

BOLETÍN DE DIVULGACIÓN

Facultad de Ciencias Químicas. UCM



Junio: la química también juega en el Mundial 2026

Belén Yélamos López
Vicedecana de Ordenación Académica, Biblioteca y
Divulgación

En este número veremos cómo la química de materiales está muy presente en el Mundial de Fútbol 2026, con innovaciones como el balón Trionda, o la fabricación del trofeo que levantará el campeón. En el siguiente número nos centraremos en el futbolista. Más allá del deporte, exploramos la relevancia geopolítica de las tierras raras, denominadas las "vitaminas de la industria" por ser esenciales en la fabricación de pantallas LED, imanes potentes para aerogeneradores y tecnología militar avanzada.

Además, nos hacemos eco del éxito de la nueva actividad divulgativa de la facultad, el "Teatro Químico", que utiliza parodias televisivas para despertar vocaciones científicas, y de otras que ya van por su cuarta edición, el Certamen de Proyectos Educativos.

Finalizamos explicando el uso de la enología como recurso didáctico para enseñar procesos de fermentación, acidez y controles de calidad de forma práctica y amena en las aulas.

EN ESTE NÚMERO

NOTICIAS.....2

**ACTIVIDADES DE
DIVULGACIÓN.....10**

**LA INVESTIGACIÓN EN LA
FACULTAD17**

**HISTORIA DE LA
QUÍMICA.....21**

**DIVULGAR PARA
EDUCAR.....31**



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

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



DEL POLÍMERO AL ORO: LA QUÍMICA DE LOS MATERIALES QUE HACEN POSIBLE EL FÚTBOL

M. Belén Yélamos López

Dpto. Bioquímica y Biología Molecular

El 11 de junio de 2026, cuando el árbitro hizo sonar el silbato en el primer partido del [Mundial de Fútbol de 2026](#), millones de personas dirigieron inmediatamente la mirada hacia los jugadores. Pero no pensaron que, sin la química moderna, casi ninguno de los objetos que aparecían sobre el césped sería posible. El balón, las botas, las camisetas, los guantes del portero, el propio terreno de juego e incluso el trofeo que levantará el campeón son el resultado del desarrollo de la química de materiales.

Aunque, a simple vista, un partido parece una sucesión de carreras, pases y disparos, y algunas faltas también, cuando se observa desde el punto de vista de la química de materiales, lo que podemos ver también es un verdadero laboratorio en movimiento. Polímeros que se deforman y recuperan su forma, fibras que transportan el sudor, espumas que absorben impactos y metales que resisten la corrosión intervienen en cada jugada. La química no marca goles, pero puede determinar el vuelo del balón, el agarre de las botas del jugador a al césped o el peso de una camiseta empapada por el esfuerzo del futbolista.



El balón: una esfera de ingeniería química

En el inicio de este deporte, los balones se fabricaron con una cámara interior inflable recubierta por paneles de cuero cosidos. El **cuero**, constituido principalmente por fibras de [colágeno](#) tratadas mediante procesos de curtido, proporcionaba resistencia, pero presentaba algunos inconvenientes. La superficie del balón no era completamente regular, las costuras alteraban la trayectoria y, cuando llovía, el material absorbía agua pues presentaba una alta [higroscopicidad](#). El balón aumentaba de masa y se volvía más duro, de modo que golpearlo -especialmente con la cabeza- podía resultar incómodo e incluso peligroso.

La llegada de los materiales poliméricos transformó el balón. En los modelos profesionales actuales, la cubierta suele estar formada principalmente por **poliuretano**. Los poliuretanos constituyen una familia de polímeros que se obtienen mediante la reacción entre el grupo isocianato y una molécula con grupos hidroxilo, normalmente polioles. La modificación de la estructura de los reactivos y las condiciones de fabricación se pueden obtener materiales rígidos, espumas blandas, adhesivos o elastómeros muy flexibles.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Pelota de cuero de 1930 (Imagen: futbolburbuja.com)

En el caso del balón de fútbol, lo que se quiere conseguir es flexibilidad, resistencia a la abrasión, baja absorción de agua y un tacto suave. Esto puede alcanzarse con el poliuretano. Además, puede moldearse para incorporar pequeñas texturas superficiales que modifican la interacción entre el balón y el aire.

Por debajo de esta cubierta se encuentran capas textiles y espumas poliméricas. Los tejidos de **poliéster o poliamida** ayudan a conservar la forma esférica, mientras que las espumas amortiguan el impacto. Al ser golpeado por el jugador, el balón se aplasta durante una fracción de segundo. La deformación de los materiales permite almacenar de forma temporal la energía, que después se libera, impulsando de nuevo la pelota.

En el núcleo se encuentra la cámara que contiene el aire. Con frecuencia se fabrica con **caucho butílico**, un copolímero formado mayoritariamente por isobutileno y una pequeña cantidad de isopreno. Su principal ventaja es su escasa permeabilidad a los gases. Las moléculas de aire atraviesan el material con dificultad, por lo que el balón conserva la presión durante más tiempo que uno equipado con una cámara de látex natural.

En este Mundial 2026, el protagonista es el **Trionda**, un esférico que no solo es una maravilla aerodinámica de cuatro paneles ondulados, sino una pieza de electrónica avanzada. Su nombre combina la idea de tres países con la imagen de las ondas. Los colores rojo, verde y azul hacen referencia a Canadá, México y Estados Unidos, mientras que su geometría se inspira en el movimiento de "la ola" en las gradas. La cubierta del modelo profesional está fabricada en poliuretano y se construye mediante cuatro paneles de geometría ondulada. En lugar de coserse con hilo, los paneles se unen mediante termosellado. El calor y la presión permiten formar una superficie prácticamente continua, con menor absorción de agua y menos irregularidades que una pelota cosida tradicionalmente.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



PARTES DEL BALÓN TRIONDA

Balón oficial del Mundial 2026

- 1 Cubierta exterior de poliuretano**
Superficie resistente, precisa y con buena respuesta al toque.
- 2 Textura en relieve**
Mejora el agarre y el control, incluso en húmedo.
- 3 4 paneles termofusionados**
Menos uniones, mejor estabilidad en vuelo.
- 4 Capas internas de EVA, poliéster y viscosa**
Aportan amortiguación, forma y consistencia.
- 5 Cámara interior**
Mantiene la presión y la forma del balón.
- 6 Válvula de inflado**
- 7 Chip IMU lateral**
Sensor conectado para ayudar al arbitraje.
- 8 Contrapesos internos**
Equilibran el balón para conservar la estabilidad.

Dato clave ★

El diseño de TRIONDA usa solo 4 paneles y un sensor interno para mejorar la precisión y el seguimiento del balón.

 MÁS PRECISIÓN Vuelo estable y trayectorias consistentes.	 MEJOR CONTROL Agarre superior incluso en condiciones húmedas.	 DISEÑO INNOVADOR Solo 4 paneles para más estabilidad y menos absorción de agua.	 TECNOLOGÍA Chip IMU para un seguimiento más preciso del balón.
--	---	---	--

Infografía de las partes del Trionda, el balón del Mundial 2026 (Preparada con IA: ChatGPT).

En su interior alberga un sensor de movimiento de 500 hercios que envía señales constantes al **VAR (Árbitro Asistente de Video)** para resolver fueros de juego y goles "fantasma". Lo más asombroso es su gestión energética: el sensor se recarga de forma inalámbrica en una estación específica, eliminando la necesidad de puertos físicos. Además, la colocación de este dispositivo electrónico en una pelota sometida continuamente a golpes intensos no es sencillo. El sensor debe permanecer equilibrado para no desplazar el centro de masas y alterar el vuelo.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Las botas: adherencia, ligereza y protección

Las primeras botas de fútbol eran pesadas, rígidas y estaban confeccionadas, como en el caso del balón, casi enteramente en cuero. En las actuales, cada zona de la bota desempeña una función específica.

La **parte superior** puede fabricarse con tejidos sintéticos de **poliéster, poliamida o poliuretano termoplástico (TPU)**. Este último se comporta como un elastómero a temperatura ambiente, un tipo de polímero que destaca por su gran elasticidad, maleabilidad y viscoelasticidad. Su principal característica es que puede estirarse considerablemente, deformarse y recuperar su tamaño y forma original. Su combinación de elasticidad, resistencia al desgaste y facilidad de procesado lo convierte en un material habitual en refuerzos, recubrimientos y suelas.

Algunas botas conservan cuero natural en determinadas partes por su capacidad para adaptarse a la forma del pie. Sin embargo, los materiales sintéticos permiten reducir el espesor y controlar mejor la impermeabilidad. También facilitan la incorporación de superficies rugosas o relieves destinados a aumentar la fricción con el balón.

La **mediasuela** suele incluir espumas como el **copolímero de etileno y acetato de vinilo, conocido como EVA**. Dentro de esta espuma existen numerosas celdas llenas de gas. Al apoyar el pie o recibir un impacto, las celdas se comprimen y absorben parte de la energía mecánica. Después recuperan su volumen original.

La **suela** y los **tacos** deben transmitir la fuerza al suelo sin provocar un agarre excesivo que aumente el riesgo de lesión. La geometría y la dureza de los tacos cambian según se juegue sobre césped natural seco, terreno húmedo o césped artificial. Para fabricar estas piezas se utilizan **poliuretanos, TPU, poliamidas y otros polímeros reforzados**.



Las botas de fútbol que Pedri, jugador de la Selección Española, llevará en el Mundial 2026.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Camisetas que gestionan agua y calor

La tecnología ha llegado también al uniforme del futbolista. Durante un partido intenso, el cuerpo produce gran cantidad de calor y activa la sudoración. El sudor solo enfría eficazmente cuando se evapora; si queda retenido en una prenda empapada, se transforma en peso adicional y dificulta el intercambio térmico.

El **algodón** con el que se confeccionaban las antiguas camisetas está constituido principalmente por **celulosa**, un polímero natural rico en grupos hidroxilo. Estos grupos interaccionan con las moléculas de agua mediante enlaces de hidrógeno, por lo que la fibra absorbe fácilmente humedad. Esta propiedad resulta agradable en muchas prendas cotidianas, pero puede ser un inconveniente durante el ejercicio porque el algodón puede retener **el 7% de su peso en sudor**.

El poliéster, por el contrario, es mucho menos **hidrófilo**. Absorbe poca agua en el interior de sus fibras, el **0,4% de su peso en agua**. Con una adecuada estructura del tejido, el sudor puede desplazarse por pequeños canales entre los filamentos gracias al fenómeno de la **capilaridad**. La humedad se distribuye sobre una superficie mayor y se evapora con más rapidez.

Muchas camisetas incorporan además **elastano**, un material basado en segmentos de poliuretano que puede estirarse considerablemente y recuperar después su longitud inicial. Una pequeña proporción basta para que la prenda se ajuste al cuerpo sin limitar los movimientos.

Los escudos, dorsales y logotipos pueden aplicarse mediante películas y adhesivos **termoplásticos**. Su formulación debe soportar lavados, flexiones, rozamiento y sudor, que contiene agua, sales, urea y pequeñas cantidades de otras sustancias capaces de degradar determinados materiales.



Los guantes del portero: la química del agarre

En los guantes del portero, la palma se fabrica habitualmente con espumas de **látex**. El látex natural proviene de la savia del árbol del caucho. Su componente principal es el **poliisopreno** ($(C_5H_8)_n$), un polímero hidrocarbonado que le otorga su alta elasticidad e impermeabilidad. También hay látex sintético, que en este caso suele ser **caucho de estireno-butadieno (SBR)**, derivado de productos petroquímicos.

