

# BOLETÍN DE DIVULGACIÓN

Facultad de Ciencias Químicas. UCM



## Marzo: Un mes para vivir la química.

Belén Yélamos López  
Vicedecana de Ordenación Académica, Biblioteca y  
Divulgación

En este nuevo número te contamos cómo se está gestando una revolución contra las alergias múltiples utilizando la tecnología del ARNm para crear una "llave maestra" inmunológica. También exploramos el misterio del empaquetamiento del ADN con un nuevo estudio que revela que un pequeñísimo cambio en la distancia de nuestras estructuras celulares determina si nuestro genoma fluye como el agua o es viscoso como la gelatina.

Viajamos a la Segunda Guerra Mundial para descubrir cómo la pureza química del hierro sueco cambió el curso de la historia y provocó el asombroso traslado físico de toda una ciudad, Kiruna, que sigue moviéndose hoy en día.

Para los más curiosos y docentes, presentamos un proyecto práctico para recrear el nacimiento de la electroquímica: cómo construir una pila voltaica funcional utilizando simplemente monedas de cobre y papel de aluminio.

EN ESTE NÚMERO

**NOTICIAS.....2**

**ACTIVIDADES DE  
DIVULGACIÓN.....8**

**LA INVESTIGACIÓN EN LA  
FACULTAD .....13**

**HISTORIA DE LA  
QUÍMICA.....19**

**DIVULGAR PARA  
EDUCAR.....25**



¿Quieres divulgar con nosotros?  
Envíanos tus ideas a  
[vdivulgacionquim@ucm.es](mailto:vdivulgacionquim@ucm.es)

# NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



## LA REVOLUCIÓN DEL ARNm CONTRA LAS ALERGIAS MÚLTIPLES: Hacia una "llave maestra" inmunológica

M. Teresa Villalba Díaz  
Dpto. Bioquímica y Biología Molecular

La alergia es una condición crónica que afecta actualmente a entre el 10% y el 30% de la población mundial, con una incidencia que continúa en aumento. Para millones de personas, el sistema inmunitario reacciona de forma exagerada ante proteínas generalmente inocuas, denominadas **alérgenos**, desencadenando desde síntomas leves hasta choques anafilácticos potencialmente mortales. En Europa, se estima que más de siete millones de personas sufren complicaciones derivadas de la polisensibilización a alérgenos homólogos.

Uno de los mayores retos clínicos es el **Síndrome LTP**, causado por las **proteínas de transferencia de lípidos no específicas (nsLTP)**. Estas proteínas están extremadamente conservadas en el reino vegetal, lo que significa que su estructura es casi idéntica en fuentes tan diversas como el melocotón, la manzana, los frutos secos, las legumbres y pólenes como el del olivo o la parietaria. de esta manera, un paciente sensibilizado al melocotón puede sufrir reacciones graves ante una nuez o un polen sin haber tenido contacto previo, debido a esta "*reactividad cruzada*".

En la actualidad, el manejo de la alergia alimentaria se basa en la evitación estricta del alimento, una estrategia difícil de mantener y que reduce significativamente la calidad de vida. La única opción con potencial curativo es la **inmunoterapia con alérgenos (AIT)**, pero presenta algunas limitaciones importantes como que suele dirigirse a una sola fuente, requiere entre 3 y 5 años de tratamiento, tiene una alta tasa de abandono y conlleva el riesgo de reacciones adversas graves, ya que se expone al paciente a proteínas que pueden activar su IgE y causar anafilaxia.

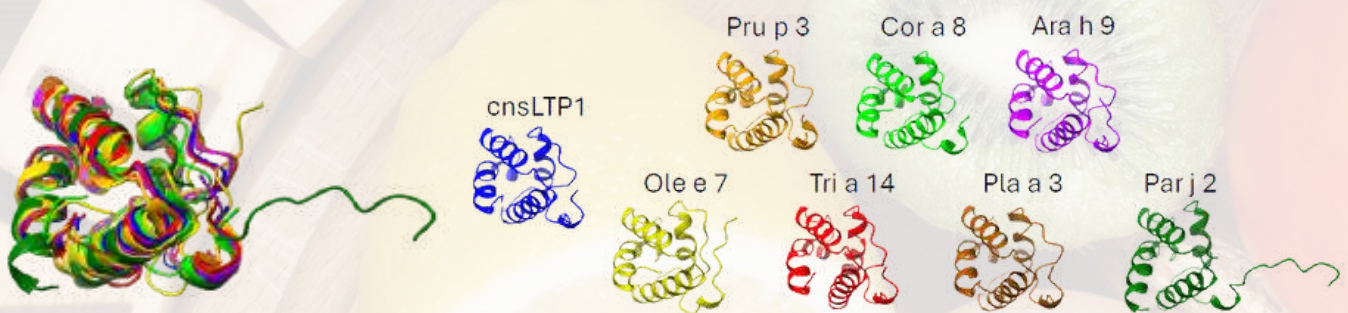
Para superar la falta de protección contra múltiples fuentes, un equipo internacional liderado por la Universidad Técnica de Dinamarca (DTU), en colaboración con el grupo de **Alérgenos de la Facultad de Ciencias Químicas** de la UCM y centros hospitalarios españoles (Vall d'Hebron, Clínic e IBIMA), ha desarrollado una solución innovadora: el **alérgeno de consenso cnsLTP1**. En lugar de utilizar una proteína natural, los científicos emplearon herramientas bioinformáticas para diseñar una proteína artificial que representa la "*media estructural*" de toda la familia de las nsLTP. Esta molécula no existe en la naturaleza, pero agrupa los elementos inmunogénicos más comunes de los miembros más relevantes de la familia.



## NOTICIAS DE DIVULGACIÓN

Los análisis estructurales revelaron algunas claves:

- El cnsLTP1 comparte un 81% de identidad con el alérgeno de la manzana (Mal d 3) y un 75% con el del melocotón (Pru p 3), permitiéndole abarcar características de múltiples variantes.
- Mediante espectroscopia de dicroísmo circular, se demostró que la proteína mantiene su estructura secundaria alfa-helicoidal incluso a 85 °C y recupera su plegamiento original al enfriarse, validando su integridad estructural.
- Los anticuerpos IgE de pacientes humanos con alergias graves reconocieron el cnsLTP1, confirmando que la proteína artificial contiene los epítomos necesarios para ser terapéuticamente útil.



**Figura 1.** Diseño y estabilidad estructural del alérgeno consenso nsLTP1. Estructuras superpuestas de los alérgenos nsLTP y el alérgeno consenso, visualizadas con ChimeraX. Las estructuras se obtuvieron de RCSB.org (Pru p 3: 2B5S; Cor a 8: 4XUW) o se modelaron por homología (Par j 2, Ara h 9, Ole e 7, Tri a 14, Pla a 3 y cnsLTP1). [Nature Communications](#)

El segundo gran avance de este estudio es el sistema empleado para el tratamiento que utiliza una plataforma de ARNm encapsulado en nanopartículas lipídicas (mRNA-LNP), similar a la tecnología de las vacunas contra la COVID-19. Este enfoque actúa como un "**caballo de Troya**": las instrucciones genéticas entran en las células del paciente, que sintetizan el alérgeno de forma controlada en su interior. Al ser una expresión predominantemente intracelular, se reduce la disponibilidad del alérgeno en el espacio extracelular, lo que minimiza el riesgo de que se una a la IgE preexistente y provoque una reacción alérgica o anafilaxia durante el tratamiento. Además, la formulación mRNA-LNP demostró ser más eficaz que la inmunoterapia con proteínas convencionales para inducir una respuesta inmunitaria protectora.

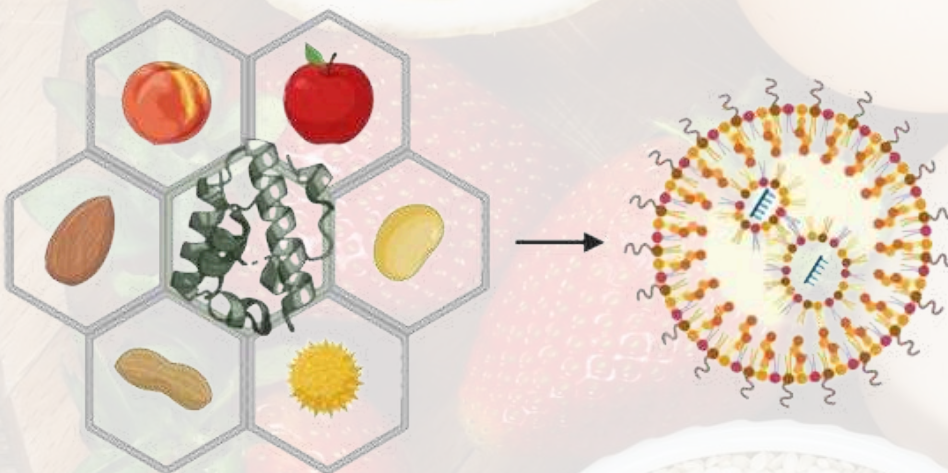
## NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Los experimentos realizados en modelos animales demostraron que esta inmunoterapia era capaz de inducir anticuerpos capaces de reconocer y bloquear alérgenos procedentes de distintas fuentes alimentarias y de pólenes, superando incluso la protección obtenida con la inmunoterapia con alérgenos naturales individuales. Además, la administración del tratamiento resultó segura en los modelos estudiados, sin provocar reacciones adversas durante la inmunización. Aunque en un modelo de alergia grave los animales tratados aún mostraron ciertos síntomas tras la exposición al alérgeno, su perfil inmunológico sugiere que la optimización de la formulación y de la vía de administración podría permitir, en el futuro, desarrollar una solución terapéutica eficaz para estos pacientes.

Los investigadores señalan que este enfoque no solo es aplicable al Síndrome LTP, sino que podría adaptarse rápidamente para tratar otras alergias complejas como las de las profilinas o las proteínas de almacenamiento (como el huevo o el cacahuete). Incluso podría utilizarse para diseñar vacunas universales contra patógenos virales o bacterianos con alta capacidad de mutación.

En conjunto, este trabajo abre una nueva vía para el desarrollo de inmunoterapias más amplias, seguras y personalizables, y refuerza el papel de la colaboración internacional y de la Universidad Complutense de Madrid en la investigación biomédica de vanguardia.



**Más información:** [Nature Communications](#)



## DE LA MOLÉCULA AL CONDENSADO: DESCIFRANDO LA ESTRUCTURA MULTIESCALA DE LA CROMATINA

Belén Yélamos López

Dpto. Bioquímica y Biología Molecular

Dentro del núcleo de nuestras células hay casi dos metros de ADN. Para que quepa en un espacio tan diminuto, la naturaleza no lo guarda de cualquier manera: lo enrolla cuidadosamente en unas estructuras llamadas **nucleosomas**. Sin embargo, este misterio no se ciñe solo en saber cómo se empaqueta el ADN, sino cómo este paquete decide ser, a veces, tan fluido como el agua o, en otras, tan viscoso como la gelatina.

Un nuevo estudio publicado en la revista [Science](#) ha descubierto que la respuesta reside en un detalle asombrosamente pequeño: la distancia de separación entre los nucleosomas. Solo cinco nucleótidos de diferencia en el ADN que une estas estructuras son suficientes para cambiar por completo la arquitectura del genoma, afectando desde cómo se leen nuestros genes hasta la estabilidad de nuestra información genética.

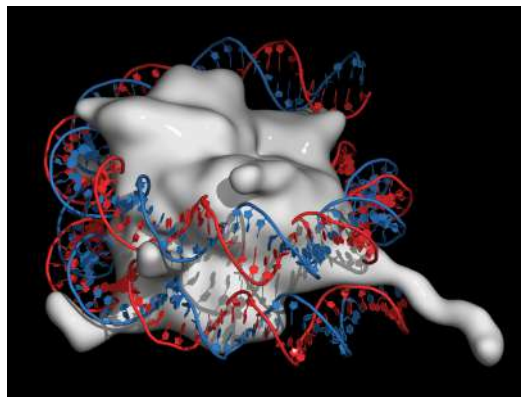


Figura 1. Estructura de un nucleosoma

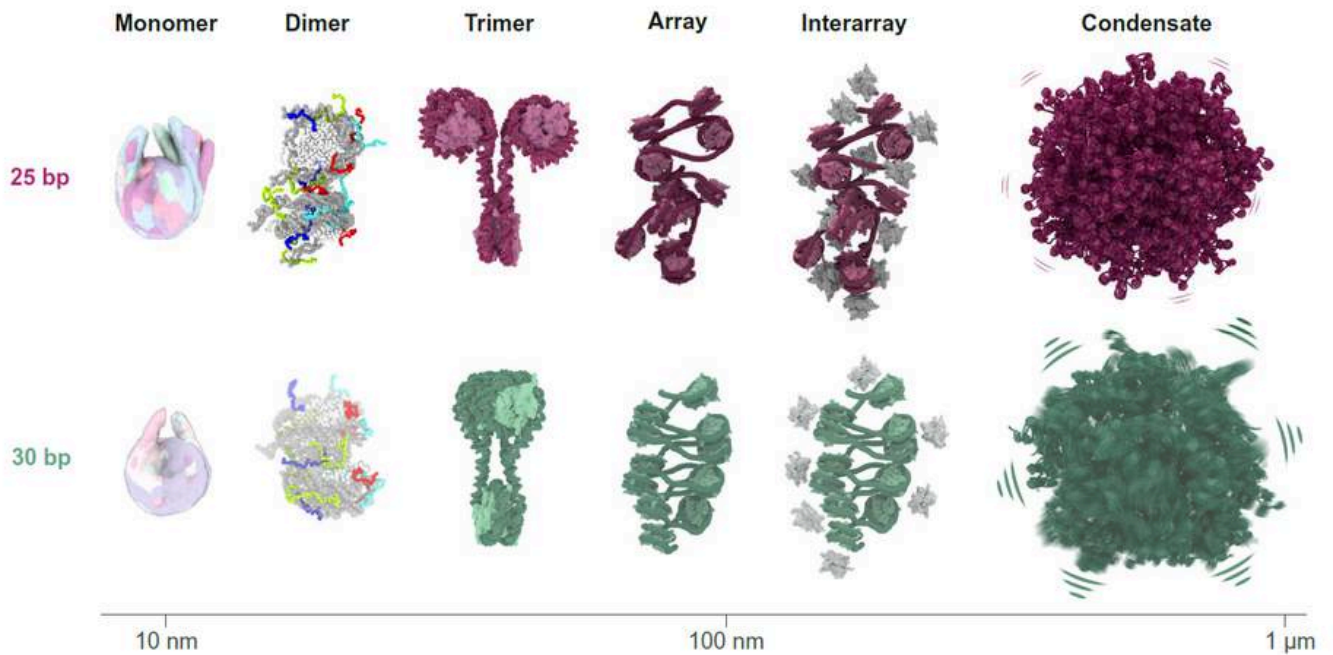
Los científicos llevan años observando que la cromatina (el complejo de ADN y proteínas) puede separarse en el núcleo formando condensados biomoleculares, algo parecido a las gotas de aceite que flotan en el agua. Estas "gotas" de ADN no tienen membranas, pero concentran moléculas clave para que la célula funcione.

El equipo de investigación, liderado por instituciones de EE. UU., Reino Unido, Alemania y el grupo de Jorge Reñé, del Dpto. de Química Física de la Facultad de Ciencias Químicas de la UCM decidió investigar dos modelos de fibras de cromatina sintética: una con un puente de unión de 25 bases y otra de 30 bases.

# NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Utilizando [crio-tomografía electrónica](#), una técnica que permite ver moléculas en 3D con una resolución casi atómica, el equipo descubrió que la longitud del puente de unión determina la colocación de la fibra. Mientras que la fibra de 25 bases es abierta y flexible, con los nucleosomas miran hacia afuera, formando una red densa y robusta, la fibra de 30 bases es compacta y cerrada. Los nucleosomas en este caso forman una estructura apilada similar a una hélice doble de dos hilos. Al estar interactuando consigo mismos, no lo pueden hacer con los nucleosomas de otras fibras.



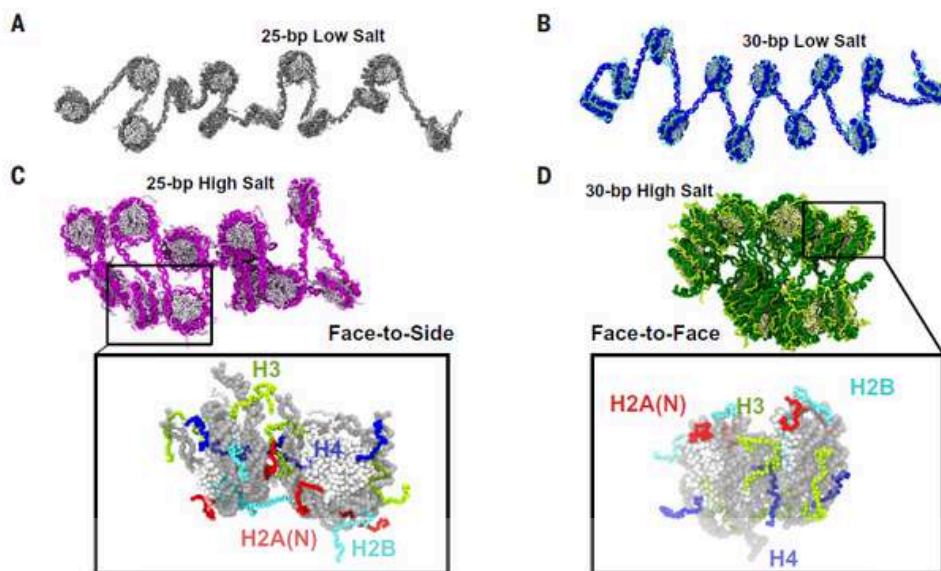
**Figura 2.** Organización de la cromatina a diferentes escalas. Cryo-ET y simulaciones por ordenador revelan cómo la longitud del enlazador de ADN controla la organización multiescala de la cromatina. La cromatina enlazadora de veinticinco pares de bases forma estructuras abiertas y flexibles que permiten redes intermoleculares densas en los condensados. Por el contrario, la cromatina de 30 pb adopta conformaciones compactas y apiladas intramoleculares, creando redes débilmente conectadas. Estas diferencias estructurales explican por qué los condensados de 25 pb muestran una mayor separación de fases, una dinámica más lenta y una mayor viscoelasticidad que los condensados de 30 pb.

El estudio demostró que estas diferencias estructurales determinan si el ADN se comporta como un líquido o como un gel. En los condensados de 25 bases, la red está tan conectada que el material se vuelve viscoelástico. Es como una gelatina que resiste la deformación y donde las moléculas se mueven lentamente. Por el contrario, los condensados de 30 bases forman una red débil, comportándose como un líquido puro donde todo fluye con rapidez.

# NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Los responsables de esta especie de "pegamento" son las colas de las proteínas histonas, unas extensiones desordenadas de las proteínas que actúan como brazos moleculares. Los investigadores descubrieron que la cola de la histona H4 es crucial: si se elimina, la estructura organizada de la fibra de 30 bases colapsa, mientras que la de 25 apenas se inmuta.



**Figura 3.** Diferentes interacciones de la cola de histonas en cromatina de 25 y 30 pb en fase diluida. (A y B) Representaciones esquemáticas de matrices de cromatina de 25 pb (A) y 30 pb (B) en baja salinidad derivadas de crío-ET y ampliadas computacionalmente al modelo químico específico. Las cuentas de ADN se representan en gris oscuro (A) y azul oscuro (B); las cuentas de proteína histona son de color gris claro (A) y azul claro (B). (C y D) Como se muestra en (A) y (B) para la cromatina en alta salinidad. Las cuentas de ADN son de color rosa oscuro (C) y verde oscuro (D); las cuentas de proteína histona son de color rosa claro (C) y verde claro (D). (Insertos) Un par de nucleosomas que interactúan cara a cara (C) y cara a cara (D) a través de las colas de las histonas. Las esferas del núcleo de las histonas son blancas y las de ADN son de color gris claro. Las esferas de la cola de las histonas tienen los siguientes colores: H3, verde; H4, azul; terminal H2A(N), rojo; y H2B, cian.

Al realizar los experimentos con células humanas (HeLa) y de ratón, los científicos confirmaron que nuestro ADN real se organiza de forma muy similar al modelo de 25 bases: formando cúmulos densos, no aleatorios y altamente conectados. Además, el estudio mostró que procesos como la acetilación (una modificación química que ocurre en nuestras células) pueden provocar la apertura de estos condensados, creando poros lo suficientemente grandes para que la maquinaria celular comience a transcribir los genes. Si este equilibrio se rompe debido a mutaciones, las propiedades del ADN pueden alterarse, lo que está en la base de numerosas enfermedades. Entender este código mecánico nos acerca a una nueva era de la medicina, donde podríamos manipular el grado de compactación del genoma para corregir errores genéticos o combatir el envejecimiento celular.

# ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



## ISOCS-2026

### 2nd International Symposium on Chemical Sciences **ISOCS-2026**

16 de abril de 2026



**Aula Magna Profesor  
Alfredo Pérez Rubalcaba**

*Inscripción gratuita pero obligatoria en  
el formulario incluido en la página web*  
<https://eventos.ucm.es/go/2ndISOCS>



### PONENTES INVITADOS



Prof. Bettina Lostch  
University of Munich



Prof. E. W. Meijer  
Technical University of  
Eindhoven



Prof. María Montes  
Universidad de Oviedo



Prof. Enrique Ortí  
Universidad de Valencia

### PATROCINADORES

Más información e inscripciones: [ISOCS 2026](#)

# ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



## FERIA MADRID ES CIENCIA 2026



Del 19 al 21 de marzo de 2026 se celebrará la Feria Madrid es Ciencia en el espacio La Nave. [Madrid es Ciencia](#) es la feria de divulgación científica de la Comunidad de Madrid: un gran laboratorio abierto donde la ciencia se toca, se prueba y se entiende a través de la experiencia directa. Está dirigida a la comunidad escolar y educativa, y al público general.

En la feria la ciencia deja de ser abstracta para convertirse en algo muy real, a partir de los proyectos desarrollados por el alumnado –con el acompañamiento de su profesorado– y por las universidades, centros de investigación, empresas e instituciones.

Con más de 700 actividades interactivas y la participación de cientos de estudiantes, docentes y entidades científicas, Madrid es Ciencia fomenta vocaciones científicas y tecnológicas (STEM), impulsa el pensamiento crítico y el espíritu emprendedor, y ofrece un espacio para compartir conocimiento y experiencias.

La **UCM** estará presente en el **stand B07** el **20 de marzo** con la actividad **“Viaja al pasado para imaginar el futuro con la Geología Complutense”**.



## ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



## FERIA MADRID ES CIENCIA 2026

XV FERIA 2026  
**madridesciencia**  
 Mirando al futuro

fundación para el conocimiento  
 madrid

**COSCE-Aciertas**

**STAND A16**  
 19, 20, 21 de marzo  
 De 10 a 19h  
 La Nave  
 Calle Cifuentes, 5,  
 Villaverde Bajo, Madrid.

El proyecto **ACIERTAS** de **COSCE** estará presente en el **stand A16** del **19 al 21 de marzo** con actividades preparadas por Sociedades Científicas, colegios y centros de investigación.

HORARIO	Jueves 19 de marzo	Viernes 20 de marzo	Sábado 21 de marzo
10:00-12:00	<b>M. GARCÉS, J. J. GARCÍA, I. HEREDERO, A. IBÁÑEZ, T. MARTÍN</b> <i>"Detectives de parásitos"</i> Sociedad Española de Parasitología ----- <b>JORDI DÍAZ</b> <i>"Conviértete en nanotecnólogo"</i> U. de Barcelona Sociedad Española de Materiales	<b>PALOMA SEPÚLVEDA</b> <i>"ADN: el código que nos hace únicos"</i> IES Carpetania. Yepes, Toledo	<b>PAULA CARBALLEIRA, JULIANA M. ROSA, ÁLVARO RUIZ</b> <i>"Construyendo neuronas"</i> Sociedad Española de Neurociencia
12:00-14:00	<b>MARÍA BLANCH, ADRIÁN GARCÍA, HELENA M. MORENO, ALBA SUERO</b> <i>"El cacao que se esconde detrás del chocolate"</i> Facultad de Veterinaria. UCM	<b>JOSÉ L. OLMO</b> <i>"Explorando el fascinante universo de los insectos y otros bichitos"</i> IES Azuer de Manzanares, Ciudad Real	<b>SARA CAZZOLI</b> <i>"Clementina y los planetas"</i> Instituto de Astrofísica de Andalucía
16:00-19:00	<b>TAMARA ESQUIVEL, IRENE GUEVARA</b> <i>"Semillas contra el fuego"</i> ÁPICE	<b>ADRIÁN GARCÍA, VÍCTOR JIMÉNEZ, SANDRA ORTIZ</b> <i>"MicroMundoUCM contra la resistencia a los antibióticos"</i> Sociedad de Microbiología Universidad Complutense de Madrid	<b>OLGA SALIDO</b> <i>"La Sociología en marcha: "Detectives de lo social" (descubre cómo funciona la sociedad en 10 minutos)"</i> Federación Española de Sociología



La Real Sociedad Española de Química estará en el **stand A12** el **21 de marzo**.

# ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



## FALLING WALLS 2026

Este evento está inspirado en uno de los acontecimientos que ha cambiado el mundo: la caída del Muro de Berlín el 9 de noviembre de 1989. En la edición española se reúne a estudiantes y profesionales en inicio de carrera exponiendo sus ideas o proyectos a un jurado experto con el fin de elegir hasta un máximo de tres ganadores para representarnos en la final mundial que se desarrolla cada mes de noviembre en Berlín. Las instituciones implicadas en esta iniciativa somos el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC), la Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular (SEBBM), la **Universidad Complutense de Madrid (UCM)** a través de **Compluemprende**, la Embajada de la República Federal de Alemania en Madrid y el Servicio de Intercambio Académico Alemán (DAAD), y la Academia Joven de España (AJdE).

- **Presentación de solicitudes:** en [Falling Walls Lab Madrid, Spain](#) hasta el 31 de marzo de 2026.
- **Final de Falling Walls Lab Madrid:** 29 de mayo 2026. Salón de actos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Calle Serrano 117, 28006 Madrid.



29 MAY 2026 | 10 AM

## FALLING WALLS LAB IS COMING TO MADRID, SPAIN

Which wall will your research break? Pitch your innovative idea in just 3 minutes, showcasing a breakthrough that creates a positive impact on science and society.

WHO: Students and early-career professionals of all disciplines

WHAT: Convince a jury of your idea - in 3 minutes!

WHY: Join the growing Falling Walls community & win a trip to the Falling Walls Global Finale in Berlin, Germany on 9 November!

WHERE: Salón de Actos CSIC, Madrid (C/ Serrano 117, 28006)

QUESTIONS: [fallingwallspain@gmail.com](mailto:fallingwallspain@gmail.com)

<https://www.mncn.csic.es/es/vieja-el-mncn/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026>

APPLY HERE: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Deadline: 31 March 2026

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)

Apply here: [falling-walls-lab-madrid-espana-2026](https://www.compluemprende.com/actividades/falling-walls-lab-madrid-espana-2026)



# ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



## CERTAMEN LITERARIO DE CIENCIA FICCIÓN ALBERTO MAGO

**EHU** | ZIENTZIA  
ETA TEKNOLOGIA  
FAKULTATEA  
FACULTAD  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA

**50 URTE**  
**ANOS**  
1968 - 2018  
**Biba Zientzia!**  
Ciencia Viva

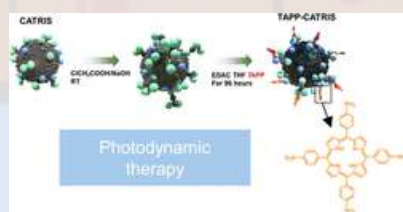
**ALBERTO HANDIA  
ZIENTZIA FIKZIOZKO  
XXXVIII. LITERATURA  
LEHIAKETA  
XXXVIII CERTAMEN  
LITERARIO ALBERTO  
MAGNO DE  
CIENCIA FICCIÓN**

# LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



## Aminoporphyrin-Carbon Dot Nanocomposites for High-Efficiency Photodynamic Therapy

Carla I. M. Santos, Ana Catarina Almeida, Catarina Almeida-Ferreira, Igor Bdkin, **Laura Rodríguez-Pérez**, María Filomena Botelho, Mafalda Laranjo, María A. F. Faustino, **M. Ángeles Herranz**, Ermelinda M. S. Maçõas, M. Graça P. M. S. Neves, **Nazario Martín**, Gil Gonçalves

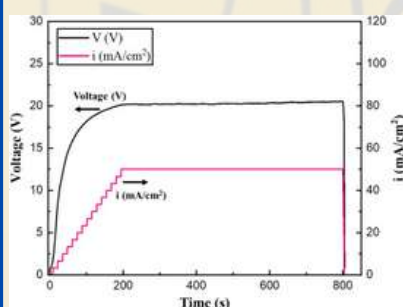


ACS Appl. Nano Mater. 2026  
<https://doi.org/10.1021/acsnm.5c04990>

Los puntos de carbono (CD) son reconocidos por sus excelentes características, entre las que se incluyen su versatilidad química, alta biocompatibilidad, solubilidad en agua, baja toxicidad, fotoblanqueo mínimo e internalización celular eficiente. La conjugación de porfirinas con CD se ha convertido en una estrategia prometedora para abordar la baja solubilidad de estos macrocíclicos en medios acuosos y su falta de especificidad para las células cancerosas, ampliando así su potencial como fotosensibilizadores, en particular para la terapia fotodinámica. En este estudio, los CD sintetizados a partir de ácido cítrico y tris(hidroximetil)aminometano se conjugaron con éxito mediante enlaces covalentes con 5,10,15,20-tetrakis(4-aminofenil)porfirina, fácilmente disponible, lo que dio lugar a un nanohíbrido TAPP-Catris. El éxito de la funcionalización covalente se confirmó mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, espectroscopia Raman y espectroscopia fotoelectrónica de rayos X. La caracterización fotoquímica confirmó que el nanohíbrido generaba eficazmente la especie citotóxica reactiva, el oxígeno singlete ( $^1O_2$ ). Los ensayos biológicos en las líneas celulares HCC1806 de cáncer de mama triple negativo y A375 de melanoma maligno cutáneo revelaron que TAPP-Catris presenta una alta citotoxicidad bajo irradiación con luz filtrada (corte  $>560$  nm), con un  $IC_{50}$  de 3,22 y 3,88  $\mu M$ , respectivamente. La tinción de May-Grünwald Giemsa confirmó que la muerte celular fue mediada por apoptosis. Según nuestro conocimiento, este nanohíbrido basado en porfirina exhibe la mayor actividad terapéutica fotodinámica para estas líneas celulares.

## Plasma electrolytic oxidation of aluminium using conventional anodizing precursors and electrolytic colouring with Cu, Sn and Ni

I. Hidalgo-González, E. Matykina, R. Arrabal



Surf. Coat. Tech. 2026  
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2025.133101>

Estudios previos han demostrado que los precursores de anodización convencionales pueden reducir el consumo energético de la oxidación electrolítica por plasma (PEO) al facilitar la transición al régimen de chispas suaves, que produce recubrimientos más densos con un mejor rendimiento frente al desgaste. En este estudio, investigamos la influencia de los precursores de anodización coloreados electrolíticamente con Cu, Sn y Ni antes de la PEO. Las especies metálicas aceleran la transición a la chispa suave, y el Cu es el que presenta un mayor ahorro energético ( $\sim 54\%$ ) debido a los depósitos en las regiones internas del precursor que favorecen la ruptura dieléctrica. La resistencia al desgaste del sistema más eficiente desde el punto de vista energético (A(Cu)-PEO) fue comparable a la de los recubrimientos sin Cu (PEO, A-PEO), aunque el A-PEO mostró un coeficiente de fricción más bajo ( $\sim 0,69$ ) tras largas distancias de deslizamiento, lo que se relaciona con un recubrimiento más compacto debido a la chispa suave prolongada. La espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) reveló que el Cu daba lugar a una capa barrera más débil en A(Cu)-PEO, pero el sustrato mostró una corrosión insignificante después de 28 días en NaCl al 3,5 % en peso. En general, A-PEO y A(Cu)-PEO son alternativas viables al PEO convencional, ya que ofrecen un ahorro energético sustancial sin comprometer el rendimiento.

# LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



## Multicomponent Photochemical Assembly of C(sp<sup>2</sup>)-S Substituted Imidazoles via Exciplex Formation

Illán Tagarro, Helena F. Piedra, **Daniel González-Pinardo**, **Israel Fernández**, Irene Bosque, Manuel Plaza

Presentamos una estrategia multicomponente impulsada por luz visible para la síntesis de imidazoles funcionalizados con S a partir de haluros orgánicos, isotiocyanatos e isocianuros fácilmente disponibles. El método funciona en condiciones suaves, sin fotocatalizadores, y presenta un amplio rango de sustratos con una excelente tolerancia a los grupos funcionales. Las investigaciones mecánicas detalladas respaldan una vía de reacción que implica la fotoexcitación directa de intermedios tiofenolatos generados in situ y la posterior formación de enlaces C-S basados en radicales. Es probable que este proceso esté regido por interacciones de tipo exciplex, en lugar de complejos donantes-aceptores de electrones preensamblados. En general, este trabajo introduce un modo de activación fotoquímica distinto para la construcción de enlaces C-S y amplía el conjunto de herramientas sintéticas para acceder a heterociclos que contienen azufre.



ACS Org. Inorg. Au 2026  
<https://doi.org/10.1021/acsorginorgau.6c00004>

## Pushing the boundaries of BODIPY chemistry: 2-(dimethylamino)methyl BODIPYs as enablers of diversification with nucleophiles

**Sergio Serrano-Buitrago**, **Carla Marcos**, Natalia Casado, **Andrea Aranda**, **Florencio Moreno**, Jorge Bañuelos, **David Valdivieso González**, **Iván López-Montero**, **Beatriz L Maroto**, **Santiago de la Moya**

La familia de colorantes orgánicos BODIPY se ha convertido en una plataforma versátil en la ciencia de los materiales fotónicos, gracias a sus excelentes propiedades fotofísicas y a la flexibilidad sintética de la química BODIPY. Las estrategias de posfuncionalización han sido fundamentales para ampliar el ámbito de aplicación de BODIPY. Sin embargo, las metodologías actuales para la diversificación rápida con nucleófilos adolecen de limitaciones importantes, como el uso de intermedios inestables, el alcance limitado de los sustratos y la dependencia de reactivos peligrosos o costosos. En este trabajo, presentamos los 2-(dimetilamino)methyl BODIPY como intermedios electrófilos novedosos, estables y fácilmente accesibles que permiten una diversificación eficiente de BODIPY con una amplia gama de nucleófilos protónicos neutros mediante sustitución nucleófila unimolecular. Estos intermedios se sintetizan de forma sencilla a partir de BODIPY 2-no sustituidos, muy comunes y accesibles, mediante sustitución aromática electrófila utilizando sal de Eschenmoser, que es barata, y pueden activarse en condiciones suaves mediante una simple cuaternización con amina. Es importante destacar que esta estrategia es compatible con los BODIPY 3,5-dimetilados, lo que permite seguir utilizando la química de los BODIPY tipo Knoevenagel para la extensión  $\pi$  de cromóforos grandes hacia un desplazamiento batocrómico en la región espectral del rojo al NIR. La eficacia de esta metodología se demuestra mediante la síntesis de una serie de colorantes BODIPY con diversos patrones de sustitución y comportamiento fotofísico seleccionable. Además, destacamos su utilidad práctica mediante el diseño de derivados BODIPY funcionales, incluidos indicadores fluorescentes de pH basados en ICT, biosondas acidotrópicas fluorogénicas y colorantes láser solubles en agua.



Chemistry Science. 2026  
<https://doi.org/10.1039/D5SC08677A>

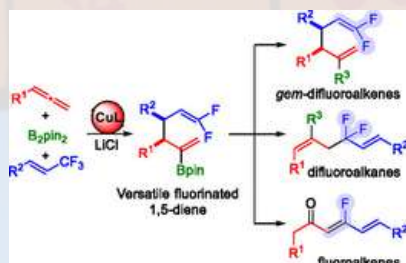
# LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



## Copper-Catalyzed Defluorinative Allylboration of Allenes with Trifluoromethyl Alkenes

Martín Pineiro-Suárez, Hugo Jiménez-Cristóbal, **Israel Fernández**, Martín Fananás-Mastral

Se describe un acoplamiento catalizado por carbén N-heterocíclico/Cu de alenos, bis(pinacolato)diborono y alquenos trifluorometilo. El método permite obtener 1,1-difluoro-1,5-dienos borilados estereodefinidos con altos niveles de selectividad. La integración de un armazón de 1,5-dieno con funcionalidades de boro y flúor convierte a estos productos en bloques de construcción versátiles para la síntesis de compuestos organofluorados valiosos y estructuralmente diversos, como gem-difluoroalquenos, unidades de difluorometileno y fluoruros de alqueno. Los estudios mecánicos y los cálculos de la teoría funcional de la densidad arrojan luz sobre aspectos mecánicos clave del proceso catalítico y sugieren que el LiCl generado *in situ* es esencial para la reacción, ya que ayuda a la adición oxidativa del alqueno trifluorometilo a las especies de alilcobre generadas catalíticamente. Se ha descubierto que la polarización del enlace C—F clave inducida al unirse al LiCl da lugar a una disminución significativa de la repulsión de Pauli desestabilizadora, lo que se traduce en una notable reducción de la barrera de activación de la etapa de adición oxidativa.



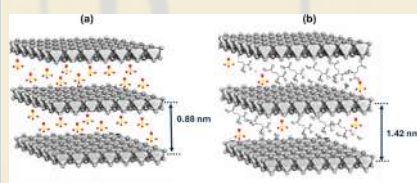
Chemistry Europe. 2026

<https://doi.org/10.1002/ceur.202500296>

## Active corrosion protection of AA2024T3 by the synergy of flash-PEO/Ce coating and epoxy coating loaded with LDH/eco-friendly gluconate

**Muhammad Ahsan Iqbal**, Frederico Maia, **Endzhe Matykina**, Raul Arrabal, Marta Mohedano, Jesús M. Vega

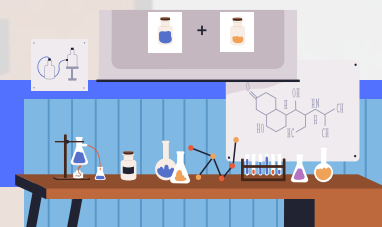
Este estudio presenta un sistema de recubrimiento de doble capa ecológico y energéticamente eficiente para la protección a largo plazo contra la corrosión de la aleación de aluminio AA2024. El sistema comprende una capa de oxidación electrolítica por plasma flash (PEO) basada en Ce (III) y una capa superior de epoxi cargada con hidróxidos dobles en capas (LDH) intercalados con gluconato. La capa PEO (~6  $\mu\text{m}$  de espesor) se sintetizó con un tiempo de oxidación de 100 s utilizando un electrolito a base de  $\text{Na}_3(\text{P}_3\text{O}_6)_3$  con  $\text{Ce}_2(\text{SO}_4)_3$ , lo que permitió alcanzar una alta eficiencia energética (1,52  $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ ) y proporcionar una protección inicial contra la corrosión, inmovilizar especies de cerio para mejorar la compacidad estructural y mejorar la adhesión para la posmodificación con sistemas orgánicos. Para permitir una resistencia activa a la corrosión, se incorporaron LDH intercalados con gluconato (2,5 %, 5 % y 10 %) en la capa superior de epoxi, lo que garantizó una liberación controlada del inhibidor y mantuvo unas propiedades de adhesión significativas en seco y en húmedo. Los análisis estructurales confirmaron el éxito de la intercalación del gluconato y el comportamiento de liberación en solución de NaCl, mientras que la evaluación electroquímica por impedancia demostró una resistencia superior a la corrosión a largo plazo a través de mecanismos sinérgicos: (i) la capa de PEO modificada con cerio mejoró la estabilidad de la interfaz PEO/epoxi, y (ii) la capa de epoxi basada en LDH proporcionó una protección activa. Este sistema de doble capa es un ejemplo de enfoque sostenible, ecológico y de alto rendimiento para la mitigación de la corrosión, que combina tratamientos PEO energéticamente eficientes con recubrimientos orgánicos multifuncionales para aplicaciones exigentes.



Progr. Org. Coat.. 2026

<https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2025.109359>

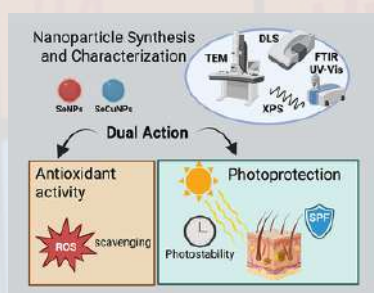
# LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



## Biopolymer-stabilized selenium and selenium-copper nanoparticles with antioxidant and photoprotective dual functionality

Maria de Fatima C. da Silva Neta, Woodland de S. Oliveira, Ari S. Guimarães, Amanda G. da Veiga, **Ángel Pérez-Roldán**, Josue Carinhonha, Cintya D. Angeles do E.S. Barbosa, **José L. Luque-García**, Daniela S. Anunciação

Estudios previos han demostrado que los precursores de anodización convencionales pueden reducir el consumo energético de la oxidación electrolítica por plasma (PEO) al facilitar la transición al régimen de chispas suaves, que produce recubrimientos más densos con un mejor rendimiento frente al desgaste. En este estudio, investigamos la influencia de los precursores de anodización coloreados electrolíticamente con Cu, Sn y Ni antes de la PEO. Las especies metálicas aceleran la transición a la chispa suave, y el Cu es el que presenta un mayor ahorro energético (~ 54 %) debido a los depósitos en las regiones internas del precursor que favorecen la ruptura dieléctrica. La resistencia al desgaste del sistema más eficiente desde el punto de vista energético (A(Cu)-PEO) fue comparable a la de los recubrimientos sin Cu (PEO, A-PEO), aunque el A-PEO mostró un coeficiente de fricción más bajo (~ 0,69) tras largas distancias de deslizamiento, lo que se relaciona con un recubrimiento más compacto debido a la chispa suave prolongada. La espectroscopia de impedancia electroquímica (EIS) reveló que el Cu daba lugar a una capa barrera más débil en A(Cu)-PEO, pero el sustrato mostró una corrosión insignificante después de 28 días en NaCl al 3,5 % en peso. En general, A-PEO y A(Cu)-PEO son alternativas viables al PEO convencional, ya que ofrecen un ahorro energético sustancial sin comprometer el rendimiento.



*Inorg. Chem. Comm.* 2026

<https://doi.org/10.1016/j.inoche.2026.116273>

## Aromatic Characterization of Trepát Grape Pomace Distillates

Yanine Arrieta-Garay, Clara López-Colom, Carles Bargalló-Guinjoan, **Juan José Rodríguez-Bencomo**, Ignacio Orriols, Francisco López

Este estudio investiga la influencia del prensado del orujo de uva en la composición química y las características sensoriales de los destilados de orujo de uva Trepát de dos cosechas consecutivas (2012 y 2013). Los destilados obtenidos a partir del orujo prensado mostraron una mayor graduación alcohólica que los obtenidos a partir del orujo sin prensar (64 % v/v frente a 54 % v/v) y mayores concentraciones de varios compuestos volátiles, entre ellos metanol, hexanoles, aldehídos y ésteres de acetato. Por el contrario, los destilados del orujo sin prensar conservaban niveles más altos de terpenos y farnesoles. El análisis de componentes principales (ACP) puso de relieve las diferencias entre las muestras en función de la añada y del tratamiento del orujo, lo que refleja la variabilidad tecnológica y dependiente de la añada. Los destilados de orujo prensado contenían concentraciones más altas de ésteres de acetato frutales y florales (acetato de 2-feniletilo y acetato de 3-metilbutilo) que los destilados de orujo sin prensar; sin embargo, la evaluación sensorial realizada por un panel de expertos indicó que su expresión frutal a menudo quedaba enmascarada por notas indeseables, como aromas rancios y similares a los de los disolventes. Los destilados no prensados tendían a describirse como más armoniosos y suaves y se percibían como de mayor calidad general. Aunque varios compuestos superaban sus valores de actividad olfativa (OAV > 1), su posible contribución sensorial positiva se veía frecuentemente contrarrestada por concentraciones elevadas de aldehídos y alcoholes superiores. En general, los resultados indican que el prensado del orujo influye en la composición volátil de los destilados de orujo Trepát y puede afectar al equilibrio sensorial, lo que sugiere que un control cuidadoso de las condiciones de prensado podría contribuir a mejorar la calidad aromática de los aguardientes de orujo de uva.



*Beverages* 2026

<https://doi.org/10.3390/beverages12030029>

29

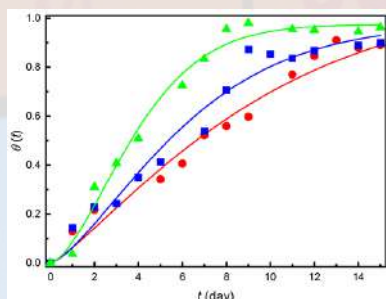
# LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



## Rational Design of Lecithin–Cholesterol Liposomes for Encapsulation and Sustained Release of Diclofenac

Ángela Sánchez-García, Francisco Ortega, Ramón G. Rubio, Eduardo Guzmán

Los liposomas son ampliamente reconocidos como nanotransportadores versátiles en la administración de fármacos debido a su biocompatibilidad, sus propiedades fisicoquímicas ajustables y su capacidad para incorporar compuestos tanto hidrófilos como hidrófobos. En este estudio, se explora la encapsulación y liberación de diclofenaco, un fármaco antiinflamatorio no esteroideo (AINE), utilizando liposomas de lecitina-colesterol. En primer lugar, se optimizaron los parámetros de encapsulación con calceína como fluoróforo modelo, lo que confirmó que la adición de colesterol mejora la eficiencia de la encapsulación al reducir la permeabilidad de la membrana. Guiados por estos resultados, se seleccionaron como formulación optimizada los liposomas que contenían fracciones iguales en peso de lecitina y colesterol, lo que proporcionó eficiencias de encapsulación de calceína y diclofenaco de hasta aproximadamente el 35 %, al tiempo que se mantuvieron diámetros hidrodinámicos inferiores a 300 nm con baja polidispersidad ( $PDI < 0,2$ ), óptimos para la administración intravenosa y la circulación sistémica prolongada. Los estudios de liberación demostraron una liberación sostenida del fármaco durante 15 días, con una liberación acumulativa superior al 80 %. El modelo de Weibull arrojó valores de  $\theta^\infty \approx 1$  y  $\beta$  de hasta  $\sim 1,6$  en cargas más altas, con  $\beta > 1$  indicando un mecanismo de liberación complejo y sigmoideal (no fickiano). Estos hallazgos respaldan el potencial de los liposomas como plataformas de administración de AINE con limitaciones de solubilidad y biodisponibilidad.



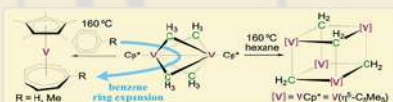
*Colloids Interfaces* 2026

<https://doi.org/10.3390/colloids10020025>

## Arene Incorporation and Ring Expansion in the Thermal Decomposition of a Divanadium(III) Complex With Four Bridging Methyl Groups

Adrián Calvo-Molina, Rodrigo González-Prieto, Jesús Jover, Adrián Pérez-Redondo, José Luis Priego, Carlos Yélamos

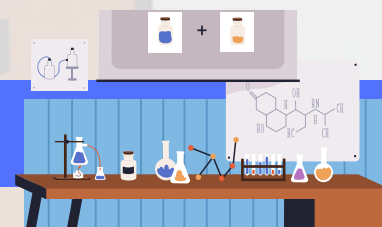
Se describen especies organometálicas de vanadio de capa abierta con estructuras y patrones de reactividad sin precedentes. Los complejos de divanadio(III) con cuatro ligandos de puente piramidales simétricos de tipo metilo o amido,  $[(VCp^*(\mu-X)_2)_2]$  ( $Cp^* = \eta^5-C_5Me_5$ ,  $X = CH_3, NH_2$ ), presentan un estado fundamental de singulete de capa abierta con un único enlace V–V y una diferencia de energía entre el singulete y el triplete relativamente pequeña, según los cálculos teóricos y las mediciones magnéticas. La descomposición térmica de la especie tetrametilica en hexano a 160 °C proporciona limpiamente el complejo de metilideno tetranuclear de tipo cúbico  $[(VCp^*(\mu^3-CH_2))_4]$  con la liberación de metano. Por el contrario, la termólisis análoga en benceno o tolueno permite el aislamiento de derivados de trovaceno con ligandos  $\eta^7$ -cicloheptatrienilo  $[VCp^*(\eta^7-C_7H_6R)]$  ( $R = H, Me$ ), mediante una inserción formal de un fragmento CH en el anillo aromático de seis miembros del disolvente. Se observa una expansión de anillo similar en la termólisis del compuesto tetrametilico en solución de naftaleno (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>), dando lugar a un derivado de trovaceno  $[VCp^*(\eta^7-C_{11}H_9)]$  con la especie de vanadio(I) en forma de sándwich de tres pisos deslizado  $[(VCp^*)_2(\mu-\eta^6: \eta^6-C_{10}H_8)]$  como subproducto aislado. En general, la descomposición térmica de  $[(VCp^*(\mu-CH_3)_2)_2]$  en disolventes bencénicos da lugar a mezclas variables de complejos de metilideno  $[(VCp^*(\mu^3-CH_2))_4]$  y trovaceno, dependiendo de los sustituyentes del areno



*Chem. Eur. J.* 2026

<https://doi.org/10.1039/D6CC00736H>

# LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



*Chemical Comm.* 2026

<https://doi.org/10.1039/D6CC00736H>

## Catalyst-free insertion of carbon monoxide into terminal MgC(sp<sup>3</sup>) bonds

M. Kubisz, I. Fernández, T. J. Hadlington

Describimos la inserción sin catalizador de monóxido de carbono (CO) en enlaces alquilo-magnesio, lo que da lugar exclusivamente a compuestos enediolatos mediante acoplamiento C-C. Los estudios computacionales sugieren la existencia de un intermediario de ceteno metalado. Finalmente, el fragmento enediolato formado puede liberarse al reaccionar con un silano, lo que establece una posible vía para la catálisis de la formilación de alquilos de metales del bloque s.

## Alkylpolyglucoside-Stabilized Oleic Acid Nanodroplets as a Sustainable Platform for the Aqueous Dispersion of Essential Oil Compounds

Laura Fernández-Peña, Emilie Larguier, Solange d'Aligny, **Alejandro Toledo-Sánchez**, Paula Porawski-González, Alejandro Lucía, Chaïma Amara, **Francisco Ortega**, Ramón G. Rubio, Eduardo Guzmán

La encapsulación de moléculas bioactivas hidrófobas, como los compuestos de aceites esenciales (EOC), en nanodispersiones acuosas es fundamental para mejorar su solubilidad, estabilidad y aplicabilidad en diversos sectores industriales. Este estudio analiza la formulación de nanogotas de ácido oleico estabilizadas mediante un alquilpoliglucósido (APG) de origen biológico, sin necesidad de co-tensioactivos auxiliares. En este sistema, el ácido oleico proporciona simultáneamente el núcleo oleoso y contribuye a la carga interfacial, lo que permite que las nanogotas actúen como portadores eficaces de timol y carvacrol. A diferencia de las formulaciones convencionales que requieren co-tensioactivos, este trabajo presenta un enfoque simplificado y más ecológico. Un diagrama de fases pseudoternario definió las regiones de formación de dispersión estable, lo que confirma la viabilidad de un sistema con un solo tensioactivo. La dispersión dinámica de luz confirmó una distribución monomodal del tamaño (10-15 nm), mientras que la espectroscopia de fluorescencia reveló hasta tres entornos químicos distintos para los EOC dentro de las gotitas. Fundamentalmente, la estabilidad del sistema viene determinada por la asociación del ácido oleico en la interfaz, dependiente del pH, tal y como se ha dilucidado mediante mediciones de conductividad y pH. Los resultados demuestran que el aumento de la concentración de EOC provoca el crecimiento de las gotas, lo que puede desestabilizar las dispersiones, lo que pone de relieve la necesidad de optimizar la composición. Esta plataforma de APG y ácido oleico ofrece una alternativa escalable y respetuosa con el medio ambiente para la administración de bioactivos poco solubles, en consonancia con los principios de la química sostenible y reduciendo la huella medioambiental de las formulaciones de aceites esenciales.



*ACS Sustainable Chem. Eng.* 2026

<https://doi.org/10.1021/acsschemeng.5c13845>

Traducción realizada con la versión gratuita del traductor DeepL.com

# HISTORIA DE LA QUÍMICA



## LA IMPORTANCIA DEL HIERRO PARA ALEMANIA EN LA 2ª GUERRA MUNDIAL

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

A pesar de que Alemania controlaba los yacimientos de hierro de las cuencas de Lorena (Francia) y de Polonia (Alta Silesia) tras las invasiones de 1939 y 1940, el mineral de hierro sueco siguió siendo su principal fuente. La cuestión clave residía, no en su escasez, sino en la ley del mineral de hierro más al alcance, de bajo contenido en este elemento. El mineral francés (conocido como “*minette*” en francés o mineta en español), constituido por oolitas y limonita unidas por un cemento basado en carbonatos, era de baja ley, con un contenido en hierro de entre el 28 y el 32% (1). Por el contrario, el mineral extraído de las minas de Kiruna y Gällivare en Suecia presentaba una concentración de entre el 60 y el 70%, ya que consistía principalmente de magnetita y hematita. Esta diferencia implicaba que para producir una tonelada de arrabio (mineral fundido), las acerías alemanas necesitaban procesar el doble de mineral francés que de mineral sueco, lo que duplicaba el consumo de coque y saturaba la capacidad de los altos hornos (2). La saturación de los altos hornos del Ruhr con mineral de baja ley habría provocado un cuello de botella productivo que Alemania no podía permitirse tras el inicio de la [Operación Barbarroja](#) (Invasión de Rusia) (3).



Figura 1. (Izq.) Cristales de magnetita ( $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}_2^{3+}\text{O}_4$ ) y (dcha.) de hematita. Wikipedia.

Los yacimientos suecos se encontraban en dos grandes zonas: [minas de Kiruna y Malmberget](#) en el distrito norte de Laponia, con producción masiva de hierro de alta ley, y [mina de Grängesberg](#) en el distrito central, con mineral de excelente calidad, pero menor volumen. El transporte del mineral era el punto más vulnerable de la cadena de suministro del mineral de hierro sueco.

# HISTORIA DE LA QUÍMICA



El puerto de Luleå, en el Báltico, que era la ruta natural, se congelaba durante cinco meses al año (de diciembre a abril). La alternativa era el puerto noruego de Narvik, que permanecía libre de hielo todo el año gracias a la corriente del Golfo. El mineral se enviaba por ferrocarril (el Malmbanan) desde las minas de Kiruna y Malmberget a Narvik, y de allí por la costa noruega hacia Alemania.



**Figura 2.** El mineral de hierro se extrae en Kiruna y Malmberget y se transporta por ferrocarril hasta los puertos de Luleå (mar Báltico) o Narvik (Océano Atlántico norte) según la época del año (Fronteras entre 1920 y 1940). Wikimedia Commons.

A diferencia de las minas del norte de Kiruna y Malmberget, Grängesberg operaba en el centro de Suecia y poseía el puerto de Oxelösund, situado a unos 100 km al sur de Estocolmo. Este puerto era vital porque, a diferencia de Luleå, tenía una temporada de congelación mucho más corta. Además, Grängesberg mantenía una flota de buques de carga reforzados para el hielo, diseñados específicamente para las dimensiones de las esclusas alemanas y los puertos del Mar del Norte, garantizando un flujo constante incluso bajo el bloqueo británico (4).

Así, hay unanimidad en que ello justificó la invasión de Dinamarca y Noruega en abril de 1940 por parte de Alemania (5). En 1940, Winston Churchill planeaba minar las aguas noruegas y ocupar Narvik para cortar el suministro de hierro a Alemania ([Operación Wilfred](#)). Alemania se anticipó e invadió Dinamarca y Noruega para asegurar la ruta de Narvik y para garantizar que el mineral sueco fluyera sin interrupciones durante el invierno.

# HISTORIA DE LA QUÍMICA



También le permitió a la marina alemana controlar la costa noruega (Kriegsmarine) y evitar así que Gran Bretaña cerrara el Mar del Norte, como hizo en la Primera Guerra Mundial. La ocupación de Dinamarca fue una medida auxiliar logística para asegurar las rutas aéreas y marítimas que protegían los convoyes de mineral que descendían por la costa noruega hacia los puertos del Mar del Norte y el Báltico. Sin el hierro de Suecia vía Narvik, la producción de acero alemana se habría reducido en un 25-30%, aproximadamente, lo que probablemente habría acortado la duración de la guerra (6). La ocupación de Noruega y Dinamarca garantizó por tanto el "corredor del hierro" a lo largo de sus costas, protegidas por la Luftwaffe (Aviación alemana) y los fiordos.

Como es sabido, Suecia nunca fue invadida por los alemanes, a diferencia de Noruega y Dinamarca, que sí lo fueron. Suecia se declaró neutral en el conflicto, a pesar del suministro de hierro a Alemania... y de las presiones de los aliados.

Para comprender la importancia de la composición del mineral, hay que analizar el proceso de obtención del **arrabio** (hierro fundido inicial). En un alto horno, el mineral de hierro se combina con un fundente (caliza) y coque (carbono casi puro). El coque actúa como combustible, dando lugar al monóxido de carbono (CO), que a su vez actúa como agente reductor del mineral de hierro, liberando así el hierro elemento en estado líquido (arrabio). El hierro fundido o arrabio se deposita en el fondo, mientras que las impurezas se combinan con el fundente para formar la escoria. Si el mineral tiene un 60% de hierro (Suecia), se produce mucha menos escoria y se consume bastante menos coque que si tiene un 30% (Francia).

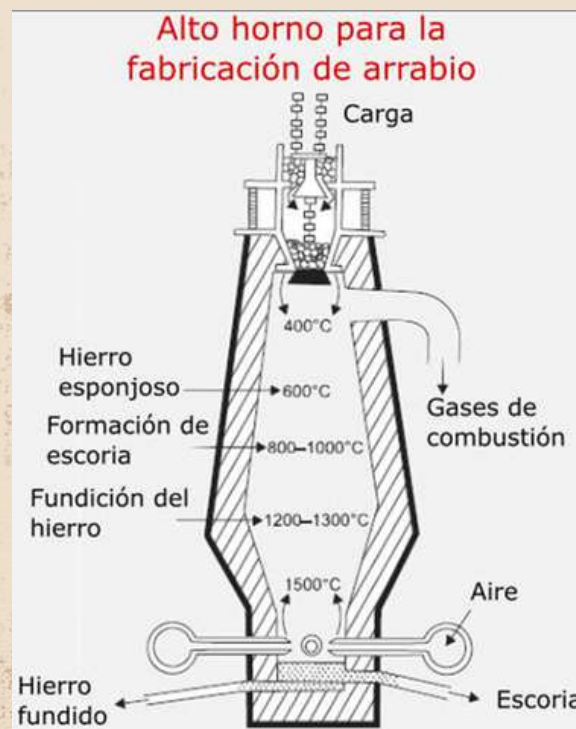


Figura 3. Esquema del proceso de obtención del arrabio. [Geologiaweb](http://Geologiaweb.com).

# HISTORIA DE LA QUÍMICA



La presencia de impurezas como el fósforo y el azufre define la calidad del acero resultante (7). El **fósforo**, presente en grandes cantidades en el mineral de Kiruna (en forma de apatita), hace que el acero sea "*quebradizo en frío*". El fósforo aporta dureza, pero fragilidad. El éxito alemán residió en el uso masivo del convertidor Thomas (revestimiento básico de dolomía). En este proceso, el fósforo se oxida y reacciona con la cal procedente de la descomposición térmica (calcinación) de los carbonatos de la dolomía, formando una escoria rica en fosfatos. Este proceso no solo limpiaba el hierro, sino que producía la "**escoria Thomas**", un fertilizante fosfatado vital para la agricultura alemana bloqueada por los Aliados.

Por su parte, el **azufre**, la impureza más dañina, provoca la "*fragilidad en caliente*". El azufre forma sulfuro de hierro (FeS). Durante el forjado o laminado a altas temperaturas, este sulfuro se funde (punto de fusión bajo), provocando que el metal se agriete. El mineral sueco, a diferencia de otros yacimientos europeos, era extremadamente bajo en azufre, lo que facilitaba la producción de aceros especiales para la industria aeronáutica y de tanques. A cambio de este mineral, Suecia exigía coque y carbón, productos que Alemania poseía en abundancia gracias a las cuencas del Ruhr, Alta Silesia y el Sarre (8). Este intercambio comercial se mantuvo incluso cuando la tendencia de la guerra cambió, demostrando la dependencia mutua: Suecia necesitaba energía para sobrevivir al invierno y Alemania necesitaba el hierro para su supervivencia militar (9).

Durante la guerra, la demanda de mineral de hierro en Alemania se mantuvo entre los 18 y 22 millones de toneladas anuales (10). En 1940 se importaron de Suecia 9,2 millones de toneladas, lo que supuso como el 50% del total de las importaciones. Mientras que en 1943 se llegó a los 10,1 millones de toneladas, cifra que implicaba el 55% de las importaciones totales. Incluso en 1944, bajo bombardeos constantes, Alemania logró importar cerca de 7,5 millones de toneladas de mineral sueco. El comercio solo se detuvo cuando las fuerzas aliadas y la presión diplomática obligaron a Suecia a cerrar sus puertos a los buques alemanes a finales de 1944.

La historia de Kiruna no terminó con la guerra. La ciudad de Kiruna (23.000 habitantes en la actualidad) ofrece hoy un epílogo fascinante a esta historia industrial. Debido a la técnica de hundimiento por subniveles utilizada por la empresa estatal LKAB (Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag) para extraer magnetita a gran profundidad (más de 1.000 m) de su mina, el suelo bajo la ciudad se ha vuelto inestable, con peligro de subsidencia (hundimiento) del terreno.

# HISTORIA DE LA QUÍMICA



Desde 2004, se está llevando a cabo el "**Traslado de Kiruna**". Esto implica mover edificios históricos, infraestructuras y a miles de residentes a un nuevo centro urbano ubicado a 3 km al este del emplazamiento original. Según el informe de sostenibilidad de LKAB de 2023 (11), se está ante el proyecto de reasentamiento urbano más complejo del mundo, financiado íntegramente por las ganancias de la mina por parte de LKAB que, irónicamente, es la causa de la destrucción de la ciudad.



**Figura 4.** Kiruna, la mina de hierro (Magnetita) subterránea más grande del mundo. Visitor Centre Kiruna.

Según el informe de sostenibilidad de LKAB de 2023 (11), el proceso de reasentamiento implica la demolición de barrios antiguos y el traslado físico de edificios históricos, como la iglesia de madera de Kiruna. La iglesia de Kiruna fue movida 5 kilómetros en una operación que culminó en agosto de 2025 tras dos años de preparación de las carreteras para soportar su peso. Se espera que este proceso continúe hasta el año 2035 para permitir la extracción de las reservas de hierro que siguen siendo vitales para la Europa moderna, especialmente ahora con el descubrimiento de tierras raras en la misma zona (**Yacimiento de Per Geijer**) (12).

# HISTORIA DE LA QUÍMICA



**Figura 5.** Traslado a 500 m/h de la iglesia de Kiruna, los días 19 y 20 de agosto de 2025. [LKAB](#).

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Fritz, M. (1974). German Steel and Swedish Iron Ore, 1939-1945. Publications of the Institute of Economic History of Gothenburg University.
- (2) Karlbom, R. (1965). "Sweden's Iron Ore Exports to Germany, 1933-1944". *Scandinavian Economic History Review*, Vol. 13, No. 1, pp. 65-93.
- (3) Gillingham, J. (1985). *Industry and Politics in the Third Reich*. Nueva York: Columbia University Press.
- (4) Leitz, C. (2000). *Nazi Germany and Neutral Europe during the Second World War*. Manchester University Press.
- (5) Ziemke, E. F. (1959). *The German Northern Theater of Operations 1940-1945*. Washington D.C.: Department of the Army.
- (6) Munch-Petersen, T. (1981). "The Strategy of Phoney War: Britain, Norway and the Shipping of Swedish Iron Ore". *Journal of Strategic Studies*, Vol. 4, No. 3, pp. 220-245.
- (7) Lecomte, J. (2012). "Metallurgical Processes in the 20th Century". *Journal of Historical Metallurgy*, Vol. 46, No. 2, pp. 85-102.
- (8) Tooze, A. (2006). *The Wages of Destruction: The Making and Breaking of the Nazi Economy*. Londres: Allen Lane.
- (9) Müller, R. D. (2015). *The Unknown Eastern Front: The Wehrmacht and the War of Annihilation*. Londres: I.B. Tauris.
- (10) Milward, A. S. (1977). *The German Economy at War*. Londres: Athlone Press.
- (11) LKAB (2023). [Annual and Sustainability Report 2023](#).
- (12) RTVE. Suecia encuentra la mayor mina de tierras raras de toda la UE y que ayudaría a reducir la dependencia de China. [Noticia del 13 de enero de 2023](#).

# DIVULGAR PARA EDUCAR



¿Sabías que el debate Volta-Galvani inspiró a Mary Shelley a escribir Frankenstein?



## EL NACIMIENTO DE LA ELECTROQUÍMICA: CONSTRUYENDO UNA PILA VOLTAICA SENCILLA



Este artículo ofrece una propuesta para estudiantes de secundaria (15 a 18 años) que combina la historia de la ciencia con la experimentación práctica. El objetivo central es comprender el funcionamiento de las baterías recreando la famosa pila de Alessandro Volta utilizando materiales cotidianos.

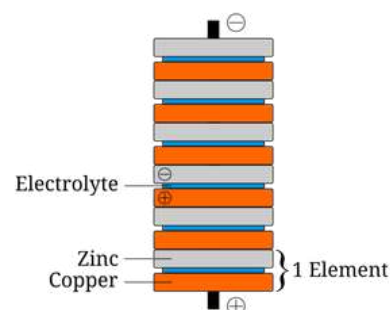
El proyecto parte del debate científico de finales del siglo XVIII entre [Luigi Galvani](#) y [Alessandro Volta](#). Galvani observó que las patas de las ranas se contraían con estímulos eléctricos y propuso la existencia de una "*electricidad animal*". Volta desafió esta idea, argumentando que la electricidad no provenía del tejido vivo, sino del contacto entre dos metales diferentes mediados por un conductor húmedo. Este desacuerdo llevó a Volta a inventar la primera pila, sentando las bases de la electroquímica moderna.



Pila de Volta. Museo Tempio Voltiano, Como.  
Image: GuidoB/Wikipedia, CC BY-SA 3.0

Se plantean dos actividades:

- **Actividad de Investigación Histórica.** Los estudiantes investigan el contexto científico del siglo XVIII y las posturas de Galvani y Volta. Posteriormente, participan en un debate estructurado o representación donde defienden una de las dos posturas.
- **Construcción de una Pila de Monedas.** Los estudiantes construyen una celda electroquímica funcional con monedas de cobre (como las de 5 céntimos de euro). Este dispositivo convierte energía química en eléctrica mediante reacciones redox espontáneas. El aluminio actúa como ánodo (se oxida y pierde electrones) y el oxígeno en el cátodo se reduce (gana electrones), mientras que la solución salina actúa como puente salino permitiendo el movimiento de iones.



Esquema de la pila voltaica. En este caso, se utiliza aluminio en lugar de zinc. Image: Borbrav/Wikipedia, CC BY-SA 3.0

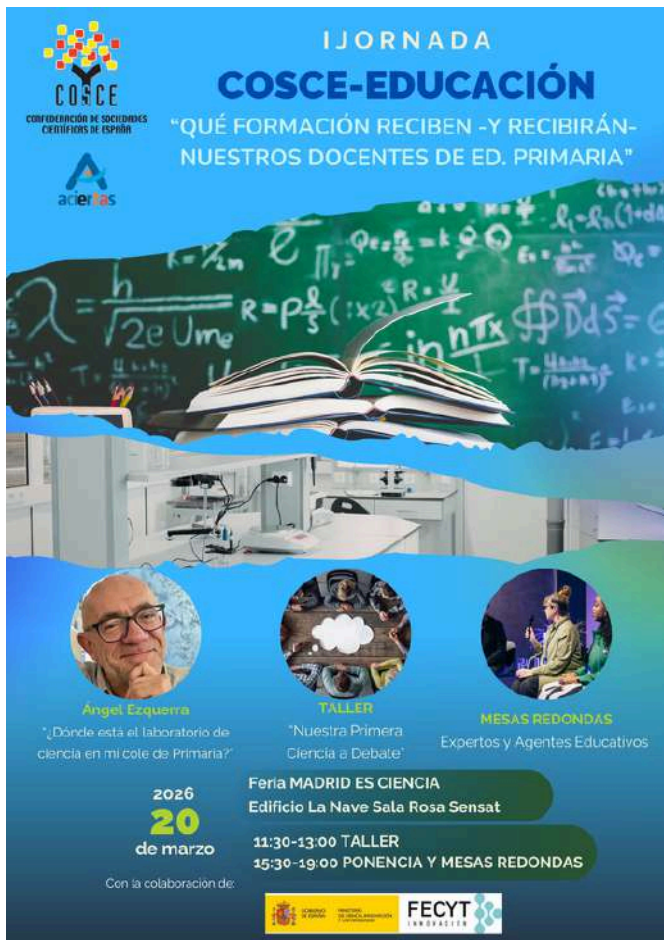
# DIVULGAR PARA EDUCAR



## JORNADA COSCE-EDUCACIÓN

El próximo 20 de marzo de 2026 se celebrará la **I Jornada COSCE EDUCACIÓN "Qué formación reciben-y recibirán-nuestros docentes de Ed. Primaria"** en el marco de la Feria Madrid es Ciencia. Constará de una serie de actividades que invitarán al debate sobre el papel de la enseñanza de la ciencia en la educación Primaria y la capacidad de los maestros y maestras para transmitir el conocimiento científico a nuestros niños y niñas.

La entrada es gratuita hasta completar aforo.



**I JORNADA  
COSCE-EDUCACIÓN**  
"QUÉ FORMACIÓN RECIBEN -Y RECIBIRÁN-  
NUESTROS DOCENTES DE ED. PRIMARIA"

**COSCE**  
CONFEDERACIÓN DE SOCIEDADES  
CIENTÍFICAS DE ESPAÑA

**adertias**

**PROGRAMA**

**11:30 TALLER**  
"Nuestra Primera Ciencia a Debate"  
Jose Maria Fernandez Fuertes, Maria Martinez Chicharro. Profesores de Educación Secundaria.

**15:30 CHARLA**  
"¿Dónde está el laboratorio de ciencia en mi cole de Primaria?"  
Ángel Ezquerro. Profesor Titular. Facultad de Educación. UCM

**17:00 MESA REDONDA 1**  
Modera: Ángel Ezquerro  
"¿Qué ciencias necesita saber enseñar un maestro? Perspectivas desde la investigación y las sociedades científicas"  
Germán Ros, José I. Ortega, Beatriz Bravo, José Manuel Pérez


**18:00 MESA REDONDA 2**  
Modera: Pilar Calvo  
"Perfil del maestro del futuro: necesidades reales y compromisos educativos"  
Javier Rodríguez (Ministerio de Educación y Formación Profesional), Ana Barreras (CONFAPA), Vicente Mañes (FEDEIP), Leticia Redondo (Mostra de Educación infantil y Primaria)

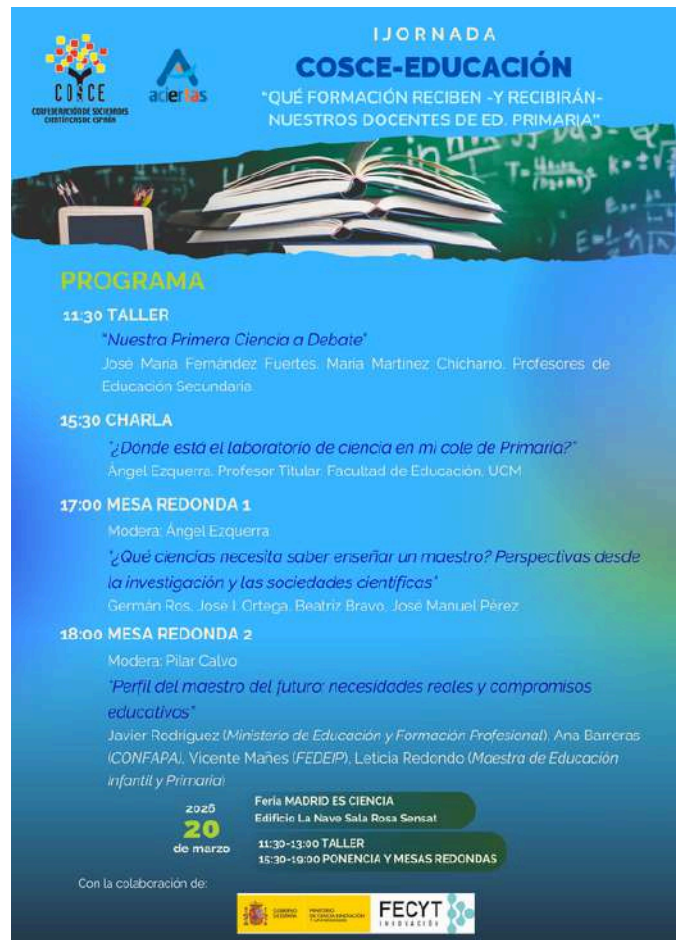
**2026**  
**20**  
de marzo

Feria MADRID ES CIENCIA  
Edificio La Nave Sala Rosa Sensat

11:30-13:00 TALLER  
15:30-19:00 PONENCIA Y MESAS REDONDAS

Con la colaboración de:





**I JORNADA  
COSCE-EDUCACIÓN**  
"QUÉ FORMACIÓN RECIBEN -Y RECIBIRÁN-  
NUESTROS DOCENTES DE ED. PRIMARIA"

**COSCE**  
CONFEDERACIÓN DE SOCIEDADES  
CIENTÍFICAS DE ESPAÑA

**adertias**

**PROGRAMA**

**11:30 TALLER**  
"Nuestra Primera Ciencia a Debate"  
Jose Maria Fernandez Fuertes, Maria Martinez Chicharro. Profesores de Educación Secundaria.

**15:30 CHARLA**  
"¿Dónde está el laboratorio de ciencia en mi cole de Primaria?"  
Ángel Ezquerro. Profesor Titular. Facultad de Educación. UCM

**17:00 MESA REDONDA 1**  
Modera: Ángel Ezquerro  
"¿Qué ciencias necesita saber enseñar un maestro? Perspectivas desde la investigación y las sociedades científicas"  
Germán Ros, José I. Ortega, Beatriz Bravo, José Manuel Pérez


**18:00 MESA REDONDA 2**  
Modera: Pilar Calvo  
"Perfil del maestro del futuro: necesidades reales y compromisos educativos"  
Javier Rodríguez (Ministerio de Educación y Formación Profesional), Ana Barreras (CONFAPA), Vicente Mañes (FEDEIP), Leticia Redondo (Mostra de Educación infantil y Primaria)

**2025**  
**20**  
de marzo

Feria MADRID ES CIENCIA  
Edificio La Nave Sala Rosa Sensat

11:30-13:00 TALLER  
15:30-19:00 PONENCIA Y MESAS REDONDAS

Con la colaboración de:



# DIVULGAR PARA EDUCAR



## IV CERTAMEN DE PROYECTOS EDUCATIVOS DE QUÍMICA

The poster has a dark blue background with abstract light blue shapes. At the top, the title "IV CERTAMEN DE PROYECTOS EDUCATIVOS DE QUÍMICA" is written in large, glowing white letters. Below it, the subtitle "Explorando Ciencia, Creando Futuro" is in a smaller white font. The logo of the Facultad de Ciencias Químicas at Universidad Complutense Madrid is shown, along with a QR code. A 3D rendering of a white and blue robot holding a flask with blue liquid is on the left. On the right, a white box lists the supporting organizations: ANAYA, SEBBM, RSEQ (Real Sociedad Española de Química), Grupo Especializado de Didáctica e Historia de la Física y la Química, feiQue (Foro Química y Sociedad), SUSCHEM ES (Química Sostenible), Colegio Oficial de Químicos de Madrid, and the Vice-rectorado de Estudiantes Unidad de Orientación y Difusión of the Universidad Complutense Madrid.

**IV CERTAMEN  
DE PROYECTOS EDUCATIVOS  
DE QUÍMICA**

**“Explorando Ciencia, Creando Futuro”**

  **FACULTAD DE  
CIENCIAS QUÍMICAS**  
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

**Bases e Inscripción**



Con el apoyo y la colaboración de:

  Sección  
Territorial  
de Madrid

Grupo Especializado de Didáctica e Historia  
de la Física y la Química

  Real Sociedad Española de Física y la Química

  **FORO  
QUÍMICA y SOCIEDAD**

Federación Empresarial de la **ANQUE** | **COOINDUSTRIA** | **CEEO** | **COQUÍMICOS**  
Industria Química Española | **CSIC** | **EXPOQUÍMICA** | **FEQUE** | **FEPIQ** | **UNIQ FICA**

**SUSCHEM ES**  
Química Sostenible

  Colegio Oficial de Químicos  
de Madrid | Asociación de Químicos e  
Ingenieros Químicos  
de Madrid

 **Vicerrectorado de Estudiantes  
Unidad de Orientación y Difusión**

# BOLETÍN DE DIVULGACIÓN. Nº 44

Facultad de Ciencias Químicas. UCM

Vicedecanato de Ordenación Académica, Biblioteca y Divulgación



Fotografía: Elena Espada Bernabé



FACULTAD DE  
CIENCIAS QUÍMICAS

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID