras el trasplante ortotópico. La secuenciación del ARN revela una transición progresiva desde un estado plástico temprano hacia una identidad estabilizada de tipo luminal, respaldada por el perfilado con CUT&Tag, que pone de manifiesto la remodelación de la cromatina asociada a esta estabilización. En conjunto, nuestros hallazgos redefinen el CB2R como regulador del estado de las células tumorales y establecen la modulación transitoria del CB2R como una estrategia para limitar de forma duradera la plasticidad del cáncer de mama mediante una terapia basada en la diferenciación.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Synthesis of 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) from Agro-Industrial Grape Residues: An Integrated Chemical and Enzymatic Catalysis Approach with Life Cycle Assessment

Claudia Armijo, Pablo Bobillier, Luigi Tavernini, **Jesús Esteban**, Paulina Urrutia, Lorena Wilson

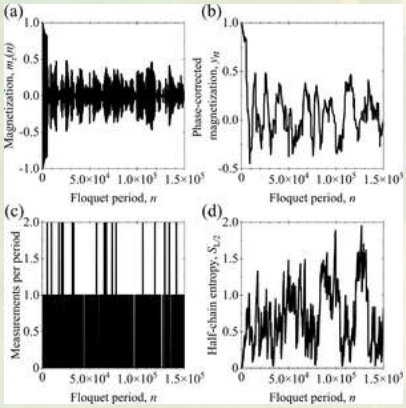


ACS Sustainable Chem. Eng. (2026)
https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6c04154

El 5-hidroximetilfurfural (HMF) se clasifica como una de las 12 moléculas principales derivadas de la biomasa, constituyendo una plataforma versátil para sintetizar una amplia gama de sustancias químicas. El presente estudio combina experimentos con el análisis del ciclo de vida (ACV) para evaluar la escalabilidad y la sostenibilidad de la valorización del orujo de uva blanca (WGP) en HMF mediante la evaluación de las etapas de pretratamiento, hidrólisis enzimática y deshidratación catalítica. El pretratamiento seleccionado consistió en un ciclo de 1 h a 55 °C de extracción sólido-líquido del WGP, con el que se obtuvieron rendimientos de extracción de glucosa y fructosa de 299,34 y 318,90 mg/g de WGP seco, respectivamente. En la etapa de hidrólisis, los mayores rendimientos de glucosa se obtuvieron a 50 °C y pH 5, con un valor de 175,9 mg/g de WGP utilizando una preparación enzimática comercial (Cellic CTec3) de 150 mg/L. La deshidratación catalítica obtuvo rendimientos similares de HMF (%) de 10,9 y 11,2 para las fracciones de azúcares solubles procedentes del pretratamiento y la hidrólisis de la WGP, respectivamente. Sin embargo, la conversión de la fructosa en la fracción del pretratamiento fue un 60 % superior a la obtenida en la fracción del hidrolizado. Los resultados del análisis del ciclo de vida (ACV) revelaron que la eficiencia del proceso es crucial a la hora de evaluar la sostenibilidad medioambiental, ya que se ha observado una clara correlación inversa entre el rendimiento del proceso y el potencial de calentamiento global (GWP). En un escenario realista, con una conversión fijada en el 72%, los valores de GWP obtenidos para la recuperación de la fracción pretratada y del hidrolizado fueron de aproximadamente 2,03 kg CO_2e/kg FU. Estos valores demuestran un beneficio medioambiental significativo en comparación con el escenario equivalente sin valorización (eliminación de los residuos de la producción de papel), que genera una carga de aproximadamente 4,0 kg CO_2e/kg FU equivalente. Por lo tanto, la recuperación de los residuos de la producción de papel para la síntesis de HMF es una estrategia altamente viable y sostenible a nivel local.

Intermittent time-crystalline dynamics under stochastic measurements

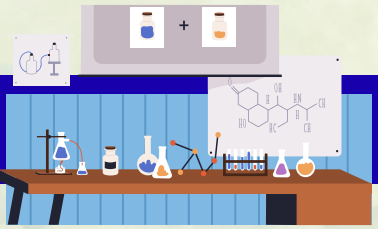
Carlos Caro, **Francisco Gámez**



Phys. Rev. A (2026)
https://doi.org/10.1103/y9yn-x6x2

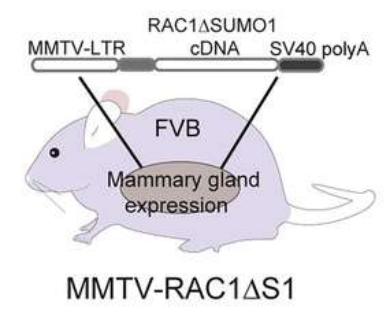
Los cristales de tiempo discreto son estados de no equilibrio de la materia cuántica sometida a un accionamiento periódico, caracterizados por respuestas subarmónicas robustas. Investigamos cómo se comporta dicho orden temporal en presencia de mediciones estocásticas. Mediante simulaciones con resolución de trayectoria de un modelo de Floquet-Ising monitorizado, identificamos un régimen intermedio en el que la respuesta subarmónica local solo persiste de forma intermitente en el tiempo. La dinámica desarrolla mesetas temporales de duración finita de respuesta subarmónica localmente coherente, interrumpidas por perturbaciones estocásticas correlacionadas con mediciones proyectivas. Las estadísticas de las mesetas resultantes son, además, coherentes con una descripción cinética efectiva de dos estados basada en eventos de perturbación estocástica de tasa finita. Estos resultados muestran que la dinámica supervisada puede sustentar una sincronización local fluctuante en la que dominios temporales finitos surgen y desaparecen repetidamente a lo largo de trayectorias cuánticas individuales, sin establecer un orden cristalino de tiempo discreto globalmente persistente bajo supervisión estocástica.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



A RAC1 SUMOylation switch governs breast cancer metastasis

Ana García-Casas, **Angélica Martínez-López**, Natalia García-Sancha, Roberto Corchado-Cobos, **Paola Martín-Cabrera**, **Nélida Salvador, Mar Lorente,** Manuel Adolfo Sánchez-Martín, Marina Mendiburu-Eliçabe, **Roberto González-Villar**, **Guillermo Velasco**, Robert B. Clarke, Angeliki Malliri, Jesús Pérez-Losada, **Sonia Castillo-Lluva**



Signal Transduction and Targeted Therapy (2026)
https://doi.org/10.1038/s41392-026-02894-z

A pesar de los importantes avances en el tratamiento del cáncer de mama durante las últimas décadas, el cáncer de mama metastásico sigue siendo un motivo de gran preocupación y la principal causa de mortalidad asociada a esta enfermedad. La GTPasa Rho RAC1 se ha relacionado con la agresividad del cáncer de mama, pero los mecanismos que subyacen a su actividad prometastásica siguen sin conocerse bien. Aunque la sobreexpresión de RAC1 se correlaciona con un mal pronóstico, nuestros datos indican que el aumento de su abundancia por sí solo no es suficiente para impulsar la diseminación metastásica en modelos preclínicos. Si bien la sobreexpresión de RAC1 en ratones MMTV-ErbB2 acelera el crecimiento del tumor primario, no aumenta la metástasis. Mediante modelos genéticos complementarios, demostramos que la interrupción de la SUMOilación de RAC1 reduce las metástasis pulmonares; esta disociación del desarrollo del tumor primario es más evidente en el modelo knock-in RAC1K4R, mientras que los ratones transgénicos RAC1ΔSUMO1 también muestran una atenuación parcial de la señalización proliferativa impulsada por RAC1. Desde el punto de vista mecánico, la pérdida de la SUMOilación mermó la capacidad de RAC1 para mantener su estado de unión al GTP en contextos proinvasivos. Para aprovechar esta dependencia, desarrollamos un péptido permeable a las células, el TAT-PRASI, que bloquea la SUMOilación de RAC1. El TAT-PRASI reduce la actividad de RAC1 y limita la migración y la invasión in vitro, así como la metástasis in vivo, al tiempo que reduce la invasión de los organoides derivados de pacientes. Además, el TAT-PRASI disminuye la interacción entre RAC1 y POTEE, lo que concuerda con una alteración en la formación de invadopodios. En conjunto, estos hallazgos identifican la SUMOilación como un regulador específico y susceptible de tratamiento farmacológico de la metástasis impulsada por RAC1, lo que proporciona una prueba de concepto preclínica para actuar de forma selectiva sobre esta modificación postraduccional en el cáncer de mama metastásico.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



LOS FLUJOS DE ENERGÍA EN LA HISTORIA

José María Gómez Martín
Dpto. Ingeniería Química y de Materiales

Durante las crisis del petróleo de los años 70 del siglo pasado ya se vio la necesidad de un cambio en la forma de obtener energía. La exclusiva dependencia del petróleo suponía estar en mano de los vaivenes que se producían en Oriente Medio, una zona muy inestable con importantes conflictos que han llegado hasta nuestros días. En octubre de 1973 la **guerra del Yom Kipur**, entre Israel y una coalición de estados árabes, encabezados por Egipto y Siria, supuso cuadriplicar el precio del barril debido al embargo de petróleo que impusieron los países árabes de la **OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo)** a Estados Unidos y sus aliados. A finales de la década, en 1979, la Revolución Islámica, que supuso la caída del Shah de Irán, disminuyó el suministro mundial, lo que volvió a triplicar el precio del barril. Debido a esta crisis se empezó a tener más en cuenta la eficiencia energética, y se empezó a aplicar a los procesos el análisis exergético, ¡sí con x! Sin entrar en muchos detalles, la **exergía** tiene en cuenta la energía o trabajo útil (el que interesa) que se puede conseguir en un proceso energético. La parte de trabajo inútil (que se pierde y no puede usarse) se denomina **anergía**. Sin embargo, ya intuimos que se han producido cambios en los modelos energéticos porque las formas de energías que empleamos hoy en día son diferentes (¡quizás no tanto!) a las que emplearon nuestros antepasados. Seguramente es más propio hablar de **flujos de energía** que de formas de energía (*"la energía ni se crea ni se destruye, únicamente se transforma"*).

Probablemente el primer punto de inflexión energético en la historia de la humanidad fue el **fuego**. El fuego en realidad es una reacción química exotérmica, que llamamos **combustión** y que es una oxidación rápida que libera luz y calor. Se libera la energía química almacenada en los enlaces entre los átomos que forman el combustible. El control del fuego tuvo una influencia decisiva en el desarrollo del ser humano. Gracias a él se considera que se pudo impulsar el desarrollo del órgano del cuerpo que más energía consume: el cerebro. El calor del fuego permitió cocinar los alimentos, mejorando la absorción de proteínas e hidratos de carbono, también eliminaba parásitos y otros agentes patógenos y toxinas. Fue una eficaz arma defensiva que les permitió más tiempo para pensar, inventar y avanzar. La actividad ya no estaba limitada por las horas de sol, el fuego también les proporcionaba luz. Este proceso de combustión necesita un **combustible** (lo que se quema), un **comburente** que proporciona el oxígeno que provoca la oxidación y una **fuente de calor** que inicia la reacción. El combustible que se empleaba era madera, el comburente el aire y la fuente de calor, una chispa (golpear dos piedras) o el calor de la fricción (frotar dos trozos de madera).

HISTORIA DE LA QUÍMICA



El dominio del fuego supuso el avance más rápido de la tecnología, ya que es, por ejemplo, el origen de la metalurgia, que favoreció la transición de la edad de piedra a la edad de los metales. El desarrollo de hornos cerrados permitió alcanzar temperaturas más elevadas que en las hogueras abiertas, llegándose a las temperaturas necesarias para fundir los metales, y fabricar aleaciones como el bronce. A lo largo de la historia el fuego ha sido fundamental para el desarrollo del ser humano, apoyado en la madera y el carbón vegetal como combustibles, empleándose para artesanía, fabricación de cerámica y vidrio, para la producción de cerveza, en la metalurgia, en la guerra como arma, para cocinar, suministrar luz y calor, etc. Aunque no está claro cómo y cuando comenzó su uso, sí parece más claro que el control del fuego ha tenido una gran importancia en el desarrollo del ser humano. En realidad, ese control del fuego depende del combustible que durante muchos siglos fue la madera, la cual se forma gracias a la energía solar y el proceso de la fotosíntesis.



Figura 1: Artistas de Cro-Magnon pintando en Font-de-Gaume a la luz de un Fuego controlado, Museo Americano de Historia Natura de Charles Robert Knight (Public Domain).

Otro hito importante fue el uso de la fuerza animal en la revolución neolítica. Los animales, como los caballos y los bueyes, superaban la fuerza humana y permitían facilitar las tareas asociadas con la agricultura. La unión de la fuerza animal, la rueda y el arado de madera permitió la transformación de la agricultura, consiguiéndose mejorar, y aumentar, la producción de alimentos. También se emplearon para el transporte de personas y mercancías, y, como no, para la guerra. Su uso no ha desaparecido y todavía hoy en día se emplean en tareas agrícolas en algunas regiones de países en desarrollo o en zonas de difícil acceso para la maquinaria. Aparte de los típicos animales que todos tenemos en mente, como bueyes, caballos, mulas, asnos o burros, algunas regiones emplearon los que tenían más a mano, como camellos y dromedarios en zonas áridas y desérticas, renos y perros en zonas árticas, yaks en zonas de alta montaña de Asia, elefantes en el sudeste asiático, etc.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Figura 2: Animales de tiro (de izq. a dcha.): yak (Alhabib7, CC BY-SA 4.0), reno (Kommunikasjonsavdelingen, CC BY 2.0) y camellos (Holger Reineccius - CC BY-SA).

Los griegos fueron los impulsores del empleo de la **energía hidráulica** (energía producida por el agua) para moler grano. Diseñaron la rueda hidráulica (horizontal) y el engranaje dentado. La evidencia más temprana de su invento aparece en escritos del siglo III a.C. de **Filón de Bizancio**, quien en su tratado *Pneumatica* describe ruedas dentadas, poleas, engranajes y mecanismos capaces de transformar el movimiento. Posteriormente los romanos diseñaron la **rueda hidráulica vertical**, el modelo más conocido, que mejoró la capacidad de producción. Sin embargo, no lo explotaron a gran escala debido a que tenían otra forma de energía, la fuerza humana, debido a la cantidad de esclavos de los que disponían. El desarrollo de los **molinos hidráulicos** se produjo en la Edad Media donde había menos energía humana. En 1086 se contabilizaron 5.600 molinos de agua solo en el sur de Inglaterra según consta en el ***Domesday Book***. Este libro es un registro realizado por orden de Guillermo I de Inglaterra para conocer información del país que acababa de conquistar. Pero debido a su potencial, su uso no se limitó solo a la producción de harinas, también se empleó en metalurgia (martillos pilones y fuelles), en la industria del papel, en aserraderos, en la industria textil o para la fabricación de monedas.

En la industria textil dio lugar al **batán**, máquina hidráulica compuesta de gruesos mazos de madera, movidos por un eje, para golpear, desengrasar y enfurtir los paños. La estación de metro de Batán, en Madrid, debe su nombre a un antiguo molino hidráulico (batán) del siglo XVI que estaba junto al arroyo Meaques. En la producción de monedas por molino hidráulico (energía hidráulica) destacó la Real Casa de la Moneda de Segovia donde se instaló, en 1585, un novedoso método de producción de monedas mediante un sistema mecanizado de acuñación por laminación. En este sistema se aprovechaba la fuerza del río Eresma para mover los grandes cilindros que aplastaban el metal transformándolo en láminas, de un determinado espesor, sobre las cuales se acuñaban a rodillo las monedas.

HISTORIA DE LA QUÍMICA

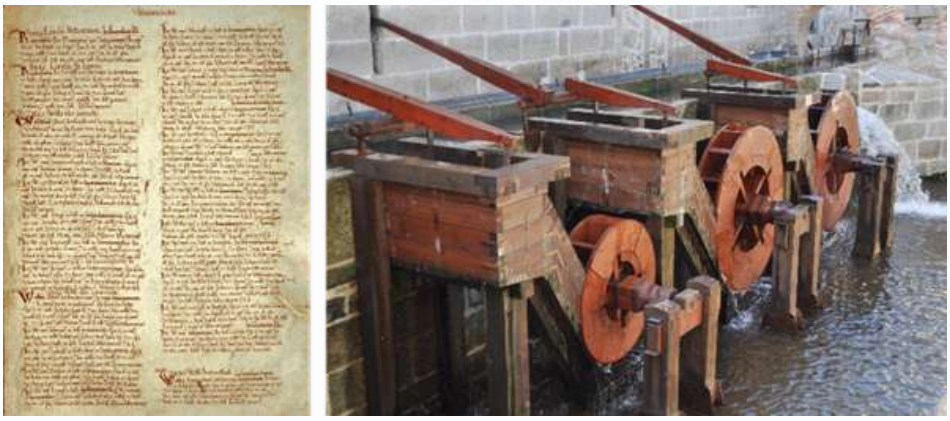


Figura 3: Izq.) Una página del Domesday Book (Birmingham 1066-1625, Dominio público); Dcha.) Molinos hidráulicos utilizados para hacer funcionar las prensas en la Casa de la Monedad de Segovia (Luis Rogelio HM, CC BY-SA 2.0).

La fuerza del viento (**energía eólica**) también se empleó en la antigüedad. Se considera que fue en el siglo VII, en Persia, donde se empezó a aprovechar la energía eólica con el diseño de los primeros molinos de viento. Gracias a sus aspas verticales se consiguió moler el grano, bombear agua para regar los campos y posteriormente moler metales. Actualmente, en Nashtifan (Irán) todavía existen molinos de viento milenarios en funcionamiento.



Figura 4: Milenarios molinos de viento en Nashtifan (Hadidehghanpour, CC BY-SA 4.0).

Durante la Edad Media se extendió su uso por Europa, sobre todo en lugares donde no había mucha agua, o esta se congelaba en invierno, y en zonas llanas, donde no existía mucha pendiente y por lo tanto el agua de los ríos no llevaba suficiente fuerza para emplear la energía hidráulica. Especialmente conocidos son los molinos de viento de los Países Bajos; en España los de Campo de Criptana del siglo XVI (Ciudad Real) son de los más antiguos. Pero la fuerza del viento también se empleó para propulsar barcos. Ya en el 6.000–5.000 a.C., en Mesopotamia, en Egipto o en Persia se emplearon velas en las embarcaciones para surcar los ríos (Nilo, Tigris, Eufrates...) y las costas de los mares. Esta forma de energía para desplazarse convivió con la fuerza humana de los remeros, que fue la empleada anteriormente para mover los barcos.

HISTORIA DE LA QUÍMICA

La **vela**, con la fuerza del viento, permitió navegar más lejos y más rápido, incluso avanzar en dirección contraria a donde sopla el viento gracias al desarrollo de la vela triangular latina (siglo II a.C.) y la técnica de ceñir. Algunos consideran a la vela, que permitía el aprovechamiento de la energía eólica, un invento que ha pasado desapercibido, pero en realidad su importancia fue tal que hizo posible el desarrollo del comercio y de los imperios. A lo largo de la historia hubo un gran desarrollo en la forma, tamaño y tecnología naviera, y siempre quien dominaba la navegación, la fuerza del viento, dominó el mundo. Un ejemplo es el **Galeón Español**, un barco diseñado tanto para transporte como para la guerra que podía llegar a llevar hasta 80 cañones. El Galeón permitió el dominio de las rutas comerciales con los virreinatos americanos y por lo tanto el desarrollo del Imperio Español.

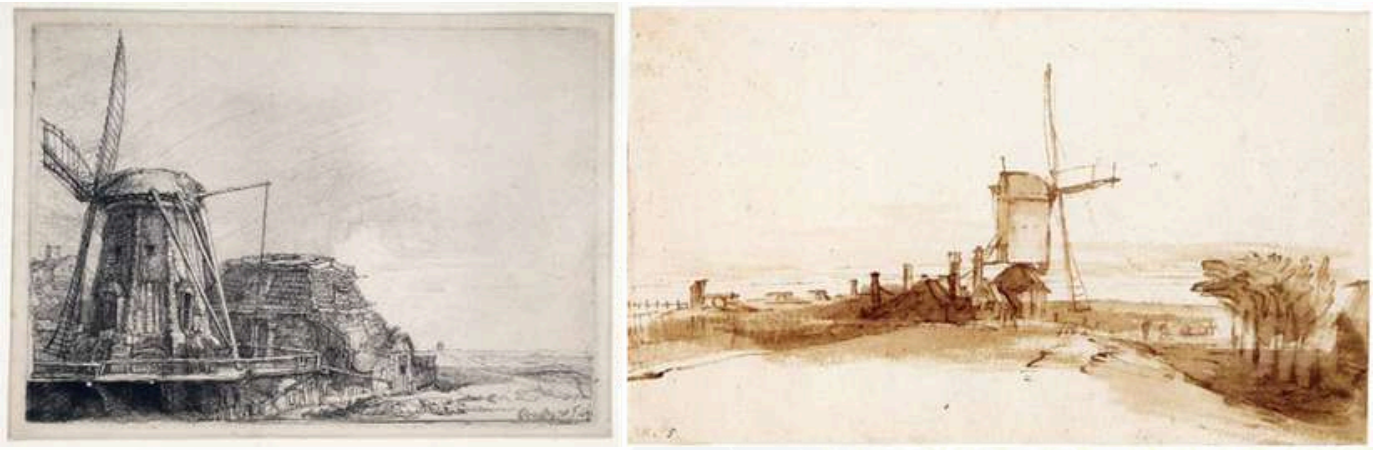


Figura 5: Dibujos de Rembrandt mostrando molinos de ventos (1643-1650) (Dominio público).

Quizás el mayor punto de inflexión en el uso de fuentes de energía en la historia lo encontramos en la revolución industrial de finales del siglo XVIII, que fue impulsada por la aplicación de la **máquina de vapor** y el **uso del carbón** como combustible. La máquina de vapor de **James Watt** lo cambió todo. Se pudo emplear la fuerza del vapor de agua de una manera eficiente lo que permitió desarrollar y mejorar los procesos industriales. El carbón fue el combustible que sustituyó a la madera porque suministraba más energía (mayor potencia calorífica) y era más abundante y barato. Se desarrolló la **minería del carbón** teniendo que excavar más pozos y más profundos para cubrir la alta demanda. Se esperaba que el consumo de madera iba a disminuir, sin embargo, no fue así. Su uso como combustible disminuyó, pero se necesitaba más madera para la construcción de los pozos o de vías férreas por lo que no dejó de emplearse. En realidad, como en todos los procesos existía un flujo de energía: de la energía química del carbón a la energía térmica y de presión en la caldera y a la energía mecánica del bloque motor.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Dentro de la revolución industrial se habla de una **segunda revolución industrial** o revolución tecnológica a finales del siglo XIX (sobre 1870) con la sustitución del carbón por el petróleo. El petróleo presentaba mayor poder calorífico que el carbón y se popularizó su uso en iluminación en lámparas de queroseno. Esto hizo que se desarrollara la explotación de pozos y de la industria de su procesado en Estados Unidos. Lo que en realidad disparó la industria del petróleo fue el desarrollo del **motor de combustión**, especialmente desde 1876 cuando **Nicolaus Otto** patentó su motor de cuatro tiempos, que se adaptó de manera eficaz al empleo de gasolina como combustible.

Otro punto importante de esta segunda revolución industrial fue el empleo masivo de la **electricidad** como fuente de energía. En principio se empleó para el alumbrado de calles y casas. En 1879 ya hubo dos ciudades, *Newcastle upon Tyne* (Inglaterra), en febrero, y *Cleveland* (Estados Unidos), en abril, que iluminaron una calle con lámparas incandescentes. Sin embargo, la que parece que fue la primera ciudad en emplear un suministro público de electricidad para calles y casas, con un contrato con una empresa de electricidad fue **Godalming** en Inglaterra. El evento tuvo lugar el 26 de septiembre de 1881, cuando, según informó el sábado 1 de octubre el ***Surrey Advertiser***, la parte alta del municipio se iluminó, ese día y los sucesivos, durante unas horas con electricidad. La electricidad se producía en una rueda hidráulica (**energía hidroeléctrica**) instalada en los molinos de Westbrook, pertenecientes a unos curtidores, los **hermanos Pullman**, que aprovecharon para iluminar también sus fábricas.

En España el primer municipio en tener iluminación eléctrica con una red de farolas urbanas fue **Comillas** en 1881. Esta red de iluminación fue financiada por el **Marqués de Comillas (Antonio López López)** con motivo de la visita del Rey Alfonso XII para celebrar un Consejo de ministros. La electricidad se generó gracias a una máquina de vapor de 20 caballos que movía una dinamo (generador eléctrico) y que fue traída expresamente para la ocasión desde París. Esta no fue la única iniciativa privada para el desarrollo de la iluminación eléctrica en España. Santiago Gosálvez instaló en Villalgordo del Júcar (Albacete) una central eléctrica para disponer de luz y energía eléctrica en sus fábricas de harinas, hilados y papel. Si bien es cierto que previamente había habido pruebas puntuales de iluminación eléctrica, como ocurrió en Madrid en 1878. Con motivo de la celebración de la boda de Alfonso XII con su prima María de las Mercedes se colocaron farolas con arcos voltaicos en la Puerta del Sol.

Como hemos visto, la electricidad en principio se producía por dinamos (accionadas por máquinas de vapor) o en una central hidroeléctrica (fuerza del agua), pero a partir de 1884, cuando Parsons diseñó la primera turbina de vapor para producir electricidad también se extendió su uso.

HISTORIA DE LA QUÍMICA

El propio Parson inauguró en 1890 la **central eléctrica de Forth Banks** en Newcastle, la cual fue la primera en emplear turbogeneradores (2 de 75kW). Aunque la eficiencia era bastante baja, rápidamente la pudo mejorar llegando a instalar una turbina de 1 MW en la central eléctrica municipal de Elberfeld (Alemania), inaugurada en 1900, aunque el turbogenerador lo construyó en 1889. La electrificación también permitió el desarrollo de la línea de ensamblaje y, por lo tanto, de la producción en cadena, mejoró la iluminación en las fábricas, reduciendo el riesgo de incendio y de intoxicación debido al gas, también el desarrollo de las comunicaciones por radio y por teléfono.



Figura 6: Izq.) Grabado de "La ilustración Española y Americana". Dcha.) Noticia publicada en "la ilustración Española y Americana" sobre la exposición de la electricidad de Paris. Ambos publicados en septiembre de 1881.

El desarrolló de la bomba atómica en el Proyecto Manhattan introdujo una nueva forma de energía para la producción de energía eléctrica: la **energía nuclear**. El arranque oficial de su uso con fines civiles se produjo en 1953 con el discurso ***Atoms for Peace*** (Átomos para la paz) del presidente estadounidense **Dwight D. Eisenhower**. Este proponía el uso de material fisionable (donado a un banco internacional) para desarrollar, con fines pacíficos, nuevas tecnologías en medicina, agricultura y generación de energía eléctrica. La primera central nuclear que entró en funcionamiento fue la de **Óbninsk** (en la antigua Unión Soviética, y actual Rusia), el 26 de junio de 1954, generando 5MW con un reactor de uranio y grafito. Cerró el 29 de abril de 2002, después de casi de medio siglo de funcionamiento. En la actualidad el 10–11% de la electricidad del mundo se produce en centrales nucleares (2670 TWh).

Otro de los combustibles que se usa para la producción de energía es el **gas natural**, compuesto formado principalmente por **metano** (CH_4). Su empleo ha estado ligado al desarrollo de las redes de distribución, a la evolución de la tecnología de las tuberías para su transporte.

HISTORIA DE LA QUÍMICA

En el siglo XIX se empleaba principalmente para alumbrado, de ahí que se conociese como **gas de alumbrado**, y ya en 1815 se empleaba con este fin en algunos barrios de Londres y París. En 1825 (o 1821 según la fuente), en Fredonia, un pequeño pueblo del estado de Nueva York (Estados Unidos), **William Hart** perforó el primer pozo comercial de gas natural. Parece ser que Hart, un astuto hombre de negocios, observó como los niños jugaban a encender las burbujas de gas que brotaban de las grietas del lecho de pizarra en un arroyo, por lo que pensó que si podía almacenar todo ese gas podría emplearlo para iluminación. Formó la compañía ***Fredonia Gas Light Company***, la primera de distribución de gas natural canalizado por tuberías de cobre a casas cerca de Nueva York. A finales de siglo, en 1890, se produjo un gran avance en la canalización del gas natural con el desarrollo de las uniones a pruebas de filtraciones, lo que permitió llevar el gas a 150 km de distancia. El desarrollo de las tuberías y de las uniones permitió la instalación de grandes gasoductos de miles de kilómetros: gasoducto Transcanadiense con más de 14.000 km, gasoducto de Yamal-Europa con más de 4.000 km, gasoducto Transmed de 2.475 km, etc., sumando en total más de 970.000 km.

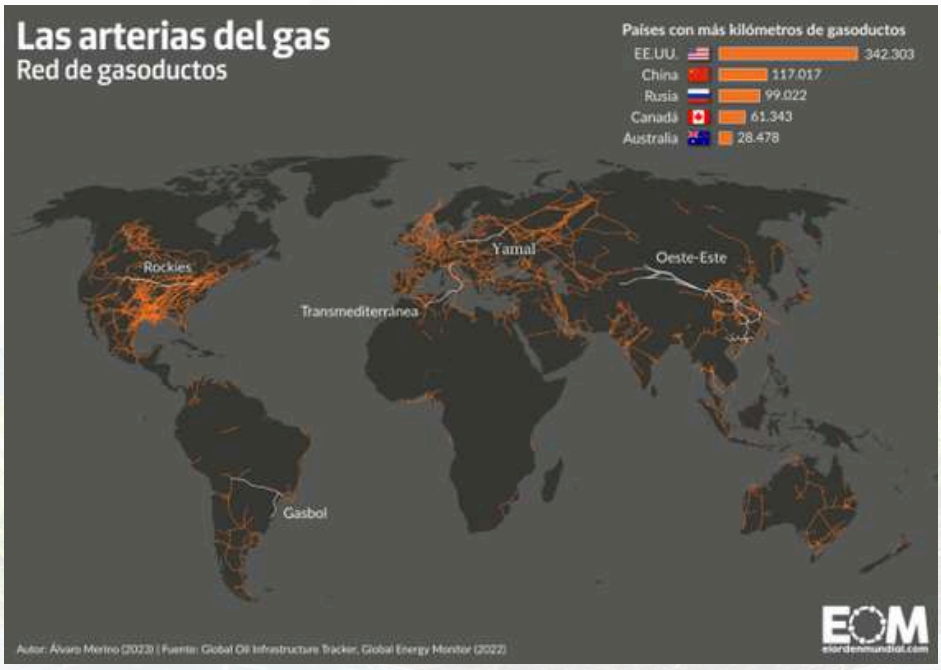


Figura 7: Mapa de los gasoductos en el mundo (Global Energy Monitor, 2022).

En la actualidad nos encontramos en un proceso de cambio en el modelo energético pasando de los combustibles fósiles (petróleo y gas natural) a **energías renovables** (eólica y solar). Estas formas de energía ya se emplearon en la antigüedad, pero en la actualidad su uso es para la producción de electricidad. El nuevo modelo supone la electrificación del sistema energético: transporte, calefacción, iluminación, etc.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Pero ¿**realmente se está produciendo la transacción energética**? Nos hablan de una transición en la que los combustibles fósiles están desapareciendo; sin embargo, 2025 fue el año en el que más CO_2 se emitió a la atmósfera, alcanzándose la cantidad récord de 38,1 Gt (Statista). El historiador **Jean-Baptiste Fressoz**, en su libro "***Sin transición: Una nueva historia de la energía***", defiende que las fuentes de energía no se sustituyen, sino que se solapan, se acumulan, las nuevas formas se añaden a las viejas. Esto se produce debido a que nuestro sistema económico se basa en un consumo excesivo de recursos, que necesita una gran cantidad de energía. Si observamos el consumo mundial de energía por fuentes publicado por el *Energy Institute-Statistical Review of World Energy* (2026) o Smil (2017), el razonamiento de Fressoz parece cierto, dado que no se observa una clara disminución en el consumo de las diferentes formas de energía, ni siquiera en la biomasa tradicional. Claramente, el desarrollo de la energía solar o eólica no parece haber afectado al consumo de carbón, petróleo o gas natural que sigue aumentando o se mantiene. La esperanza es que si el análisis se hace por países sí se observa esa transición energética… en algunos.

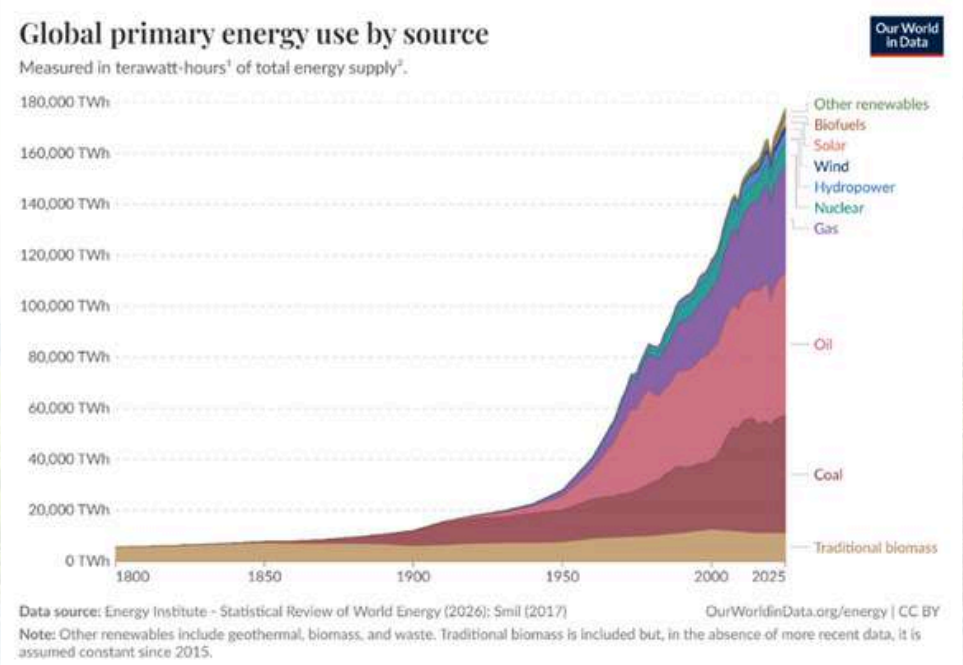


Figura 8: Consumo mundial de energía primaria por fuentes (Energy Institute - Statistical Review of World Energy (2026); Smil (2017), – with major processing by Our World in Data).

HISTORIA DE LA QUÍMICA



REFERENCIAS

- Energía y civilización. Una historia. Vaclav Smil.
- Historia de la transición energética desde 1800.
- Grandes inventos de la humanidad: El molino de agua. Historia de la ciencia.
- See the 1,000-Year-Old Windmills Still in Use Today. National Geographic.
- Ni en Asia ni en Europa: la primera calle iluminada del mundo está en el gigante americano. HuffPost.
- Godalming Museum.
- La primera ciudad española que tuvo luz en sus calles fue en 1881 y está en Cantabria.
- Sin transición: Una nueva historia de la energía. Jean-Baptiste Fressoz. Editorial Arpa. ISBN: 978-84-10313-84-2.



DIVULGAR PARA EDUCAR



"¿DÓNDE ESTÁ EL LABORATORIO DE CIENCIAS EN MI COLE DE PRIMARIA?"

Ángel Ezquerra (Facultad de Educación, UCM)
Belén Yélamos (Facultad de Ciencias Químicas, UCM)

Artículo publicado en The Conversation



Desde el fondo del pasillo escuchamos las ruedas avanzando. Es Laura, nuestra "*profe*", que está llegando a clase empujando el "*carrito de ciencias*". Lo ha cogido del almacén, que está lleno de cajas, de libros y de material deportivo antiguo. El carrito es pequeño, solo caben unos pocos vasos de precipitados y cuatro lupas… y eso para veinticinco niños. Todos notamos el cansancio de la "seño" y el lío que se ha montado en clase durante su ausencia.

Ahora hay que organizar las mesas, pero algunas están ancladas; la idea era colocarnos en grupos para investigar juntos. Tampoco hay enchufes cerca y no tenemos grifo de agua. La "*profe*" elige a dos compañeros y los manda al baño a llenar dos garrafas de plástico. La verdad, nuestra "*seño*" es una pasada, la queremos un montón, pero "así no se puede hacer ciencia".

Esta estampa no refleja una anécdota aislada, ilustra una ausencia sistémica del sistema educativo español: al no estar exigido en la ley educativa, la mayoría de escuelas de primaria no tienen laboratorio de ciencias. Pero si pretendemos construir una sociedad basada en el conocimiento no podemos privar a los más pequeños, en la etapa donde se fraguan las vocaciones y se asientan los pilares del pensamiento crítico, de un entorno adecuado para trabajar ese conocimiento mediante la evidencia.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Lo que dice la ley

Curiosamente, el *currículo de educación primaria* es ambicioso y explícito al describir el tratamiento didáctico de la actividad científica, exigiendo que los alumnos se inicien en procedimientos de investigación como la observación, la medida, el diseño de pequeños experimentos con control de variables y la comunicación de resultados basada en datos.

La normativa incluso menciona específicamente la necesidad de enseñar seguridad en el laboratorio y prevención de riesgos, una instrucción que se vuelve absurda y vacía cuando el "*laboratorio*" no existe más que en los libros de texto. Estamos pidiendo a los docentes que enseñen a nadar en un charco seco.

Tiempo para la experimentación

Ante esta falta de medios, el rol docente se ha transformado en una suerte de heroísmo logístico que no es sostenible. Las maestras y maestros dedican aproximadamente el 85 % de su horario laboral a la docencia directa. Aunque disponen de horas complementarias que se utilizan para labores administrativas, lamentablemente no suelen estar destinadas a la preparación de tareas de aula.

Además de tiempo, las actividades experimentales requieren un espacio donde guardar, custodiar y gestionar instrumentos como telescopios, termómetros, vasos de precipitado, cronómetros, voltímetros…

Formación mejorable en ciencias

El resultado es que el **63,6 % de los alumnos recuerda las ciencias en primaria como algo puramente memorístico**, y solo un **20 %** reconoce haber vivido un **aprendizaje basado en la investigación**.

Esta situación tiene un reflejo directo en los indicadores internacionales, en los que España sigue obteniendo, en el área de ciencias, unas puntuaciones (504 puntos) sensiblemente inferiores a la media de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (526 puntos).

Cómo se enseña a enseñar ciencias

A esto se suma un problema de base en la formación inicial de quienes deben liderar este cambio. La formación didáctica y disciplinar en ciencias experimentales apenas ocupa una **fracción mínima** del currículo universitario de formación de maestros y maestras.

Pregunten a sus profesores y profesoras cómo se formaron en ciencias… Los datos indican que muchos docentes reconocen no sentirse bien preparados para afrontar la enseñanza de estas materias, lo que implica un nivel de confianza bajo. Si los futuros maestros no disponen de entornos de práctica adecuados durante su formación, es difícil que puedan proyectar y exigir esos espacios en sus futuros colegios.

DIVULGAR PARA EDUCAR



La importancia social de las ciencias

Sin embargo, según la última Encuesta de Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología, **el 64 % de la población considera que los beneficios de la ciencia superan a sus perjuicios** y existe una demanda creciente de apoyar las políticas públicas basadas en evidencias.

El interés por la información científica ha aumentado en nuestra sociedad y se demanda una comunicación científica menos superficial. La ciencia vive un momento de auge entre la ciudadanía, pero nuestras instituciones educativas no están aprovechando la coyuntura.

Primaria: el momento clave

Existe una falsa y peligrosa idea en el imaginario colectivo: en primaria no hace falta un laboratorio puesto que *"los niños son muy pequeños"*. Pero es precisamente en estas edades cuando la curiosidad natural debe transformarse y acercarse al trabajo que hacen nuestros científicos.

Niñas y niños deberían poder imaginar tanto ganar la Champions como descubrir el modo de curar una enfermedad. Al negarles un laboratorio, estamos limitando su capacidad para participar como ciudadanos en debates sociocientíficos para valorar críticamente el conocimiento derivado de evidencias.

Un lugar de encuentro e innovación

El laboratorio escolar no debe ser visto como un lujo o un almacén de trastos viejos, debería ser sentido y cuidado como un punto de referencia, un lugar de encuentro, de innovación y de trabajo colaborativo. Es el espacio del colegio donde se pueden trabajar la higiene y la seguridad, y donde los experimentos pueden tener el seguimiento temporal que la ciencia exige: hoy preparamos esto y lo iremos viendo crecer las próximas semanas…

Recuperar o crear estos espacios en nuestros centros de primaria no es solo una cuestión de ladrillos y grifos; es una decisión estratégica. Si queremos una generación de ciudadanos capaces de abordar los retos de la sostenibilidad y la salud con rigor, debemos empezar por devolverles el lugar donde la pregunta se convierte en descubrimiento. Invertir en laboratorios en primaria es invertir en la infraestructura mental del futuro de nuestra sociedad.



Fotografía: Elena Espada Bernabé

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

Imágenes e iconos: Portada (Tribuna Complutense), Canva, Freepik, Fotor, Flaticon