La formulación del látex debe buscar un equilibrio difícil. Un látex muy blando puede proporcionar un agarre excelente, porque se adapta a las irregularidades microscópicas del balón, pero tiende a desgastarse con rapidez. Uno más duro resulta duradero, aunque normalmente ofrece menos adherencia.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



El césped: naturaleza y polímeros

El terreno de juego natural requiere una química muy distinta. La hierba necesita **nitrógeno** para sintetizar proteínas y clorofila, **fósforo** para numerosas reacciones de transferencia de energía y **potasio** para regular procesos osmóticos y enzimáticos. Los fertilizantes aportan estos nutrientes en forma de sales que las raíces pueden absorber. El cuidado del campo exige controlar también el pH, la humedad, la aireación y la salinidad del suelo. Una fertilización excesiva no solo perjudica a la planta; el arrastre de nitratos y fosfatos puede contaminar aguas y favorecer procesos de **eutrofización**.

Tras la prohibición de las **fibras de nylon** originales en los años 80 y 90 debido a su excesiva abrasividad, la FIFA aprobó nuevamente el césped sintético en 2005. Ahora, el césped artificial está formado por fibras poliméricas, normalmente de **polietileno**, que le da suavidad, fijadas a una base de polipropileno o poliéster, que le otorga resistencia. Entre las fibras se introduce un relleno que ayuda a mantenerlas erguidas y modifica la amortiguación y la respuesta del terreno. Tradicionalmente se ha empleado **caucho granulado** procedente de neumáticos, aunque sus posibles efectos ambientales han impulsado la búsqueda de rellenos alternativos, entre ellos corcho, materiales termoplásticos y mezclas orgánicas.

El reto consiste en reproducir el comportamiento de un campo natural sin generar una superficie demasiado abrasiva ni excesivamente caliente. Los polímeros oscuros absorben radiación solar y pueden alcanzar temperaturas elevadas. También se investiga cómo reducir la pérdida de **microplásticos** por desgaste y dispersión del relleno.



Campo de fútbol con césped natural (drcha.) y con césped artificial (izda.)

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



El trofeo: oro, cobre y malaquita

Al final del Mundial, todo el desarrollo tecnológico del torneo converge en un objeto mucho más tradicional: la **Copa Mundial de la FIFA**. El trofeo actual, diseñado por el escultor italiano **Silvio Gazzaniga** y entregado por primera vez en 1974, mide aproximadamente 36,8 centímetros y pesa algo más de seis kilogramos.



Silvio Gazzaniga, artista milanés que diseñó y produjo la Copa del mundial de fútbol.

Está fabricado con **oro** de 18 quilates, es decir, de cada 24 partes de la aleación, 18 corresponden a oro, lo cual equivale a un 75 % de oro en masa. El resto está formado por otros metales, habitualmente **cobre**, **plata** u otros elementos en proporciones ajustadas para aumentar la dureza y modificar ligeramente el color.

El oro puro, de 24 quilates, es relativamente blando. Sus átomos pueden desplazarse con facilidad dentro de la red metálica, por lo que una pieza de oro muy puro se raya y deforma con más facilidad. Al incorporar otros metales se introducen átomos de distinto tamaño que dificultan el movimiento de las dislocaciones del cristal metálico. La aleación conserva el brillo y la resistencia a la corrosión del oro, pero adquiere mayor solidez.

En la base aparecen dos bandas de **malaquita**, un mineral de cobre (dihidróxido de carbonato de cobre (II), $\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$). Su color procede de los iones de cobre en estado de oxidación +2. La disposición de los electrones en estos iones hace que absorban determinadas longitudes de onda de la luz visible y reflejen predominantemente tonalidades verdes.

El campeón no conserva permanentemente la copa original. Tras la ceremonia recibe un trofeo de campeón, mientras que la pieza auténtica continúa bajo custodia de la FIFA.

NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



Una tecnología que debe hacerse sostenible

La evolución del equipamiento ha mejorado la comodidad, la seguridad y la precisión del juego. Sin embargo, ha aumentado también la utilización de materiales difíciles de separar y reciclar. Una bota puede contener tejidos, espumas, adhesivos, elastómeros y piezas rígidas unidos en una estructura inseparable. Una camiseta de poliéster puede reciclarse técnicamente, pero la presencia de elastano, estampados y acabados complica el proceso.

La próxima gran transformación del fútbol probablemente no consistirá solo en fabricar materiales más ligeros. Tendrá que reducir el consumo de recursos, prolongar la vida útil de los productos y facilitar su reutilización o reciclaje. Ya se emplea poliéster reciclado en numerosas prendas, pero reciclar botellas para producir camisetas no elimina la necesidad de diseñar una solución para esas camisetas al final de su vida útil.

El reto es pasar de un modelo lineal —fabricar, usar y desechar— a otro circular, en el que los materiales puedan recuperarse sin perder excesiva calidad.

La próxima vez que un delantero golpee el Trionda, un portero cierre las manos sobre el balón o el capitán vencedor levante la copa dorada, podremos interpretar de otra manera el espectáculo. Detrás de cada movimiento habrá cadenas poliméricas, aleaciones metálicas, fuerzas intermoleculares y estructuras microscópicas. **El fútbol se juega con los pies, pero también con química.**

REFERENCIAS

- Callister, W. D. y Rethwisch, D. G. *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley. Morón, E. [La química de las camisetas de futbol](#). HIVE Blog. 2025
- Pérez, I., Oliva, L.. [Ciencia de Materiales en el Fútbol](#). Ciencia UNAM-DGDC. 1.
- [European Chemicals Agency](#). Información técnica sobre microplásticos y materiales de relleno en superficies deportivas sintéticas.
- FIFA. [The FIFA World Cup 26 Official Match Ball: TRIONDA](#). 2025.
- [La Química y el deporte](#). Foro Química y Sociedad.
- [La Química de un balón de fútbol](#). Triple enlace. 2023

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



EL TEATRO QUÍMICO CONQUISTA A LOS JÓVENES ESTUDIANTES

¿Quién dijo que la química es aburrida? El salón de actos de la facultad de Matemáticas se llenó hasta la bandera con estudiantes de secundaria y bachillerato que descubrieron que la química, además de rigurosa, puede ser muy divertida.

La función arrancó por todo lo alto explicando cómo funciona un circuito eléctrico conectado a una pila de 9 voltios. A partir de ahí, por el escenario se pudo ver un desfile de alta costura con los diferentes modelos atómicos, un debate parlamentario en el Congreso de los Disociados y divertidas parodias de la televisión actual reconvertidas en clave científica, como First Bonds, Sálvame Electrón o El Formiato. La obra cerró con un emotivo alegato en defensa de la cara más positiva y humana de la química, recordando que el impacto de los elementos depende del uso noble que hagamos de ellos.

Lo más bonito del proyecto es que el reparto estuvo compuesto por estudiantes de grado, máster y doctorado, profesores y el personal de administración y servicios de la Facultad de Ciencias Químicas. A juzgar por las carcajadas del público, la obra fue un gran éxito. Tanto es así que la decana de la facultad, Mayte Villalba, ya confía en que este innovador proyecto de divulgación inspire a otras disciplinas. Y ojo, porque la idea promete: en primera fila no se perdieron el detalle los decanos de Matemáticas y Físicas, así como las vicerrectoras de Estudiantes y de Cultura. ¿Veremos pronto una comedia sobre agujeros negros o teoremas matemáticos? ¡Ojalá que sí!



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



CURSO DE VERANO UC EL VINO: PLACER, CIENCIA Y CULTURA



Este curso, impartido por el profesor de la Facultad de Ciencias Químicas, José L. Priego Bermejo, Gonzalo D. García de Fernando e Irene Rodríguez, pretende realizar una aproximación científica/tecnológica a los procesos de elaboración del vino, así como a la percepción por parte de nuestros sentidos de sus características organolépticas.

El programa contempla:

- Breve historia del vino
- Tipos de vinos.
- Denominaciones de origen de España.
- Ciclo vegetativo de la vid y variedades de uva.
- De la vid a la copa. Obtención y composición del mosto.
- Sulfitado. Fermentaciones; levaduras y bacterias malolácticas.
- Vinificación en blanco, en rosado y en tinto. Crianza. Clarificación y estabilización.
- Vinificaciones especiales (espumosos, licorosos).
- Envasado del vino.
- Los sentidos y el vino. Propiedades organolépticas.

La parte teórica se complementará con dos catas, con vinos procedentes de diferentes zonas de España, para que el alumnado sea capaz de ver la influencia del tipo de uva, de los procesos de vinificación, del clima o de los suelos en las distintas elaboraciones. Se finalizará, con una tercera cata maridaje con vinos y alimentos de Cantabria.

El curso está dirigido a aquellas personas interesadas en el mundo del vino y se impartirá del **14 al 16 de julio de 2026**.

Más información: [CURSOS DE VERANO UC](#)

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



EL TALENTO JOVEN BRILLA EN EL IV CERTAMEN DE PROYECTOS EDUCATIVOS DE QUÍMICAS



El futuro de la química se construye desde las aulas de los institutos, y la Facultad de Ciencias Químicas volvió a ser el escenario en el que los estudiantes de varios centros de Madrid lo demostraron en la Jornada del IV Certamen de Proyectos Educativos, celebrada el pasado 29 de mayo.

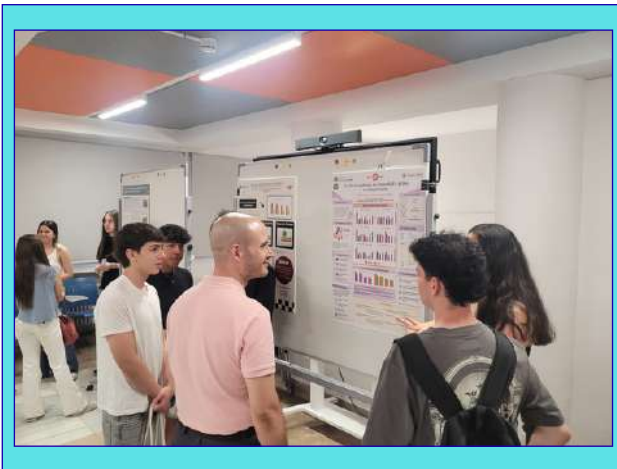
Como bien destacó la decana de la facultad, Mayte Villalba, este encuentro es vital para fomentar vocaciones científicas reales: “Es importante que la gente que entre a la Facultad lo haga sabiendo lo que quiere, y estos proyectos les ponen en contacto directo con las aplicaciones reales de la química y la bioquímica”.

Los jóvenes científicos defendieron sus proyectos en formato oral o póster, respondiendo a preguntas de un jurado formado por representantes de las entidades colaboradoras del Certamen: ANAYA, SEBBM, RSEQ-STM, el Grupo Especializado de Historia y Didáctica de la Física y la Química (RSEQ, RSEF), FEIQUE, SusChem, el Foro Química y Sociedad y el Vicerrectorado de Estudiantes y la Unidad de Orientación y Difusión de la UCM. Se valoró no solo el rigor científico, sino también la creatividad, la innovación y la claridad a la hora de explicar sus ideas.

Ciencia, historia y experimentos en directo

Antes de la entrega de premios, el divulgador **Javier Ablanque** (colaborador del programa de radio “A hombros de gigantes”) ofreció una charla fascinante sobre el papel de la química en la historia. Los asistentes descubrieron cómo influyó en el viaje de Aníbal por los Alpes, en el hundimiento del Titanic o en la época en la que la pasta de dientes llevaba elementos radiactivos. Además, el Aula Magna se convirtió en un laboratorio improvisado con experimentos en directo donde los propios alumnos pudieron participar.

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



La hora de los premios

Los premios -que incluyeron lotes de libros de divulgación, juegos de mesa científicos y kits educativos para fabricar nailon, analizar el grupo sanguíneo o estudiar enzimas- se repartieron en dos categorías:

CATEGORÍA ESO

• FINALISTAS

- **IES San Cristóbal de los Ángeles**, por estudiar cómo se corroe el hierro.
- **Colegio Villa de Griñón**, por su análisis de agua en el laboratorio.
- **GSD Las Suertes**, por investigar el efecto del agua hidrogenada en el crecimiento de las plantas.

• MEJOR PÓSTER

Colegio Ábaco, con un trabajo sobre cómo influye la acidez de los refrescos comerciales en la pérdida de la estructura dental.

• MEJOR PROYECTO:

GSD Las Suertes, con su propuesta "Bióplásticos en acción".



IES San Cristóbal de los Ángeles



Colegio Villa de Griñón



GSD Las Suertes



Colegio Ábaco

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



MEJOR PROYECTO



GSD Las Suertes

CATEGORÍA BACHILLERATO

• **FINALISTA**

IES Gerardo Diego, por analizar los factores de estrés en el crecimiento de microalgas (Dunaliella salina y Chlorella vulgaris).

• **MEJOR PÓSTER**

IES Juana de Castilla, por su póster sobre el análisis de las emisiones de dióxido de nitrógeno en Madrid.

• **MEJOR PROYECTO:**

IES Juana de Castilla, por su proyecto de investigación enfocado en medir la grasa y la humedad de la piel en los jóvenes.



IES Gerardo Diego

MEJOR PÓSTER



IES Juana de Castilla

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



MEJOR PROYECTO



IES Juana de Castilla

¡Enhorabuena a todos los participantes por demostrar que la ciencia y la química no solo está en los libros, sino en sus ganas de cambiar el mundo!

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

IV CERTAMEN DE PROYECTOS EDUCATIVOS DE QUÍMICA

“HISTORIAS DE LA HISTORIA EXPLICADAS POR LA CIENCIA”
JAVIER ABLANQUE
 Ingeniero y divulgador científico.
 Colaborador del programa "A hombros de gigantes" de RNE-Radio 5.

29.05.2026 Aula Magna "Profesor Alfredo Pérez Rubalcaba"
 09:30-14:30 Facultad de Ciencias Químicas. UCM

Con el apoyo y la colaboración de:

Video de la Jornada



LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD

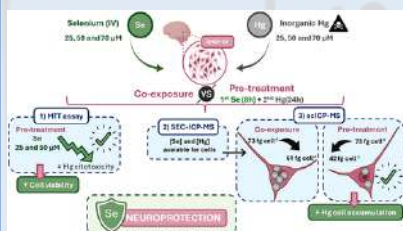


Integrating effective concentration modeling with single-cell ICP-MS to address the influence of exposure conditions when evaluating mercury-selenium interaction in human neuroblastoma cell line

Beatriz Gómez- Gómez , Lucía Fernández- López , Jana Ye Merino-Sánchez , Elena Espada-Bernabé, Yolanda Madrid

El mercurio es uno de los contaminantes ambientales más preocupantes debido a sus efectos tóxicos sobre el sistema nervioso. Desde hace años, diversos estudios han sugerido que el selenio, un elemento esencial presente en nuestra dieta, podría ejercer un efecto protector frente a la toxicidad del mercurio. Sin embargo, los mecanismos que explican esta interacción todavía no se conocen con detalle.

En este estudio se evaluó el posible papel protector del Se (IV) frente a la citotoxicidad inducida por mercurio inorgánico en la línea celular de neuroblastoma humano SH-SY5Y, utilizando espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), tanto en su modo convencional como en modo de célula individual (scICP-MS). Para ello, se evaluaron distintas concentraciones equivalentes de selenio y mercurio inorgánico (25, 50 y 70 $\mu\text{mol/L}$) bajo condiciones de coexposición y pretratamiento. La viabilidad celular, evaluada mediante el ensayo MTT, mostró que el Se (IV) a 25 y 50 $\mu\text{mol/L}$ parece disminuir la citotoxicidad inducida por Hg(II), siendo el pretratamiento más eficaz que la coexposición. Además, mediante SEC-ICP-MS se estimaron las concentraciones efectivas de Hg y Se, observándose que el Hg se asocia a componentes de alto peso molecular, mientras que el Se permanece mayoritariamente libre en el medio. Por otro lado, las medidas mediante scICP-MS mostraron una elevada heterogeneidad en la acumulación de Hg entre células individuales. En particular, la coexposición con 25 $\mu\text{mol/L}$ de Se redujo la acumulación celular de Hg de 73 fg Hg/célula a 61 fg Hg/célula, mientras que el pretratamiento la disminuyó aún más hasta 42 fg Hg/célula. En conjunto, estos resultados sugieren que el selenio parece disminuir la citotoxicidad inducida por el mercurio principalmente mediante la reducción de la acumulación intracelular de Hg, lo que pone de manifiesto su papel modulador a nivel de célula individual.

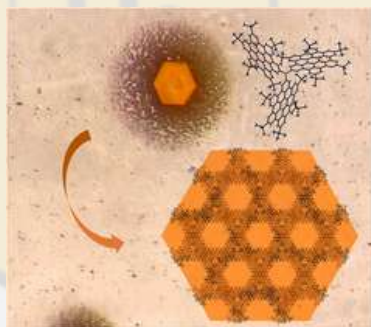


Talanta, 2026

<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2026.129887>

Nanographene-Based van der Waals Organic Framework With Permanent Porosity

Arturo Oró, Rubén Turo-Cortés, Josefina Perles, José Sánchez Costa, Jesús M. Fernández-García, Nazario Martín



Angew. Chem. Int. Ed. 2026

<https://doi.org/10.1002/anie.4089584>

Los materiales cristalinos porosos se basan tradicionalmente en enlaces de coordinación o covalentes robustos. En este trabajo, presentamos un nuevo nanografeno molecular con simetría C_3 que contiene tres unidades de hexabenzocoroneno (HBC) y que se autoorganiza en un entramado permanentemente poroso utilizando exclusivamente interacciones débiles de van der Waals. Los resultados de la difracción de rayos X en cristal único revelan una geometría de hélice con simetría C_3 , que forma láminas bidimensionales en forma de panel de abeja paralelas al plano ab, estabilizadas por interacciones $\pi\cdots\pi$ y $C-H\cdots\pi$. Las mediciones de adsorción de nitrógeno a 77 K confirman una isoterma de tipo I(b) con un área superficial de Brunauer-Emmett-Teller (BET) récord de 1108 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$, la más alta registrada hasta la fecha para estructuras de van der Waals puramente orgánicas. Además, el compuesto 1 presenta emisión inducida por agregación (AIE) y una notable estabilidad térmica de hasta 290 °C. Estos resultados demuestran que los nanografenos cuidadosamente diseñados pueden alcanzar una alta previsibilidad estructural y una porosidad robusta sin necesidad de nodos metálicos ni enlaces covalentes, lo que abre nuevas vías para aplicaciones de almacenamiento de gas.

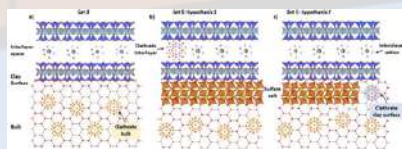
LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



CH₄-clathrates in Clay Minerals and Sulfate Brines: Application to Gale Crater on Mars

Victoria Muñoz-Iglesias, Elodie Gloesener, Carolina Gil-Lozano, Mathieu Choukroun, Olga Prieto-Ballesteros, Oscar Ercilla Herrero, Maite Fernández Sampedro, **Valentín García Baonza**, Gabriel Tobie

El rover Curiosity ha descubierto nuevas pruebas de depósitos fluviales y deltaicos en el cráter Gale, lo que sugiere la existencia de un lago de larga duración en el pasado. La observación adicional de emanaciones de metano (CH₄) ha llevado a la hipótesis de que el entorno rico en agua del pasado también propiciaba la estabilización de clatratos de CH₄ en el subsuelo. Si consideramos que una de las posibles fuentes de CH₄ puede provenir de clatratos del subsuelo, es crucial determinar si otros minerales secundarios que coexisten en el subsuelo, como los minerales arcillosos y/o las sales, afectan a su estabilidad. Tanto los minerales arcillosos como las sales pueden afectar a la termodinámica y la cinética de los clatratos, ya que pueden reducir la disponibilidad de gas mediante la adsorción de gas en las superficies arcillosas o por efectos de salación. En este trabajo, estudiamos experimentalmente la cinética de formación y disociación de clatratos de CH₄ en presencia de salmueras de MgSO₄ y dos tipos de minerales arcillosos, a saber, una montmorillonita (tipo 2:1) y una caolinita (tipo 1:1), mediante calorimetría diferencial de barrido. Los resultados mostraron que la presencia tanto de sulfatos como de minerales arcillosos en altas concentraciones puede favorecer el tiempo de inducción de la formación de clatratos, pero reduce la cantidad final de los mismos. Tanto el efecto de salación causado por las sales como el fuerte enlace del agua a las superficies arcillosas son los principales factores que impiden el crecimiento de los clatratos. Estos resultados tienen importantes implicaciones para la evaluación de los clatratos como posible origen de las detecciones de CH₄ en Gale, ya que los experimentos demuestran la inhibición de la cristalización de los clatratos en las asociaciones minerales encontradas en el cráter.



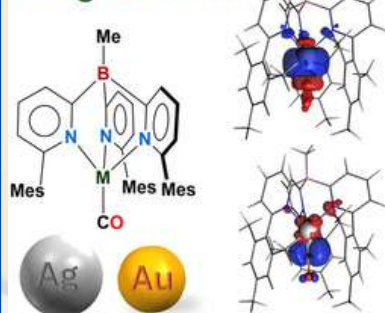
Planet. Sci. J. 7 106, 2026
[10.3847/PSJ/ae63c1](https://doi.org/10.3847/PSJ/ae63c1)

Extending the Boundaries With Electron-Rich Tris(pyridyl)borates in Classical Silver and Gold Carbonyl Complexes

Mukundam Vanga, Achala M. Rajathunga, **Israel Fernández**, H. V. Rasika Dias

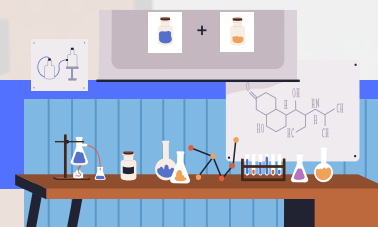
En este estudio se describen la síntesis, las estructuras y los enlaces de los complejos de carbonilo de plata(I) y oro(I) soportados por un ligando tris(piridil)borato voluminoso, rico en electrones y decorado con grupos mesitilo. Este ligando ofrece protección estérica y una fuerte donación de σ , lo que permite aislar los carbonilos clásicos [MeB(6-(Mes)Py)₃Ag(CO)] y [MeB(6-(Mes)Py)₃Au(CO)]. Ambos muestran frecuencias de estiramiento de CO notablemente bajas (2115 y 2063 cm⁻¹), las más bajas para especies de Ag(I)-CO y Au(I) autenticadas estructuralmente, respectivamente, lo que indica un enlace π inverso metal \rightarrow CO mejorado. La cristalografía de rayos X muestra una coordinación tetraédrica κ^3 -NNN y fragmentos lineales M-C-O (M = Ag, Au), mientras que el espectro de RMN de ¹³C del complejo de plata revela un acoplamiento 107/109Ag-¹³C. Los estudios computacionales indican que las interacciones electrostáticas dominan la interacción entre M y CO, pero el oro(I) muestra contribuciones orbitales más fuertes y una retrodonación π mayor que la plata(I), en consonancia con las tendencias experimentales. Los cálculos del volumen enterrado ponen de relieve el volumen estérico del ligando. Estos hallazgos amplían la química de los carbonilos de Ag(I) y Au(I) aislables, proporcionando ejemplos de complejos clásicos de CO y conocimientos sobre estrategias de enlace y estabilización. También se han incluido datos espectroscópicos sobre el análogo de cobre, [MeB(6-(Mes)Py)₃Cu(CO)], a efectos comparativos.

Going Classical



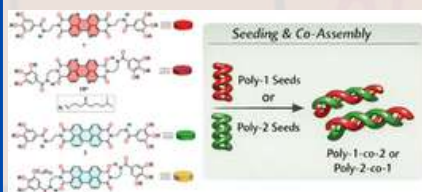
Chem. Europe, 2026
<https://doi.org/10.1002/ceur.70308>

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Chirality dominance in seeded supramolecular copolymerization of complementary perylene-3,4,9,10-tetracarboxylic diimides

Alfonso J. Schwalb, Fátima García, Luis Sánchez

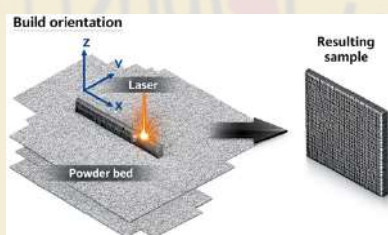


Org. Chem. Front. 2026
<https://doi.org/10.1039/D6QO00291A>

En este trabajo, describimos la síntesis y el comportamiento de autoensamblaje de la diimida 3,4,9,10-benzo[d,e]isoquinolino[1,8-g,h]quinolinetetracarboxilica quiral (BQQDI) 1. Los anillos de piridina electronegativos de este sistema basado en PDI permiten una copolimerización supramolecular eficiente con el PDI quiral descrito anteriormente 2. Ambos compuestos presentan quiralidad puntual periférica y forman polímeros supramoleculares quirales. Además, los enlaces de hidrógeno intramoleculares en los que participan los grupos benzamida periféricos estabilizan la especie monomérica metaestable M^* , lo que retrasa la homopolimerización en polímeros quirales de tipo J, poly-1 y poly-2. La siembra con los homopolímeros correspondientes promueve un coensamblaje controlado cinéticamente, dando lugar al heteropolímero quiral poly-1-co-2 o poly-2-co-1. Cabe destacar que la quiralidad de los copolímeros resultantes viene determinada por el PDI 2, independientemente de la semilla utilizada.

Effect of Powder Reuse on the Corrosion Behavior of Anodized and Flash-Plasma Electrolytic Oxidation-Treated Laser-Powder Bed Fusion Ti-6Al-4V ELI

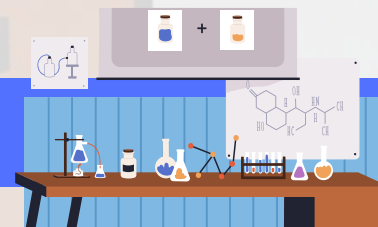
Marlon H. Guerra-Mutis, Raúl Arrabal, Marta Mohedano, María Isabel Barrena, Jesús M. Vega, Javier Díaz Gutiérrez, Endzhe Matykina



Coatings, 2026
<https://doi.org/10.3390/coatings16060655>

En el presente trabajo se compara el comportamiento frente a la corrosión de la aleación Ti-6Al-4V ELI (Extra-Low Interstitials) fabricada mediante fabricación aditiva (AM) con la técnica de fusión por láser en lecho de polvo (L-PBF), utilizando polvo virgen (muestra del ciclo 1/C1) y polvo reutilizado tras un máximo de 34 ciclos (muestra del ciclo 34/C34) de fabricación. También se evalúa el efecto de la reutilización del polvo en muestras anodizadas y recubiertas con Flash-PEO en soluciones de Harrison (25 °C) y de Hanks (37 °C), que representan la precipitación atmosférica simulada y las condiciones fisiológicas, respectivamente. Las muestras se caracterizaron mediante técnicas metalográficas habituales, difracción de rayos X, microscopía electrónica de barrido y perfilometría óptica. La resistencia a la corrosión se evaluó mediante ensayos de polarización potenciodinámica cíclica (PDP). El contenido de oxígeno en el Ti-6Al-4V alcanza el 0,14 % en peso tras 34 ciclos (C34) de reutilización del polvo, lo que mejora su pasividad tanto en la solución de Harrison como en la de Hanks. Tanto las estructuras de polvo virgen como las de polvo reutilizado son susceptibles a la corrosión localizada en la solución de Hanks a potenciales superiores a 1,75 V. Se cree que los bordes del baño de fusión son los sitios preferentes para la corrosión localizada, tal y como indican las mediciones del potencial de Volta ($\Delta V = 100$ mV). El número de ciclos no afecta de manera significativa a las respuestas corriente-tensión en los tratamientos de anodizado y de oxidación electrolítica por plasma instantánea (Flash-PEO), aunque el anodizado es ligeramente más sensible a las variaciones en la rugosidad de la superficie (es decir, el área real de la muestra). Tanto el anodizado como el Flash-PEO reducen la densidad de corriente pasiva en casi dos órdenes de magnitud. Incluso tras el tratamiento superficial, la aleación impresa con polvo reutilizado mostró una mejor pasividad. Los recubrimientos Flash-PEO proporcionaron una protección significativa contra la corrosión localizada. Esto abre el camino al procesamiento Flash-PEO como un método de protección eficaz para los componentes biomédicos fabricados mediante fabricación aditiva.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Immune Factors Linked to Long-Term HCV Humoral Memory Five Years After Cure in People with HIV: A Cross-Sectional Study

Rafael Amigot-Sánchez, Daniel Sepúlveda-Crespo, Rubén Martín Escolano, Laura Tarancon-Diez, Ana Virseda-Berdices, Juan Berenguer, Juan González-García, Cristina Díez, Víctor Hontañón, **Belén Yélamos, Julián Gómez**, Elena Vázquez-Alejo, José Luis Jimenez, María A. Jiménez-Sousa, Isidoro Martínez, Salvador Resino

Aún no se han caracterizado los factores inmunológicos asociados a la inmunidad humoral específica contra el virus de la hepatitis C (VHC) a largo plazo tras la curación, especialmente en personas con VIH (PVVIH). Este estudio investigó los inmunofenotipos de las células T y los biomarcadores plasmáticos asociados con los títulos de anticuerpos de unión a E2 (HCV-E2Abs) y de anticuerpos neutralizantes (HCV-nAbs) cinco años después de alcanzar la respuesta virológica sostenida (RVS). Se observó que mayores frecuencias de activación de las células T CD4⁺ y niveles de CD27 soluble se asociaban con títulos más elevados de anticuerpos contra el VHC-E2. Por el contrario, la activación de las células T de memoria en los compartimentos CD4⁺ y CD8⁺ (HLA-DR⁺ y CD38⁺) y los puntos de control inmunológicos solubles elevados (sCD28, sPD-L2, sLAG-3, sCTLA-4) se asociaron con títulos de anticuerpos neutralizantes contra el VHC (HCV-nAbs) preservados. Por el contrario, una mayor frecuencia de células T CD8⁺ vírgenes se asoció con una menor capacidad de neutralización. En cuanto a los marcadores inflamatorios, el TNF-RI soluble se asoció positivamente con los títulos neutralizantes, mientras que la IL-18 se asoció de forma inversa. En conclusión, determinados subconjuntos de células T activadas, la liberación de marcadores de control inmunológico y señales inflamatorias selectivas se asociaron con títulos más elevados de anticuerpos neutralizantes contra el VHC a largo plazo en personas que viven con el VIH. Por el contrario, una mayor frecuencia de células T CD8⁺ vírgenes y niveles elevados de IL-18 se asociaron con una capacidad de neutralización reducida.



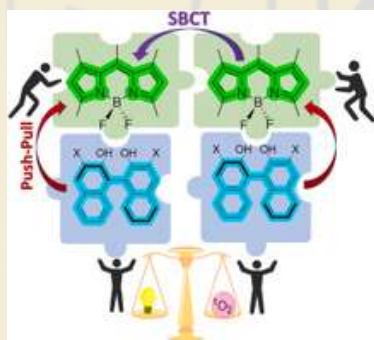
Pharmaceuticals 2026

<https://doi.org/10.3390/ph19060854>

All-orthogonal BINOLated BODIPY dimers: A synergistic strategy for advancing heavy-metal-free triplet photosensitizers

Sergio Serrano-Buitrago, Ruth Prieto-Montero, **Josué Jiménez**, **Florencio Moreno**, **Beatriz L. Maroto**, Virginia Martínez-Martínez, Jorge Bañuelos, **Santiago de la Moya**

Los multicromóforos orgánicos unidos covalentemente constituyen estructuras moleculares fotoactivas prometedoras para el desarrollo de valiosos fotosensibilizadores de triplete libres de metales pesados. Entre ellos, destacan los dímeros de BODIPY conectados ortogonalmente y los BODIPY binolados en el átomo de boro, de fácil obtención, debido a su eficaz fotosensibilización del oxígeno, sin necesidad de átomos pesados potencialmente tóxicos. En ambos enfoques, el mecanismo fotofísico clave que permite la población del estado triplete implica una transferencia de carga intramolecular fotoinducida por la ruptura de simetría en los dímeros de BODIPY conectados ortogonalmente, o por el efecto push-pull electrónico en las díadas BINOL-BODIPY. Sin embargo, el posible efecto sinérgico de combinar ambas estrategias dentro de una única arquitectura molecular sigue sin explorarse. Este trabajo presenta el primer estudio sistemático sobre el impacto de integrar ambos enfoques de fotosensibilización dentro de un único marco molecular basado en BODIPY. Nuestros hallazgos demuestran que la fácil 3,3'-dibromoBINOLación en el boro sirve como una estrategia química eficaz para mejorar el rendimiento de la fotosensibilización basada en tripletes, sin depender de átomos pesados potencialmente tóxicos, como los metales de transición. Se espera que estos resultados sienten las bases para el diseño racional de la próxima generación de fotosensibilizadores de triplete basados en BODIPY de bajo coste para aplicaciones más allá de la terapia fotodinámica sin metales pesados, como la fotocatalisis.



Dyes and Pigments, 2026

<https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2025.113181>

HISTORIA DE LA QUÍMICA



ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS: DE CURIOSIDAD CIENTÍFICA A RECURSO ESTRATÉGICO

Dos mentiras, diecisiete elementos y vitaminas para tecnología moderna

José M. Gómez Martín

Dpto. Ingeniería Química y de Materiales

La situación geopolítica actual está muy ligada a la tabla periódica. En las continuas guerras comerciales, y no tan comerciales, entre los países más poderosos del mundo se usan elementos químicos como armas para la negociación. En realidad, los utiliza principalmente un solo contendiente, el que los posee, China. Entre estos elementos químicos los **elementos de tierras raras (ETR)**, o tierras raras, destacan sobre los demás porque están de rabiosa actualidad (2025-2026). Quien las ha puesto de moda es el actual presidente de Estados Unidos, Donald Trump, que está empeñado en conseguirlas, casi al precio que sea. Aunque por algunas declaraciones no queda claro si sabe muy bien qué son, porque parece meter en ese saco a otros elementos como el litio o el grafito. Para ello forzó un acuerdo con Ucrania, después de un primer intento que salió rana (acalorado intercambio de opiniones en el Despacho Oval entre Trump y Zelensky el 28 de febrero de 2025), que se firmó el 30 de abril de 2025. Por este acuerdo, Estados Unidos tiene acceso preferencial a la explotación de los minerales críticos de Ucrania. Sin embargo, según algunos expertos, no están claros los yacimientos que posee Ucrania, ya que los datos que se manejan provienen de la época de la URSS. Aunque esto no impidió que Rusia los invadiera (febrero de 2022), según algunas opiniones, precisamente por sus yacimientos de litio y grafito.

Pero ¿qué son y por qué son tan importantes las tierras raras?

De entrada, en su nombre hay dos mentiras, porque ni son tierras ni son raras. La denominación de **tierras** viene de la época de Lavoisier, y hacía referencia a los óxidos de los metales porque estos no se conocían en su forma pura. En aquella época había elementos que solo se podían obtener como óxidos (como tierras), no se podían aislar con la tecnología de la época. Pero en realidad sí se han podido aislar, y además los minerales de los que proceden son, por ejemplo, carbonatos (bastnasita) o fosfatos (monacita). Y la denominación de raras se debe a que en un principio solo había yacimientos en Suecia (Ytterby y Bastnäs). En realidad, no son escasas en la corteza terrestre, elementos como el **lantano, el cerio, el neodimio, el escandio o el itrio** son tan abundantes como el cobre, el cromo o el níquel, y superiores al plomo, al estaño o al molibdeno (ver **figura 1**). Algunos si son menos abundantes, como el **prometio**, qué si se puede considerar raro, pero es radiactivo con una vida media de algo menos de 20 años para el prometio-145, y de algo menos de tres años para el prometio-147.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Según se desarrollaron nuevas técnicas analíticas, se comprobó, varias veces, que lo que se pensaba que era una tierra rara en realidad incluía algunas más. Sin embargo, siempre existirá esta duda, ya que las muestras de gadolinita con las que trabajó desaparecieron en el incendio que arrasó gran parte de la ciudad de Åbo (actual Turku en Finlandia) en septiembre de 1827.

Sin embargo, fue anteriormente cuando se tuvo noticias de otro mineral inusualmente denso. En 1751, **Axel Fredrik Crönstedt** encontró un mineral marrón rojizo, en las minas de Bastnäs, al que denominó piedra pesada (*tungsten*) de Bastnäs. Pero, de su análisis concluyó que era wolframio, su inusual peso le confundió. A la misma conclusión llegó Scheele en 1781, cuando analizó el mismo mineral que le había enviado un quinceañero Wilhem Hisinger (que era el hijo del propietario de la mina de Bastnäs). Pero, después del descubrimiento del itrio, Hisinger, ya con formación científica, y trabajando con Berzelius, le convenció para volver a analizar el tungsten de Bastnäs, pensando que llevaría itrio en su composición. La sorpresa vino cuando concluyeron, en 1803, que había un óxido (tierra) de un nuevo elemento, al que llamaron **Ceria**, por el planeta enano Ceres recientemente descubierto en 1801 (posteriormente asteroide entre las órbitas de Marte y Júpiter). Ceres era la diosa romana de la agricultura, las cosechas y la fertilidad. Al mineral le llamaron cerita y al óxido ceria. Curiosamente, al mismo tiempo y sin conocimiento de su investigación, **Martin Heinrich Klaproth**, trabajando en Berlín con una muestra del mismo mineral llegó a la misma conclusión. Actualmente se consideran a los tres los descubridores del cerio.



Figura 2. De izquierda a derecha: Carl Axel Arrhenius, Johan Gadolin y Axel Fredrik Crönstedt. Dominio público, Wikimedia commons).

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Desde entonces, no sin algunos errores por el camino, se han ido descubriendo todos los elementos de tierras raras, siendo el último el **prometio** en 1945. Se sabía que debía de existir un elemento desconocido, de número atómico 61, entre el neodimio y el samario, pero nadie había logrado identificarlo, a pesar de los múltiples intentos que hubo. En cierta época su aislamiento llegó a suponer un conflicto científico entre Estados Unidos e Italia. Incluso se llegó a pensar que no existía cuando **Ida Noddack**, tres veces nominada a los premios Nobel de Química, postuló, después de haberlo buscado con ahínco, que debía de ser radiactivo con una vida media inferior a la edad de la tierra. Pero el **Proyecto Manhattan** vino al rescate, sin saberlo, ya que no era su objetivo. En 1945 en los laboratorios Clinton en Tennessee, posteriormente rebautizados como Laboratorio Nacional de Oak Ridge, fue confirmada su existencia por **Jacob A. Marinsky, Lawrence E. Glendenin y Charles D. Coryell**. El prometio apareció analizando los subproductos de la fisión del uranio en un reactor nuclear de grafito. Entre estos productos estaban el praseodimio, el neodimio y ¡el prometio! Sin embargo, esto no tenía ningún interés militar, y dado que todo en ese proyecto se consideraba secreto, no se supo de este descubrimiento hasta 1947. Se llegó a pensar que solo se podía obtener de forma artificial, hasta que en la década de los sesenta se detectaron trazas en minerales de uranio (pechblenda), como subproducto de la fisión espontánea del U^{238} . Actualmente se estima que su abundancia en la corteza terrestre es de 500-600 g, por lo que probablemente sea la única tierra rara, realmente rara. Este elemento fue bautizado así en honor a Prometeo, el titán de la mitología que robó el fuego de los dioses del Olimpo y se lo entregó a la humanidad.



Figura 3. De izquierda a derecha: Ida Noddack (Por Dome de, CC BY-SA 3.0), Jacob A. Marinsky, Lawrence E. Glendenin y Charles D. Coryell (Dominio público).

Las tierras raras son un conjunto de 17 elementos químicos con nombres bastante curiosos (**ver tabla**) y que se subdividen en tierras raras ligeras y pesadas. El europio es el límite y se le considera ligera, aunque podemos encontrar clasificaciones que le agrupan dentro de las pesadas.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



TIERRAS RARAS ORDENADAS POR AÑO DEL DESCUBRIMIENTO					
AÑO DEL DESCUBRIMIENTO	ELEMENTO	SÍMBOLO	Nº ATÓMICO	TIPO	DESCUBRIDOR(ES)
1794	Itrio	Y	39	Pesada	Johan Gadolin (químico finlandés)
1803	Cerio	Ce	58	Ligera	Jöns Jacob Berzelius y Wilhelm Hisinger (suecos); independientemente Martin Heinrich Klaproth (alemán)
1839	Lantano	La	57	Ligera	Carl Gustaf Mosander (químico sueco)
1843	Terbio	Tb	65	Pesada	Carl Gustaf Mosander (químico sueco)
1843	Erbio	Er	68	Pesada	Carl Gustaf Mosander (químico sueco)
1878	Holmio	Ho	67	Pesada	Marc Delafontaine y Jacques-Louis Soret (suizos); aislado posteriormente por Per Teodor Cleve (sueco)
1878	Iterbio	Yb	70	Pesada	Jean Charles Galissard de Marignac (químico suizo)
1879	Samario	Sm	62	Ligera	Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (químico francés)
1879	Tulio	Tm	69	Pesada	Per Teodor Cleve (químico sueco)
1879	Escandio	Sc	21	Ligera	Lars Fredrik Nilson (químico sueco)
1880	Gadolinio	Gd	64	Pesada	Jean Charles Galissard de Marignac (químico suizo)
1885	Praseodimio	Pr	59	Ligera	Carl Auer von Welsbach (químico austriaco)
1885	Neodimio	Nd	60	Ligera	Carl Auer von Welsbach (químico austriaco)
1886	Disprosio	Dy	66	Pesada	Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (químico francés)
1901	Europio	Eu	63	Ligera	Eugène-Anatole Demarçay (químico francés)
1907	Lutecio	Lu	71	Pesada	Georges Urbain (químico francés); independientemente Carl Auer von Welsbach (austriaco) y Charles James (británico-estadounidense)
1945	Prometio	Pm	61	Ligera	Jacob A. Marinsky, Lawrence E. Glendenin y Charles D. Coryell (químicos estadounidenses)

Clasificación habitual:

- Ligera (LREE): La–Eu y Sc
- Pesada (HREE): Gd–Lu e Y

Datos destacados:

- El primero en descubrirse fue el Itrio (1794).
- El último en descubrirse fue el Prometio (1945).

Abreviaturas:

LREE = Tierras raras ligeras | HREE = Tierras raras pesadas

Tabla creada por IA (ChatGPT).

De entre todos los descubridores, queremos destacar a [Carl Auer von Welsbach](#) porque además de científico (trabajó con Bunsen), se le considera el descubridor del praseodimio y del neodimio, y tuvo una importante visión comercial que permitió sacar a las tierras raras del laboratorio y llevarlas a la industria. En 1839 [Carl Gustav Mosander](#), había descubierto en la cerita el lantano (de *lanthanein*: estoy oculto) y otra tierra rara que él denominó didimio (de *didymos*: gemelo) y didimia a su óxido. Sin embargo, años después, en 1885, Carl Auer von Welsbach trabajando con la didimia consiguió obtener dos nuevas tierras raras. A una la denominó **praseodidimio** (de *prasio*: verde claro, que era el color del óxido) y a la otra **neodidimio** (de *neo*: nuevo gemelo). Dado que Mosander falleció en 1858 nunca supo que su didimio eran dos tierras raras no una. El nombre de estas dos tierras raras finalmente fueron praseodimio y neodimio, y son probablemente las más importantes en la actualidad por sus aplicaciones en imanes permanentes.

Pero Auer no se quedó solo a nivel de laboratorio, sino que consiguió desarrollar aplicaciones para las tierras raras. En 1890 patentó un sistema de iluminación con el que mejoró la iluminación de las lámparas de gas. Desarrolló una tela de algodón, que impregnada con nitrato de torio y de cerio, se transformaba, al quemarse, en una red de óxidos alrededor del quemador, proporcionando una intensa luz blanca que aumentaba considerablemente la iluminación (en la primera patente de 1885 consiguió una luz verdosa que no gustó a los consumidores). Se conoció como **lámpara Auer** (*Auerlicht*) o manta o camisa de Welsbach y fue la primera aplicación industrial de las tierras raras.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Figura 4. (Izda.) Carl Auer von Welsbach (Dominio público) y (drcha.) Carl Gustaf Mosander (Por Painting by Karl Gustaf Plagemann, Dominio público).

Este sistema consistía en una camisa incandescente con un 99% de óxido de torio y 1% de óxido de cerio. Era tal la luz que emitía que se considera que podía competir con las lámparas eléctricas de filamento de carbono de entonces. La ventaja estaba en el brillo y el precio, eran más barata que las eléctricas. El éxito de la lámpara Auer fue tal que en 1913 se fabricaron 300 millones, que se usaban en hospitales, hoteles, restaurantes, iluminación de ciudades, etc. de todo el mundo. Auer consiguió en 1901 el título de barón von Welsbach, siendo su lema “más luz” (*plus lucis*). Posteriormente su llama se apagó dejando paso a la luz eléctrica. Actualmente se sigue empleando en lámparas portátiles de camping, pero con itrio no con torio, aunque todavía podrían existir algunas con torio, pero no en España.



Figura 5. Brillo de la camisa incandescente comparado con el de las velas en el Museo Auer von Welsbach (Von M.Dufek - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0).

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Su curiosidad y capacidad de observación le llevó a desarrollar y patentar, en 1903, el **ferrocerio**, un material pirofórico, que se incendia espontáneamente cuando se lima o raspa. Esto se debe a que con la fricción se producen pequeñas virutas que se oxidan casi instantáneamente al contacto con el oxígeno del aire, produciendo una lluvia de lascas incandescentes que pueden alcanzar temperaturas muy elevadas (3000-3500°C). Su ferrocerio estaba formado por una aleación de cerio (70%) e hierro (30%) y lo llamaron **Auermetall** (también *cereisen* o *ferrocerium*). En 1907 fundó la empresa Treibacher Chemische Werke (posteriormente Treibacher Industrie AG), establecida en Althofen (Austria), para producir ferrocerio a escala comercial. Rápidamente se extendió su uso para encendedores de cigarrillos y encendedores portátiles para uso cotidiano y al aire libre. ¡Otro gran éxito comercial! En 1908 se fabricaron 4 millones desplazando casi por completo a las cerillas francesas.



Figura 6. (Izda.) Camisa incandescente (por Fourpointsix, CC BY-SA 3.0). (centro) Publicidad de los encendedores de Auermetall y (drcha.) Anuncio en ebay.

Su carácter emprendedor no paraba, y gracias a su trabajo en el desarrollo de filamentos metálicos para bombillas fabricó la “*Auer-Oslicht*”, con un filamento de osmio. El 10 de marzo de 1906 registró la marca Osram (de osmio y wolframio). Se trataba de una lámpara eléctrica incandescente de arco voltaico que daba una intensa luz al pasar corriente eléctrica entre sus electrodos de grafito. Auer empleó fluoruros de tierras raras para aumentar la intensidad. Se llegaron a emplear en los proyectores de las salas de cine. En 1919 se fundó la compañía OSRAM al fusionarse la compañía de Auer, la Deutsche Gasglühlicht-Aktiengesellschaft, con los departamentos de iluminación de AEG y Siemens & Halske. Actualmente la capitalización de mercado de *ams OSRAM* ronda los 4690 millones de dólares.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Actualmente las tierras raras forman parte de todas las listas de materias primas fundamentales o minerales estratégicos que han publicado países como Estados Unidos o la propia Unión Europea, lo que indica la importancia que tienen. Su importancia deriva de sus especiales propiedades magnéticas y luminiscentes debido a su especial configuración electrónica.

Sus propiedades luminiscentes son las que las hace fundamentales en aplicaciones industriales como la fabricación de pantallas y monitores (televisiones, tabletas, smartphones, etc.). La presencia de tierras raras permite mejorar la calidad de la imagen al conseguirse colores más intensos, saturados y llamativos que transmiten energía, alegría y vitalidad. El itrio permite mejorar la eficiencia luminosa, el gadolinio hace que se consigan colores más vibrantes, el terbio produce color verde, el europio rojo, el praseodimio amarillo-verde, el disprosio y el lantano blanco, etc. En la fabricación de diodos emisores de luz, más conocidos como **luminarias LED** (*Light Emitting Diode*), la aplicación de fósforos de tierras raras permite crear una luz blanca de alta calidad o colores específicos. El fósforo de cerio emite luz amarilla, el de terbio verde, el de europio roja o azul, el de lutecio un blanco cálido, etc. En las lámparas fluorescentes se emplea itrio y europio para conseguir esa luz blanca.

TIERRAS RARAS: COLORES INTENSOS, TECNOLOGÍA AVANZADA

Las tierras raras son esenciales para producir colores más puros, brillantes y eficientes en las pantallas que usamos cada día.

SIN TIERRAS RARAS

CON TIERRAS RARAS

Más saturación, más contraste y mayor fidelidad de color

¿POR QUÉ SON IMPORTANTES?

- Permiten generar fósforos y materiales luminicos de alta pureza.
- Aumentan el brillo y la eficiencia energética de las pantallas.
- Logran colores más intensos y reales, mejorando nuestra experiencia visual.

ELEMENTOS CLAVE Y SU FUNCIÓN EN EL COLOR

Eu Europio 63 Rojo intenso en fósforos	Tb Terbio 65 Verde brillante en fósforos	Ce Cerio 58 Mejora la eficiencia y estabilidad	Y Itrio 39 Aumenta el brillo y la calidad	La Lantano 57 Mejora la pureza del color
--	--	--	---	--

¿DÓNDE LAS ENCONTRAMOS?

- Pantallas LED, OLED y QLED
- Smartphones y tablets
- Consolas y monitores de alta gama
- Portátiles y televisores

Sin tierras raras, no hay colores intensos. Sin colores intensos, no hay experiencias visuales de calidad.
Las tierras raras hacen posible la tecnología que ilumina nuestro mundo.

Figura 7. Imagen generada por IA (ChatGPT).

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Sus propiedades magnéticas son las que han derivado en el desarrollo de los imanes permanentes, necesarios para cualquier tipo de dispositivo electrónico o de sonido, en vehículos eléctricos, máquinas de Resonancia Magnética o especialmente en la generación de energía renovable eólica, entre otros usos. La presencia de neodimio, praseodimio, disprosio y terbio en estos imanes permite obtener campos magnéticos más intensos, mayores densidades energéticas, mayor resistencia a desimantarse (mayor coercitividad), menores pérdidas de propiedades magnéticas con la temperatura, mayor estabilidad térmica, etc. De especial importancia es su uso en la fabricación de aerogeneradores eólicos, donde se necesitan cantidades importantes de neodimio, hasta toneladas para los de mayor potencia (*offshore* o marítimos 15-20 MW).

Tierras raras también se emplean en paneles solares (erbio e iterbio), convertidores catalíticos para vehículos diésel (lantano y cerio), en baterías atómicas (prometio), en las barras de control de reactores nucleares (gadolinio, samario, holmio y erbio absorben neutrones), en sistemas de refrigeración magnética (gadolinio), en sistemas de redes eléctricas inteligentes o *smart grids* (disprosio, terbio, itrio y neodimio se usan en microchips y procesadores), como contraste paramagnético en pruebas de Resonancia Magnética (el gadolinio mejora claridad y detalle), etc.

Pero si hay un uso especialmente importante y estratégico en geopolítica es su uso en la industria militar o armamentística, donde son necesarias para la fabricación de aviones y carros de combate, misiles, piezas de artillería, etc. La OTAN ha publicado una lista de 12 materias primas esenciales para la defensa, donde no podían faltar los elementos de tierras raras: neodimio, disprosio, praseodimio, terbio, samario, itrio o lantano. Por lo tanto, quien controle las tierras raras tiene en su mano el control de esta estratégica industria...y actualmente China domina la extracción (69%) y, sobre todo, el refinamiento de estos elementos (85-90%), además de poseer las mayores reservas conocidas (44 millones de toneladas de óxidos de tierras raras o REO en inglés). Esta situación, de casi monopolio, le permite dominar el mercado, amenazando o cortando su suministro en las batallas comerciales, sobre todo con Estados Unidos. Debido a esta situación Estados Unidos ha vuelto a abrir su mina de Mountain Pass en California, y Australia está impulsando su industria de la extracción y refinado. A pesar de ello la previsión para el 2040 es que China seguirá dominando la producción (>50%).

¿Y qué pinta Groenlandia en todo esto de las tierras raras? Pues resulta que tiene unas reservas de tierras raras estimada en 1,5 millones de toneladas de REO, cantidad similar a la que posee Estados Unidos (1,9 millones de toneladas REO). Esto es lo que ha llamado la atención de Donald Trump y su gobierno, y de ahí su empeño en poseerla, aparte de por otras consideraciones geoestratégicas.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Lo curioso es que la cantidad de tierras raras que se necesita en la industria, con la excepción de los aerogeneradores eólicos, es relativamente pequeña, pero son esenciales, sin ellas la industria tecnológica no *sobreviviría*. Por este motivo se dice que son las *vitaminas* de la industria. El acero sería el *esqueleto* y el petróleo la *sangre*.

 LAS 12 MATERIAS PRIMAS ESENCIALES PARA LA DEFENSA Identificadas por la OTAN como críticas para la seguridad y la industria de defensa			
1 ALUMINIO  Se emplea en: • Estructuras aeronáuticas • Blindajes ligeros • Vehículos militares • Municiones 	2 BERILIO  Se emplea en: • Ventanas para rayos X • Sistemas de guiado • Componentes electrónicos de alta frecuencia 	3 COBALTO  Se emplea en: • Superaleaciones para motores • Baterías de alta resistencia • Herramientas de alta durabilidad 	4 GALIO  Se emplea en: • Semiconductores de alta frecuencia • Sistemas de radar • Comunicaciones electrónicas 
5 GERMANIO  Se emplea en: • Óptica infrarroja • Sistemas de visión nocturna • Fibra óptica para comunicaciones 	6 GRAFITO  Se emplea en: • Electrodos para baterías • Componentes térmicos • Materiales de fricción (frenos, embragues) 	7 LITIO  Se emplea en: • Baterías de alta densidad energética • Sistemas de energía portátil • Vehículos no tripulados 	8 MANGANESO  Se emplea en: • Aceros especiales para blindajes • Calzones de armas • Municiones 
9 PLATINO  Se emplea en: • Catalizadores para combustibles • Sensores químicos • Electrónica especializada de alta fiabilidad 	10 ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS (Neodimio, Praseodimio, Disprosio, Terbio, etc.)  Se emplea en: • Imanes de alta potencia • Motores eléctricos • Guiado de misiles • Sistemas de radar avanzados 	11 TITANIO  Se emplea en: • Estructuras de aeronaves • Blindajes • Componentes de misiles • Resistencia a la corrosión en entornos extremos 	12 WOLFRAMIO (TUNGSTENO)  Se emplea en: • Municiones perforantes • Contrapesos de alta densidad • Herramientas de corte y perforación 

Estas materias primas son fundamentales para garantizar la producción, el mantenimiento y la innovación en los sistemas de defensa modernos. Fuente: NATO – Critical Raw Materials Factsheet (2024)

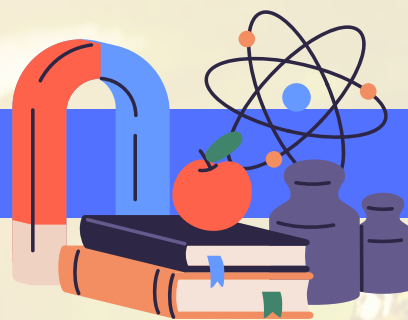
Figura 8. Las 12 materias primas críticas para la defensa de la OTAN. Imagen creada por IA (ChatGPT).

BIBLIOGRAFÍA

- Documental “EE.UU. y Ucrania firman un histórico acuerdo para la explotación de minerales en la nación europea”.
- Prego Reboledo, R. Las tierras raras. CSIC. Catarata.
- Attrep, Moses Jr., Kuroda, P.K. “Promethium in pitchblende”, J.Inorg.Nucl. Chem., 30, 3, 1968, 699-703.
- Biografías y Vidas: Barón de Welsbach (Carl Auer). La enciclopedia biográfica en línea.
- Statista.



DIVULGAR PARA EDUCAR



EL MOSTO, EL VINAGRE Y EL VINO COMO RECURSOS DIDÁCTICOS

José Antonio Martínez-Pons
Catedrático de Física y Química



Enseñar ciencia en general y química en particular, sobre todo en los primeros estadios del aprendizaje, significa entre otras cosas relacionar lo que se estudia en los textos e incluso en el laboratorio escolar, con la vida cotidiana, utilizando objetos y productos habituales como medio para explicar fenómenos científicos y para hacer ver a los estudiantes que la química está en todas partes y como no, en la producción y conservación y uso de múltiples productos comunes en la vida diaria, como los productos alimenticios.

Otro aspecto a tener en cuenta es la importancia de los patrones de control de calidad de los productos industriales y su normalización, además de una descripción exacta de unidades y métodos de medida utilizados, que deben ser los mismos en todos los casos, todo ello imprescindible para poder establecer comparaciones.

Las experiencias que se proponen no son exhaustivas y se han seleccionado buscando su sencillez de aplicación ya como trabajo de los estudiantes [a], ya como experiencia de cátedra. La mayoría se pueden desarrollar en unos 45 minutos y con los medios habituales de un centro educativo. No obstante, pueden escalarse a niveles mayores [b]. A veces no será posible el rigor real de un laboratorio enológico, pero sí mostrar una versión simplificada advirtiendo cómo se debe proceder en la realidad e insistiendo en el rigor requerido. También se advierte que el vino en concreto es una bebida alcohólica cuyo consumo descontrolado puede ser peligroso y está prohibido para menores de edad, remarcándose el peligro de su consumo. Además, se trata de un producto químico que permite estudiar una serie de técnicas y procesos e introducir los controles de calidad que se utilizan en la química y que la “enología” o “estudio de los vinos” es una especialidad química más.

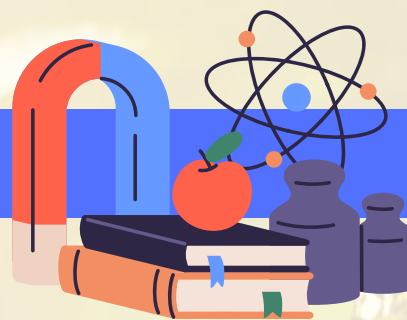
¿QUÉ ES EL VINO?

Un poco de Historia. El vino por excelencia es el resultado de la fermentación del mosto o zumo de la uva, que a su vez es el fruto de la vid, “*Vitis Vinífera*”, en sus múltiples variedades, que hoy día se cultiva en prácticamente toda la Europa meridional y central y también en América, desde El Potomac hasta California y gran parte de Méjico y en regiones del cono sur americano, así como en Australia y Sudáfrica.

[a] En este trabajo se respetan las indicaciones de la RAE y demás academias de la lengua castellana y por economía del lenguaje se usa el masculino como genérico, y se evitan por ejemplo signos ajenos al español como @ que debería leerse “at”.

[b] El autor piensa que en general no hay experimentos triviales sino pereza mental o falta de imaginación para profundizar el experimento.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Hay indicios de que la viña se cultivó desde hace más de seis mil años. La Biblia (Génesis XI, 20-21) relata que el patriarca Noé cultivó la vid, extrajo su jugo e ignorando sus efectos, lo bebió y se embriagó. Sin embargo, se ha venido utilizando como bebida ritual en algunas religiones, no solo en la cristiana donde, en la consagración, se “convierte en la Sangre de Cristo”.

El consumo de vino fue habitual en Oriente medio y Europa mediterránea. En los simposios se bebía mezclado con agua, pero en tal cantidad que los reunidos solían acabar ebrios. Un detalle curioso es que en Roma a veces se bebía en copas de plomo, en las que se producían sales de plomo que le daban un cierto sabor dulzón al vino, ignorando su toxicidad. Durante la edad media consumir vino era una cierta forma de profilaxis empírica frente al peligro que implicaba beber de las aguas contaminadas que abastecían a las ciudades medievales. Otros países donde, por razones climáticas, no era posible el cultivo de la vid se bebía cerveza, que, aunque utiliza agua en su producción, requiere su hervido y el alcohol que contiene garantiza su salubridad. Posiblemente los vinos “antiguos” a los paladares actuales les resultarían imbebibles pero, a lo largo de los siglos, los viticultores se han esmerado en mejorar tanto la calidad de la materia prima como de las levaduras y los métodos de producción. Así lo que, hasta no hace mucho era una actividad artesanal y empírica, se ha convertido en una auténtica ciencia, la enología, estudiada en universidades y la producción del vino en un auténtico proceso industrial y como tal, sometido a rigurosos y normalizados controles.

El vino es un producto de alto valor, no solo lúdico en el sentido del placer que su consumo puede proporcionar, sino y sobre todo, económico. Incluso en países mediterráneos de cultura musulmana se cultiva la vid no para producir vino si no para la producción de pasas.

Química del vino. En resumen, el vino es el zumo de uva, o mosto, fermentado. Este zumo si procede de una uva bien madurada contiene de un 15 a un 25 % de azúcares monosacáridos, concretamente **glucosa** y **fructosa**, en rigor D(+)-glucosa y D(-)-fructosa, en una relación aproximada igual a 0,95 pero como la glucosa fermenta mejor que la fructosa, al final del proceso esta relación se reduce a 0,3. Conviene resaltar que ambos glúcidos tienen la misma fórmula empírica $C_6H_{12}O_6$, por tanto, la relación entre ambos es la misma en masa que en moles.

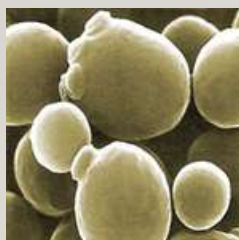
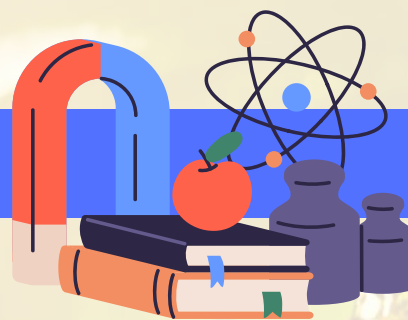
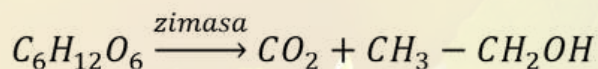


Figura 1. Levadura *Sacharomyces cerevisiae*.

DIVULGAR PARA EDUCAR



La fermentación es consecuencia de una levadura, *Saccharomices cerevisiae* (Figura 1) que produce un conjunto enzimático llamado “**zimasa**”, que descompone las hexosas según la reacción de fermentación alcohólica de Gay –Lussac cuya reacción global es:^{1,2}
[1.2]



Esta es una expresión muy simplificada de lo que realmente ocurre, ya que la fermentación es un conjunto muy complejo de reacciones. El mosto contiene otros azúcares, sobre todo pentosas, que pasan al vino y muy pocos disacáridos, como la **sacarosa** (C₁₂H₂₂O₁₁) que normalmente desaparecen durante la fermentación. La levadura se encuentra en la piel de la uva, sin embargo, hoy día es común pasteurizar el mosto antes de la fermentación con lo que las levaduras “*salvajes*” mueren y a continuación se añaden cepas selectas de levadura preparadas en el laboratorio de forma adecuadamente controlada. También se controla de modo exhaustivo todo el proceso de producción del vino desde la cepa e incluso antes, hasta la mesa, los viejos lagares se han convertido en reactores químicos perfectamente controlados. Especial interés tiene la temperatura de fermentación. Cuanto más baja es esta temperatura más lenta es la fermentación. Es importante recordar que el vino es un producto “vivo” y que cualquier manipulación indebida, incluso en el transporte, puede arruinar un producto potencialmente de alto valor.

El vino puede contener además de alcohol etílico, otros alcoholes en concentración muy baja, como butírico y amílico [c].

EL VINO, EL MOSTO Y EL VINAGRE EN EL LABORATORIO ESCOLAR

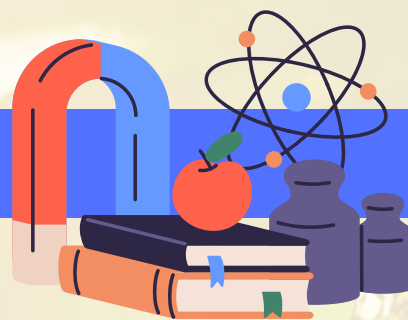
A continuación, se proponen un conjunto de experimentos siguiendo las pautas descritas en la introducción.

Primera práctica. Extracción por presión del mosto

Tras extraerlo, puede dejarse que el mosto fermente a lo largo de varios días y anotar lo que ocurre. También es interesante que, en colaboración con los profesores de biología los estudiantes observen al microscopio las levaduras.

[c] A lo largo de este trabajo se nombrarán las sustancias con los nombres tradicionales, porque así suelen venir referidos en la bibliografía, es un buen ejercicio que los estudiantes escriban las fórmulas y den su nomenclatura sistemática.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Segunda práctica. Cromatografía en papel: verificando que el vino es una mezcla

El vino es una mezcla de muy variadas sustancias, no solo alcohol y agua, sino multitud de sustancias que le confieren características especiales, como olor, color y sabor. Entre los métodos elementales de verificación, uno muy espectacular es una cromatografía en papel. Para ello previamente se deberá hacer una reducción de vino tinto a baja temperatura (40 ó 50°C) hasta reducir el volumen más o menos a la mitad de la inicial. Se entregará a los estudiantes una tira de papel de filtro de unos 10 cm de larga y unos 4 de ancha. A unos 3 cm de uno de sus extremos con un pincel se pintará una línea horizontal con el preparado obtenido y se dispondrá la tira como se aprecia en la fotografía (Figura 2). Al cabo de un poco tiempo se observa la aparición de diferentes pigmentaciones. No se identifican los productos, pero sí que el vino es una mezcla. También puede hacerse con un disco de papel de filtro, en cuyo centro se abre un pequeño agujero en el que se inserta un macarrón de papel de filtro. Se pinta un círculo en torno al agujero con la reducción de vino y se coloca el disco sobre un vasito con agua de modo que el macarrón se sumerja en ella.

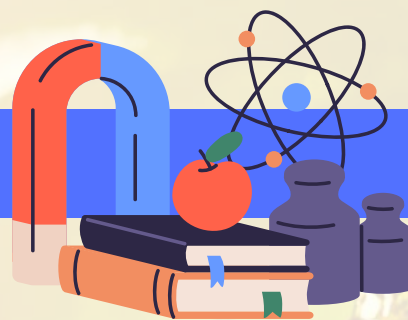


Figura 2. (Izda.) Disposición de la cromatografía en papel. (Drcha.) Resultado de la cromatografía.

Tercera práctica. Medida del grado alcohólico del mosto

En realidad, lo que se mide es la concentración de azúcares. Esta se expresa en **grados Brix**, o concentración de una disolución cuyo índice de refracción equivale a una disolución que contiene un 1% de sacarosa. Obsérvese como se utiliza un valor equivalente, ya que la cantidad real de sacarosa que contiene el mosto es muy pequeña.^[4] Para ello se necesita un **refractómetro de Abbè** (Figura 3). Consta de un prisma sobre el que se deposita la muestra. Al ser iluminada por un rayo este se desvía según la ley de Shell y el objetivo proyecta el rayo desviado sobre una escala adecuadamente calibrada en °Brix y en índice de refracción que se lee desde el objetivo.

DIVULGAR PARA EDUCAR



El índice de refracción, n , y el grado Brix se correlacionan según las siguientes fórmulas empíricas³:

$$n = 0,00166 \times (^\circ\text{Brix}) + 1,33063; \quad ^\circ\text{Brix} = 6,0090502 n - 799,58215$$

Son válidas para $15 \leq \text{Brix}(\text{mosto}) \leq 25$, intervalo habitual en mostos.

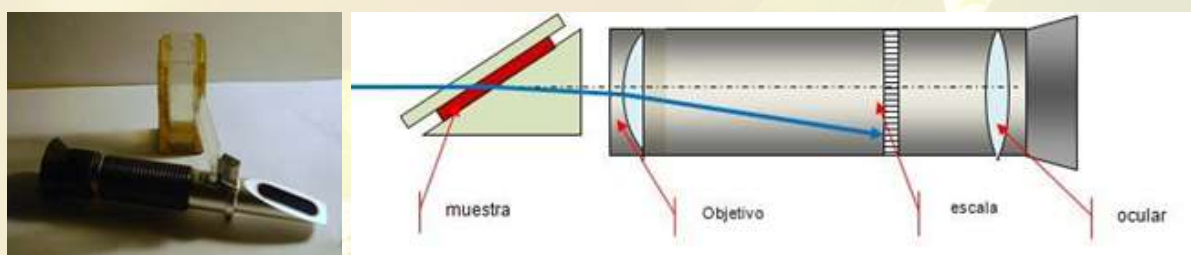


Figura 3. (Izda.) Refractómetro de Abbé. (Drcha.) Esquema del refractómetro de Abbe. Por claridad la marcha de los rayos no está a escala rigurosa.

De no disponerse de este aparato puede fabricarse un refractómetro casero con cuatro vidrios porta de microscopio, dispuestos según el esquema (Figura 4) sobre el que se lanza un rayo láser que se desvía e incide sobre una tabla de calibrado situada en la pantalla. Aunque el aparato es muy didáctico, su uso requiere calibrar en cada sesión y cuidar mucho la posición exacta del dispositivo.

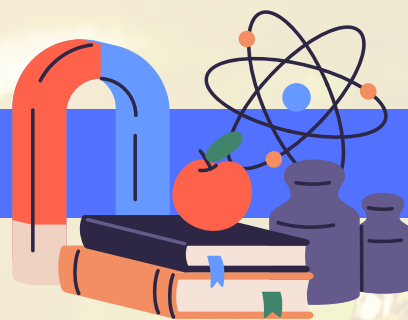


Figura 4. Refractómetro de Abbé casero.

Cuarta práctica. Medida de la acidez de un vino

En enología la acidez admite también matices. Se define la **acidez total (AT)** como la suma de todos los ácidos valorables con hidróxido de sodio, hasta $\text{pH}=7$, aunque se recomienda hacer la valoración a $\text{pH} 8,2$ puesto que los ácidos contenidos en el vino son débiles. En el vino los ácidos más importantes son **tartárico, málico, tánico**, derivados de la propia fruta y **acético, fórmico, succínico o carbónico** consecuencia de la fermentación maloláctica, un proceso asociado a la fermentación alcohólica. Hay otros ácidos en menor cantidad. La AT no incluye los óxidos de azufre y carbono. La AT del mosto disminuye con la fermentación ya que el ácido tartárico forma sales cálcicas cuya solubilidad disminuye al aumentar la concentración alcohólica. La **acidez volátil (AV)** se debe al ácido acético y demás ácidos de su serie que puede encontrarse libres o formando sales. Es muy importante desde el punto de vista organoléptico y responsable junto con el **acetato de etilo** del olor a picado de algunos vinos. Su nivel sensorial es de $0,6 \text{ g dm}^{-3}$ y $0,1 \text{ g dm}^{-3}$ respectivamente. El nombre de volátil se debe a que los ácidos se pueden separar por destilación fraccionada del vino. Este proceso es la base del método de García Tena para esa determinación. La acidez fija (AF) se debe a los restantes ácidos. Se cumple pues que **$\text{AT}=\text{AV} + \text{AF}$** ³.

DIVULGAR PARA EDUCAR



La AF del mosto y el vino se expresa en g de ácido tartárico/L y por norma se obtiene valorando 10 mL de vino o mosto con una disolución de NaOH 0,1332 M utilizando azul de bromotimol (intervalo de pH 6,0-7,6) como indicador³. Naturalmente si la medida se hace en el laboratorio escolar, aunque es bueno explicar el proceso oficial, no es necesaria tanta finura. La acidez total se calcula como:

$$AT = \frac{v \times M \times 75}{10} \text{ g de ácido tartárico/L}$$

siendo **v**, el volumen de base gastado y **M** su molaridad.

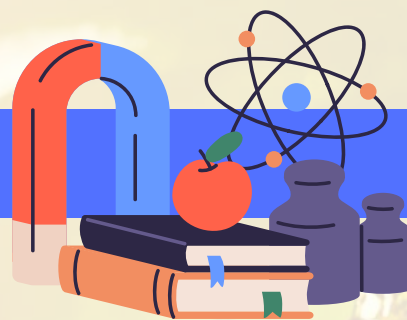
En la tabla se resumen los valores de referencia permitidos por la legislación.

Tabla. Valores de referencia de acidez		
Muestra	AT (g/L)	AV (g/L)
Mosto	3,5 -10,0	≤0,12
Sangría	3,6-10,0	≤0,6
Refresco de vino	4,0-8,0	≤0,3
Vino "tranquilo"	> 4,5	
Vino base para espumoso	>5,5	≤0,60
Vino espumoso	>5,5	≤0,65

Quinta práctica. Medida del pH de un vino

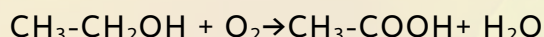
La medida del pH no es equivalente a la medida de la acidez, sino que lo que realmente expresa es la fuerza de los ácidos presentes en el vino. Su medida sigue un protocolo bastante riguroso, pero en el laboratorio escolar es suficiente su medida con papel indicado universal, cuidando de leer siempre la indicación por el lado opuesto a aquel sobre el que se deposita la gota. Hoy se pueden conseguir pH-metros bastante robustos y de buen precio. Si se dispone de ellos es preferible su uso al del papel. En este caso se insistirá en que se extreme la limpieza del instrumental antes y después de la medición.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Sexta práctica. Medida del grado de acidez del vinagre (GA)

El vinagre se produce como consecuencia de la oxidación del alcohol etílico del vino, por la acción de los enzimas generados por un hongo, el *Mycoderma aceti* según la reacción global



Al vinagre son aplicables los mismos conceptos de acidez, pero en la industria alimentaria es normal utilizar como valor de referencia el **grado de acidez** que se define como la cantidad total de ácidos fijos y volátiles contenidos en 100 mL del vinagre, expresados en gramos de ácido acético. La normativa para su medida es muy detallada ^[3] se tomará una muestra de 10 mL de vinagre disueltos en 100 mL de agua destilada que se valorarán con sosa 1,67 M, pH 8,2 y utilizando como indicador 6 gotas de fenolftaleína. Esta precisión es imprescindible en la industria. Si se gastan v mL de sosa y si M es la molaridad de la base:

$$\text{GA} (\%) = \frac{v \times M \times 60 \times 100}{10 \times 1000} = 0,6 \times M \times v$$

La legislación establece para el vinagre de uso alimentario un $\text{GA} \leq 6\%$ ($\text{pH} \cong 2,4$) y para uso industrial, $8\% \leq \text{GA} \leq 11\%$, aproximadamente equivalente a $2,2 \leq \text{pH} \leq 2,3$.

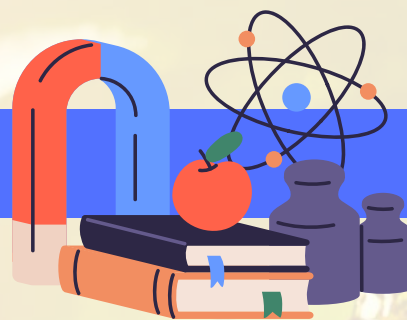
EL VINO COMO ALIMENTO FUNCIONAL

Como es sabido se dice que un alimento es **funcional** cuando, además satisfacer las necesidades nutricionales básicas, proporciona beneficios para la salud o reduce el riesgo de sufrir enfermedades ^[4]. Parece ser que el vino, especialmente el tinto contiene sustancias, como resveratroles o polifenoles, que le convierten en un alimento funcional, valga el ejemplo de la “*paradoja francesa*” ^[5] que dice que en algunas regiones de Francia con un elevado consumo de grasa de origen animal, la tasa de problemas cardíacos es baja, lo que se atribuye a que esta ingesta va acompañada de un consumo moderado y regular de vino tinto.

CAMBIO CLIMÁTICO Y VITICULTURA

El cambio de temperatura puede afectar de modo importante al cultivo de la vid y por ende en la producción y propiedades de los vinos que se producen ^[6]. Temperaturas más cálidas hacen que la uva sea más rica en azúcares, con lo que el vino tendrá mayor grado alcohólico y variará la acumulación de sustancias diversas, lo que puede perjudicar (o beneficiar) el resultado. Si se produce un aumento de temperatura global, terrenos con una climatología hoy óptima para determinadas variedades de uva pueden dejar de serlo y cambiar las viñas a otras zonas.

DIVULGAR PARA EDUCAR



ALGUNOS DETALLES CURIOSOS

En la **Regla de los monasterios medievales**, el vino se consideraba un alimento más y se especificaba la dosis de vino que se servía diariamente a cada monje. Hace años el autor visitó Asís y almorzó y cenó en un convento de frailes franciscanos de la TOR (Tercera Orden Regular, una de las ordenes Franciscanas). En cada comida y a cada fraile e invitado le pusieron en su puesto en la mesa del refectorio una especie de erlenmeyer conteniendo vino, unos 200 mL, según le contaron los anfitriones, a veces blanco y a veces tinto.

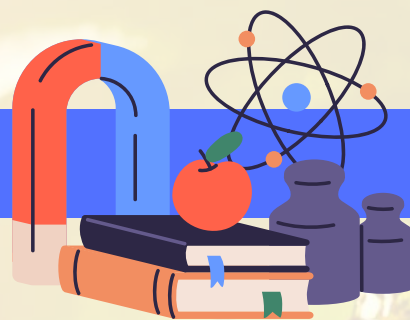


En los **tercios españoles de Carlos I**, según el conde de Clonard, los arcabuceros cobraban al mes escudo más que los piqueros, para cuerda, pólvora y munición, y cada uno fabricaba su propia pólvora moliendo sus ingredientes. Pronto comprobaron que mojándolos se mejoraba la molturación y uniformidad del producto y se disminuía el riesgo de explosión en la preparación^[7]. Alguien a falta de agua recurrió a la orina para tal menester y se “descubrió” que la orina de un bebedor de vino era mejor que la de un bebedor de cerveza. Pudiera ser cierto, porque los bebedores de vino solían pertenecer a clase más pudientes y su alimentación era más rica en carnes y su orina podría contener más sustancias nitrogenadas. Pero la mejor para preparar la pólvora era la de un obispo, bebedor de vino y la primera de la mañana. Valgan estas notas de humor.

CONCLUSIÓN

El conjunto de experimentos y observaciones propuestos no son ni mucho menos exhaustivos y se han seleccionado a tenor de su simplicidad, bajo coste, instrumentación asequible y sobre todo con posibilidad de ser aplicados como herramienta didáctica adaptándolos al nivel de los alumnos, con suficiente riqueza conceptual y práctica para adaptarse a lo *curricula* de ESO y Bachillerato. Pero no solo como ejercicios académicos sino aportando información en un campo tan interesante, resaltando la importancia de medidas objetivas y normalizadas de control de calidad para establecer criterios de comparación entre diferentes productos.

DIVULGAR PARA EDUCAR



BIBLIOGRAFÍA

1. Leuthard, F; Eldbacher S. *“Tratado de química fisiológica”*. Aguilar. 1962. Madrid
2. Finar, I. L. : *“Química Orgánica”*. Tomo 2. Editorial Alhambra. 1980.Madrid.
3. García Cazorla J.; Xirau Vayrea M.; Azorín Romero, R. *“Técnicas usuales de análisis en enología”*. 2005. Panreac.
4. Ferreira, V; López, R.; Aznar, M. *“Olfactometry and Aroma Extract Dilution Analysis of Wines”* en Analysis of Taste and Aroma. J.Jackson ed. Springer Verlag (Berlin). 2001. 89-122.
5. Saura-Calixto, F. ; Goñi I.; en *“Alimentos Funcionales. FECYT(Madrid)*. 167-169.
6. Zamora Marín, F.; I y C, 2015; 466; 46-47.
7. Montuega, C. *“Los Tercios Españoles”* Barreira 1984.

BOLETÍN DE DIVULGACIÓN. Nº 47

Facultad de Ciencias Químicas. UCM
Vicedecanato de Ordenación Académica, Biblioteca y Divulgación



Fotografía: Elena Espada Bernabé



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID