

BOLETÍN DE DIVULGACIÓN

Facultad de Ciencias Químicas. UCM



**¡Felices
vacaciones!**

Julio, ¡¡vacaciones!!

Belén Yélamos López

Vicedecana de Ordenación Académica, Biblioteca y
Divulgación

Estamos a las puertas de las vacaciones y, para que llenes esas horas de ocio y no te olvides de la Química, hemos preparado un número muy especial para cerrar este curso en el que podrás:

- Conocer la química que hay detrás de un buen helado, los componentes de las cremas solares que nos protegen del sol y cómo se preparan esos refrescos que el calor invita a tomar.
- Destinos turísticos y científicos que, a lo mejor, quedan cerca de tu lugar de vacaciones.
- Sugerencias de libros de divulgación hechas por compañer@s de la facultad.
- La historia de cómo se creó el primer aire acondicionado.
- Un experimento de cinética química utilizando algunas de todas las cervezas veraniegas que tomamos.

Esperamos que os guste y regresamos de nuevo en septiembre para seguir divulgando sobre la Química.

EN ESTE NÚMERO

**LA QUÍMICA DEL
VERANO.....2**

**ACTIVIDADES DE
DIVULGACIÓN.....15**

**LIBROS DE
DIVULGACIÓN.....18**

**HISTORIA DE LA
QUÍMICA.....22**

**LA INVESTIGACIÓN EN LA
FACULTAD30**

**DIVULGAR PARA
EDUCAR.....36**

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

QUÍMICA DEL VERANO



HELADO: CUANDO LA QUÍMICA SE HACE POSTRE

Elena Espada Bernabé, Emma Gracia Lor
Dpto. Química Analítica

El verano tiene sus clásicos: la playa, el sol, las vacaciones... y por supuesto, el helado. Igual que no se entiende el verano sin calor, no se entiende el calor sin helado... y lo que quizá no sepas es que tampoco se entiende un buen helado sin un poquito de química. Porque sí: un helado no es solo un postre, es un complejo proceso químico que se derrite en la boca.

Aunque parezca un invento moderno, la historia del helado se remonta a miles de años. En la antigua China (alrededor del 200 a.C.), ya se elaboraban mezclas de leche con arroz y nieve. Los persas, hacia el año 400 a.C., disfrutaban de sorbetes de agua de rosas y azafrán enfriados con nieve de las montañas. En Europa, el helado llegó gracias a exploradores y comerciantes: **Marco Polo** trajo técnicas asiáticas a Italia en el siglo XIII. Desde allí, la receta evolucionó hasta convertirse en el helado cremoso que conocemos hoy, especialmente tras la invención de las primeras máquinas heladeras en el siglo XVII y la popularización del consumo en el siglo XVIII en Francia e Inglaterra.

A simple vista, hacer un helado parece fácil: mezclas leche, nata y azúcar, lo metes al congelador y... ¡hecho! ¿Qué podría salir mal? Al fin y al cabo, es solo una mezcla de **proteínas, grasas y azúcares**. Pero si alguna vez lo has intentado en casa, sabrás que lo que sale del congelador se parece más a un bloque sólido y helado que a esa bola cremosa que esperabas.

Y es que el helado no es una simple mezcla fría, detrás hay mucha más química de la que imaginamos. En realidad, es una estructura compleja que vista al microscopio es casi una obra de arte: **grasa emulsionada, base acuosa cargada de azúcar, cristales de hielo y burbujas de aire atrapadas**. Sí, aire, ese ingrediente invisible (y gratuito), tan fundamental como la leche a la hora de conseguir la textura perfecta.

Así que no son solo tres ingredientes, sino más bien una **fórmula 3+1**, con muchas combinaciones posibles. Y como en toda buena receta científica, no basta con tener buenos ingredientes: lo importante está en el cómo. La temperatura a la que se mezclan, el orden en que se incorporan los componentes, cuánto tiempo se deja madurar la mezcla, cómo se congela y cuánto aire se introduce... todo cuenta. Porque en el helado, como en toda reacción, no basta tener los reactivos adecuados, ya que sin las condiciones óptimas, el producto puede ser cualquier cosa...menos cremoso.

QUÍMICA DEL VERANO

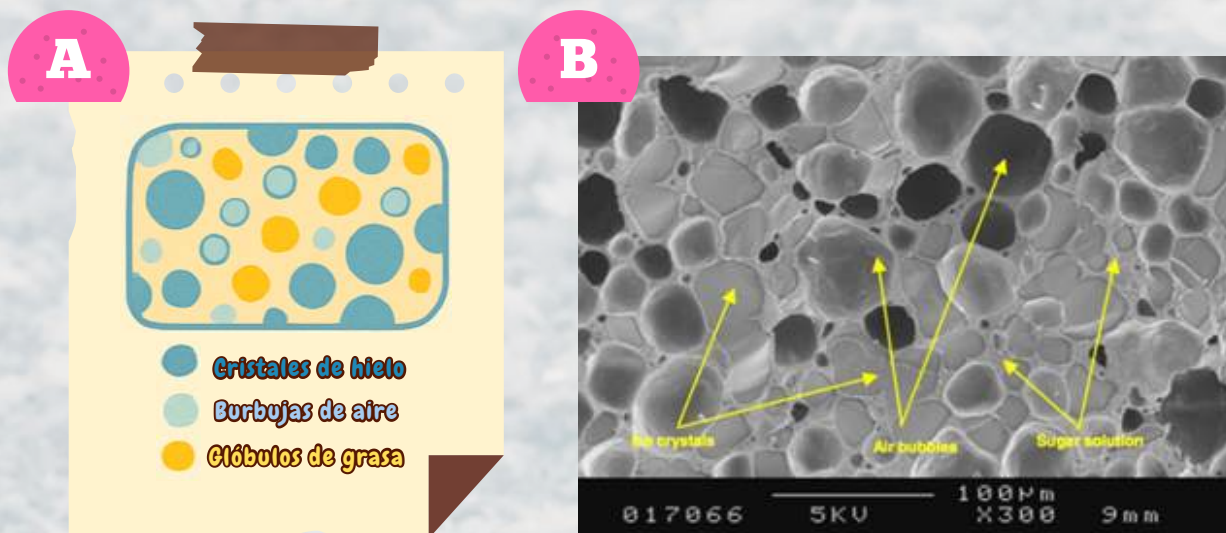


Figura 1. Coreografía molecular del helado. A) Representación microscópica de componentes del helado. B) Micrografía SEM.

Ahora bien, ¿qué aporta cada uno de los ingredientes?

- **Grasas (Lípidos):** procedentes de la leche y la nata, aportan cremosidad. Se presentan como pequeños glóbulos que, al batirse, se desestabilizan parcialmente, se agrupan y forman una red que atrapa aire. Esta red contribuye a esa textura rica y suave tan característica. Químicamente, hablamos de triglicéridos: ésteres de glicerol y ácidos grasos.
- **Azúcares (Carbohidratos): Dulzura y Anticongelante.** Estamos acostumbrados a pensar que los azúcares solo endulzan, y no. Tienen un papel vital en la textura al **disminuir el punto de congelación del agua**, permitiendo que parte de ella permanezca líquida incluso a bajas temperaturas. Esto impide que el helado se convierta en un bloque y evita la formación de grandes cristales de hielo.
- **Proteínas (Aminoácidos): Estabilizadores Naturales.** Principalmente las de la leche, como las caseínas y las del suero, actúan como estabilizantes y emulsionantes. Rodean los glóbulos de grasa y los mantienen dispersos, evitando que se separen. También ayudan a incorporar y retener aire. A esto se suman estabilizantes como la lecitina de huevo y gomas vegetales (goma guar, carragenanos). Estos compuestos ayudan a **mejorar la textura y evitar la formación de cristales grandes de hielo**, manteniendo la estructura del helado durante el almacenamiento.
- No podemos olvidarnos del **agua**, nuestra matriz congelada. El agua proviene de la nata y la leche, y es la base sobre la que se disuelven o dispersan el resto de los ingredientes. El reto está en controlar su congelación: si los cristales de hielo son demasiado grandes, el helado resulta rugoso. Por eso buscamos formar cristales pequeños, que aporten cremosidad.

QUÍMICA DEL VERANO



- Y por supuesto, como habíamos dicho antes, el **aire**, la espuma mágica. Aunque invisible, el aire es esencial. Se incorpora durante el batido, creando una espuma estable. Las burbujas de aire, rodeadas por una capa de grasa y proteínas, hacen que el helado sea ligero, suave y con un mayor volumen. Puede llegar a representar hasta el 50% del volumen total. Sin aire, el helado sería denso, pesado y menos agradable.

Y ahora.... **¡Química en acción!** Pasamos al proceso de **síntesis del helado**, pero sin perder de vista que el helado debe ser firme pero suave; debe mantenerse pero derretirse con elegancia. Para lograrlo, el proceso de síntesis es tan importante como los ingredientes.

Primero viene la **pasteurización**, donde calentamos la mezcla para eliminar microorganismos indeseados. Pero no solo se trata de seguridad: este paso también hace que las proteínas se desnaturalicen ligeramente, lo que ayudará más adelante a estabilizar la emulsión. A continuación, tiene lugar la **homogeneización**, que es básicamente una sesión de alta presión para romper los glóbulos de grasa en partículas minúsculas. ¿El objetivo? Que se repartan bien y no formen una capa separada de nata.

Después, la mezcla se deja reposar en frío durante varias horas en lo que se llama la **maduración**. Durante este tiempo, las proteínas y estabilizantes hacen su trabajo: se hidratan, espesan la mezcla y ayudan a que todo esté listo para lo que viene. Es un paso fácil de subestimar, pero crucial si queremos un helado que se derrita lentamente y tenga esa textura cremosa que tanto gusta.

Ahora llega el momento estrella: la **congelación y el batido simultáneo**. Aquí empieza la magia real. Se congela parte del agua, se incorporan burbujas de aire, y se forman pequeños cristales de hielo. Cuanto más pequeño el cristal, más suave será el helado. Por eso es fundamental congelar rápido mientras se agita: para repartir bien el aire, evitar que los cristales crezcan demasiado y que la estructura sea estable.

El último paso es el **endurecimiento**: llevar el helado a temperaturas muy bajas (-20°C o menos) para terminar de fijar esa microestructura. Aquí ya no se bate ni se mezcla, solo se conserva. Si en esta etapa se produce alguna variación de temperatura (por ejemplo, se descongela un poco y luego se vuelve a congelar), los cristales de hielo pueden crecer y arruinar todo el trabajo anterior. Seguro que alguna vez abriste un helado en casa y estaba cubierto de escarcha o tenía una textura arenosa. Eso es recrystalización, y es el enemigo número uno del helado perfecto.

Y con esto... **¡Helado listo! Química servida a -20°C .**

QUÍMICA DEL VERANO



Figura 2. Ingredientes y proceso de síntesis del helado

Pero la ciencia del helado no termina aquí... ¿Qué pasa cuando cambiamos las reglas del juego? La cosa se pone aún más interesante cuando hablamos de **helados especiales**: veganos, sin azúcar, hiperproteicos... Aquí hay que reformular la receta entera. Sustituir la leche por una bebida vegetal, por ejemplo, implica cambiar por completo las bases moleculares: usar otras grasas, otras proteínas, otros emulsionantes. El reto químico está en mantener la esencia del helado tradicional —su textura cremosa, su sabor envolvente— usando ingredientes completamente distintos.

No podemos dejar fuera de juego al helado con **nitrógeno líquido**: algo que hoy muchos asocian a los platos espectaculares de programas como *MasterChef*, donde se usa como truco visual para impresionar al jurado. Pero en realidad, este método tiene su origen en el laboratorio. Al congelar instantáneamente la mezcla, se forman cristales de hielo diminutos que dan lugar a una textura ultra cremosa. Y, es cierto, el espectáculo del humo blanco saliendo del cuenco tiene su encanto, pero detrás hay pura ciencia.

Así que ya lo ves: incluso algo tan cotidiano y aparentemente sencillo como un helado necesita de la química para ser lo que es. Sin ella, no habría textura, ni sabor equilibrado, ni ese punto justo en el que se derrite en la boca. Al final, cada cucharada es una pequeña lección científica... que se disfruta sin tener que estudiarla.

QUÍMICA DEL VERANO



PROTECTORES SOLARES: LA QUÍMICA QUE TE PROTEGE

Henar Vázquez, Carmen Atienza
Departamento de Química Orgánica

El comienzo de esta época estival, y con ella el tan deseado descanso para muchos, hace que nos expongamos de manera continuada durante largos periodos de tiempo al sol, ya sea por las visitas a la playa o la piscina, o simplemente disfrutando al aire libre. Es entonces cuando el uso del protector solar es fundamental y no puede faltar en nuestra maleta. Seguramente alguna vez nos habremos preguntado cuál es la química que hay detrás de los protectores solares y de qué nos protegen exactamente. Para entenderlo, primero vamos a ver cómo interacciona el sol con nuestra piel cuando intentamos conseguir ese bronceado perfecto.

El sol emite tanto **radiación ultravioleta (UV)** como luz visible. La radiación UV representa un 10% de la luz solar y se divide en tres categorías según su longitud de onda (**Figura 1**). La radiación más energética, y también la más peligrosa, corresponde a los rayos **UVC** (100-280 nm), que son absorbidos casi por completo por la capa de ozono de la atmósfera y no alcanzan la superficie terrestre. Después están los rayos **UVB** (280-315 nm), que son los responsables de nuestro bronceado, pero que también pueden causar quemaduras y producir daños directos en el ADN de las células de la piel.

Por último, encontramos los rayos **UVA** (315-400 nm), que representan la mayor parte de la radiación UV que llega a la superficie terrestre. Esta radiación penetra más profundamente en nuestra piel, acelerando el envejecimiento cutáneo, provocando hiperpigmentaciones irregulares y generando especies reactivas de oxígeno que dañan indirectamente el ADN celular. Como veis, estas dos últimas radiaciones no solo son responsables del daño solar en la piel, sino que también pueden provocar alteraciones en el ADN, aumentando el riesgo de desarrollar cáncer de piel, concretamente melanoma, uno de los más agresivos. Sin embargo, no todo es negativo en las radiaciones solares. La exposición a la luz UVB es necesaria para que nuestra piel pueda generar, a partir de un precursor llamado 7-dehidrocolesterol, la **vitamina D**, tan importante para nuestra salud ósea y el correcto funcionamiento del sistema inmunitario y muscular.

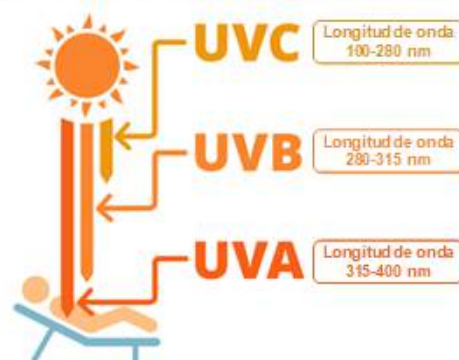


Figura 1. Tipos de radiación UV (UVA, UVB, UVC) según su longitud de onda. <https://cenm.ag/sunskin>.

QUÍMICA DEL VERANO



Pero ¿qué ocurre en nuestra piel tras la exposición a la radiación UV del sol? Para dar respuesta a esto, debemos tener en cuenta que la piel se compone de dos capas internas —la hipodermis y la dermis— y una capa externa, la epidermis. En esta última se encuentran unas células llamadas **melanocitos** que se activan como respuesta defensiva de nuestro cuerpo frente a la exposición a la radiación UV (**Figura 2**).

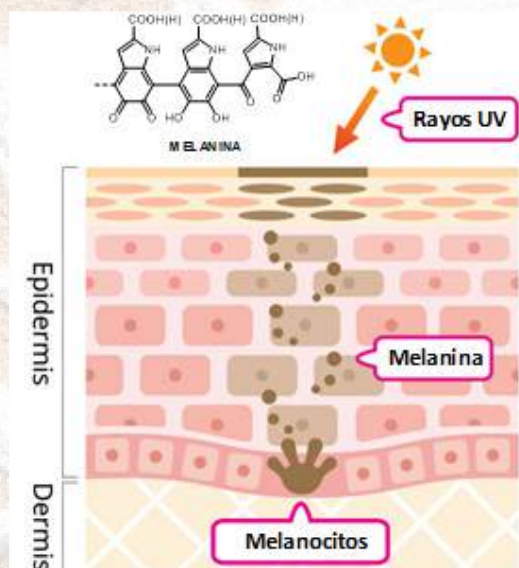


Figura 2. Representación de la producción de la melanina por los melanocitos.

Estas células producen **melanina**, un pigmento polimérico responsable del color de la piel, que se forma a partir del aminoácido tirosina mediante un proceso llamado **melanogénesis**. Una vez sintetizada, la melanina es transportada a las capas superiores de la epidermis, donde forma una especie de escudo que absorbe y dispersa la radiación, protegiendo las células cutáneas del daño causado por los rayos UV, especialmente los UVB, que son los más energéticos y nocivos. Por eso, el bronceado es un proceso fisiológico que ocurre como respuesta natural del cuerpo al exponernos al sol.

Una vez entendidos los efectos del sol en la piel, está claro por qué es importante usar protector solar. Y en este punto surgen otras preguntas interesantes: *¿cómo funciona químicamente un protector solar?*, *¿cuántos tipos hay?*, *¿son todos igualmente efectivos?*

La **función principal** de un protector solar es proteger la piel de los rayos UV absorbiendo, bloqueando o reflejando esa radiación. Los protectores solares se clasifican según el **factor de protección solar (FPS)**, que nos da una medida de su capacidad para proteger la piel de la radiación UV. Cuanto más alto es el FPS, mayor es la protección contra las quemaduras solares. Los primeros protectores se usaron en 1928 y solo protegían de los rayos UVB, responsables del bronceado y de las quemaduras. Hoy sabemos que los rayos UVA también dañan la piel, y por eso los protectores actuales nos protegen de ambas radiaciones. Un protector solar está compuesto por diferentes ingredientes responsables de la textura, la estabilidad o el olor del producto, pero los protagonistas son los **filtros solares**, que bloquean o absorben los rayos UV.

QUÍMICA DEL VERANO



Los filtros UV se dividen en dos tipos según su composición: **orgánicos (o químicos)** y **minerales (o físicos)**, y cada uno actúa de forma diferente (**Figura 3**). Los filtros minerales más comunes son el **dióxido de titanio** (TiO_2) y el **óxido de zinc** (ZnO). Estos óxidos actúan como filtros físicos, ya que crean una barrera que refleja y dispersa los rayos UV, aunque también pueden absorber una parte de la radiación, que posteriormente se libera en forma de calor. El óxido de zinc protege frente a los rayos UVA, mientras que el dióxido de titanio cubre tanto UVA como UVB, por lo que su uso combinado ofrece una protección de amplio espectro. Seguro que recordáis las cremas que dejaban la piel blanca. Esto se debía a que antes los filtros minerales tenían partículas más grandes y reflejaban también la luz visible. En la actualidad se usan filtros con un tamaño de partícula más pequeño, igual de eficaces para reflejar la radiación UV, pero sin ese efecto blanquecino. Además, estos filtros son muy estables con la luz y tienen bajo riesgo de causar alergias porque apenas penetran en la piel.

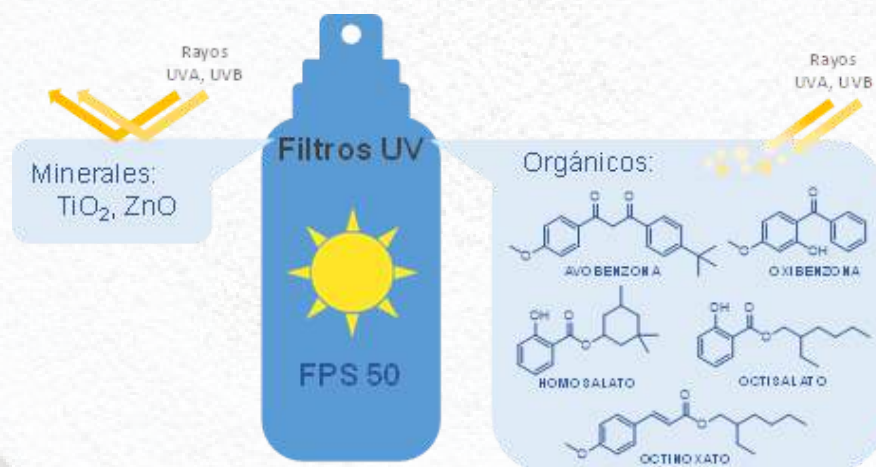


Figura 3. Filtros UV minerales y orgánicos empleados habitualmente.

Los filtros orgánicos funcionan de forma diferente. Se trata de compuestos orgánicos que gracias a su estructura son capaces de absorber los rayos UV. De esta forma, la molécula pasa a un estado electrónico excitado y cuando vuelve a su estado original se libera la energía absorbida en forma de calor, que se disipa a través de la piel sin que lo notemos. Si nos fijamos en la estructura de estos compuestos (ahora toca recordar un poco de química orgánica...), podemos ver que la mayoría posee un anillo aromático conjugado con un grupo carbonilo, lo que les permite absorber radiación en el rango UV. Además, estos grupos se combinan con otras unidades estructurales de forma que se modifica la longitud de onda de la radiación UV absorbida. Por tanto, según su estructura, hay filtros que protegen de los rayos UVB, de los UVA o de ambos. Entre los filtros orgánicos más empleados están los **salicilatos** (como el octisalato), los **cinamatos** (como el octinoxato) y las **benzofenonas** (como la oxibenzona y la avobenzona).

QUÍMICA DEL VERANO



¿Y por qué se insiste tanto en que hay que reaplicar el protector solar cada pocas horas? Pues se debe a que los filtros minerales, al permanecer sobre la superficie de la piel, se eliminan fácilmente al sudar y al frotarse o bañarse. En el caso de los filtros orgánicos, además de que también se acaban eliminando con el agua, se debe fundamentalmente a la **fotoestabilidad**, pues muchos de ellos se degradan lentamente a medida que absorben la luz UV. Al conocer todos los factores que controlan la eficacia de los filtros UV es lógico que en los protectores solares se combinen diferentes filtros minerales y orgánicos, buscando la máxima protección frente a los rayos UVA y UVB durante el mayor tiempo posible. En los últimos años también se ha extendido el uso de **filtros biológicos**. En este caso se trata de compuestos antioxidantes, como **vitamina E** o **polifenoles**, que reducen el daño celular causado por la radiación UV, actuando sobre los radicales libres generados.

Todo esto nos lleva a otra pregunta, *¿nos debe preocupar que el protector solar tenga tantos componentes?* La respuesta es **no**. Todos los filtros UV pasan controles estrictos a través de las correspondientes agencias reguladoras antes de autorizarse su uso como cosmético o como medicamento en el caso de los EE.UU. Además, se emplean en cantidades que garantizan que no haya riesgo de toxicidad, teniendo en cuenta los niveles de absorción a través de la piel. Un ejemplo de este control es la prohibición del uso como filtro del **ácido p-aminobenzoico (PABA)** en la Unión Europea desde 2008, debido a que se descubrió que podía aumentar la probabilidad del daño de la radiación UV y causar alergias cutáneas. También se tiene en cuenta el posible impacto ambiental, pues una gran cantidad del protector solar que usamos acaba en el mar. De hecho, Hawái prohibió en 2021 el uso de los filtros **oxibenzona** y **octinoxato**, ya que diversos estudios indicaban que pueden contribuir al blanqueamiento de los arrecifes de coral, haciéndolos más susceptibles a enfermedades.

Ahora que ya sabemos un poco más acerca de los protectores solares, es hora de descansar y disfrutar al aire libre, pero recordemos: ¡**siempre protegidos!**

QUÍMICA DEL VERANO



LA QUÍMICA DE LAS BEBIDAS CARBONATADAS: BURBUJAS, COMPOSICIÓN E IRONÍAS DE VERANO

Juan M. Bolívar

Departamento de Ingeniería Química y de Materiales

En el paisaje veraniego, pocas cosas evocan tanto frescor como una bebida burbujeante. Las bebidas carbonatadas, forman parte esencial de la vida moderna, especialmente en verano. Se tornan ubicuas en casa, en la playa, en la piscina o en hostelería. Desde el agua mineral de consumo habitual en otros países, hasta la clásica gaseosa, los refrescos de sabores variados, bebidas energéticas, tónicas, e incluso productos fermentados como cervezas y vinos gasificados, el abanico es enorme. Ocupan un lugar central en nuestra cultura del ocio, especialmente durante los meses cálidos. Se destacan por su efervescencia (burbujeo) que combina ciencia y experiencia sensorial. No solo refrescan, también aportan placer gracias a su burbujeo y a la amplia gama de sabores, colores y aromas disponibles. La industria mundial produce cada año miles de millones de litros, confirmando su presencia habitual en la mesa y en la cultura popular. Su presencia es tan común que rara vez nos detenemos a pensar en la ciencia que hay detrás de esa efervescencia que tanto disfrutamos.

Estructura físico-química: un sistema bifásico.

La base de toda bebida carbonatada es simple: **agua y dióxido de carbono** (CO_2) disuelto. Sin embargo, la receta completa suele incluir una combinación de:

- **Ácidos** (como cítrico, málico o fosfórico): aportan acidez y realzan el sabor.
- **Azúcares y edulcorantes**: desde sacarosa o glucosa hasta alternativas menos calóricas como aspartamo.
- **Aromas naturales o artificiales**: responsables del perfil organoléptico único de cada marca y variedad.
- **Colorantes** (naturales o sintéticos): para dar un aspecto atractivo.
- **Sales minerales y conservantes**: que equilibran el sabor y prolongan la vida útil.

La química clave está en la **disolución del CO_2 bajo presión**. Envasado a presión, parte del CO_2 reacciona con el agua para formar **ácido carbónico**, un ácido débil que da el característico “toque ácido” a la bebida. Al abrir el envase, la presión disminuye, el equilibrio se desplaza y el CO_2 escapa en forma de burbujas, y produciendo esa sensación efervescente tan refrescante. La percepción del hormigueo y la acidez está modulada por el equilibrio entre estos componentes, y cada bebida busca su fórmula óptima para crear una experiencia sensorial única.

QUÍMICA DEL VERANO



La experiencia de consumo está también ligada al concepto de **solubilidad del gas**, que aumenta con el descenso de temperatura; una bebida almacenada en frío contendrá una mayor cantidad de CO_2 disuelto, enriqueciendo la experiencia de burbujeo al abrirla y despresurizarla a temperatura ambiente. Así, equilibrio de solubilidad y equilibrio ácido-base definen el sabor, la textura y la frescura de cada sorbo.

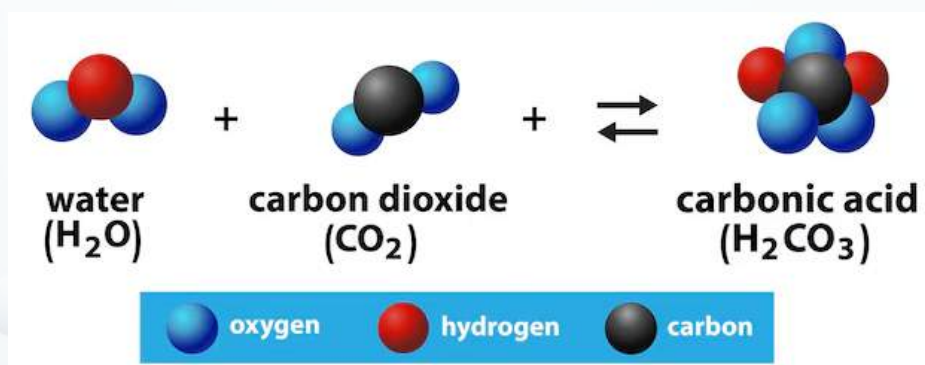


Figura 1. Reacción del CO_2 con el agua para formar ácido carbónico
(Imagen: Freepik)

Proceso de producción: ciencia, control.

La fabricación industrial de bebidas carbonatadas es un proceso tecnológicamente avanzado que involucra varias etapas:

En primer lugar, se mezclan los ingredientes sólidos y líquidos en tanques especiales para obtener una base uniforme. En segundo lugar, el agua o el jarabe diluido se enfría a bajas temperaturas para aumentar la solubilidad del CO_2 . Luego, en cámaras presurizadas, se inyecta CO_2 puro bajo presiones de 2 a 4 atmósferas, logrando que el gas se disuelva eficientemente en el líquido. A continuación, la bebida carbonatada se mezcla en proporciones precisas y se envasa en botellas o latas herméticas para conservar la presión. El sellado rápido es crucial, ya que una pérdida mínima de gas puede afectar la calidad del producto. Finalmente, cada lote es sometido a pruebas de pH, niveles de CO_2 , sabor y estabilidad microbiológica. Muchas empresas monitorizan la ausencia de oxígeno, ya que puede degradar aromas y reducir la vida útil.

QUÍMICA DEL VERANO

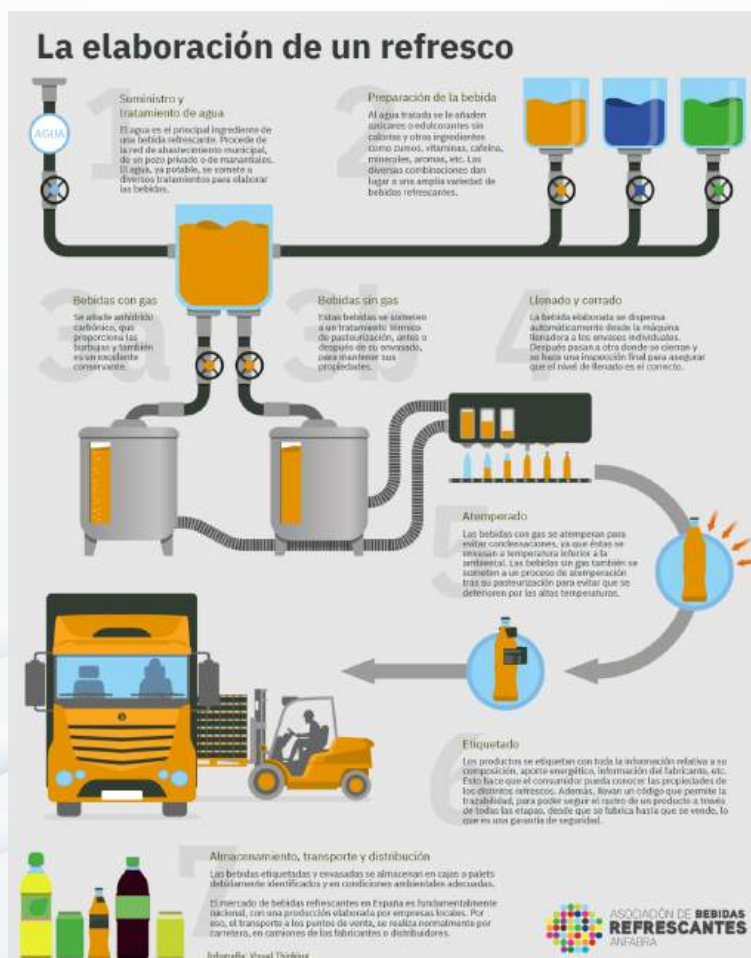


Figura 2. Producción de una bebida carbonatada (ANFABRA)

Diversidad de bebidas carbonatadas desde un origen sencillo.

Aunque el esquema anterior se aplica a los llamados refrescos, no todas las bebidas carbonatadas siguen el mismo proceso, especialmente en lo relativo al origen del CO_2 . Así, en algunas aguas minerales gasificadas, el CO_2 es natural del manantial, mientras que en otras se añade artificialmente. En bebidas como la cerveza, la sidra o algunos vinos, la presencia del burbujeo se debe a que el CO_2 es producto de un proceso fermentativo, lo cual se extiende también a otras bebidas fermentadas en auge reciente como la kombucha.

El origen de las bebidas gaseosas modernas está estrechamente ligado a la fascinación que desde hace siglos despiertan las **aguas minerales naturales con gas**. Estas aguas, apreciadas por sus supuestas propiedades medicinales y su frescor, se consumían en balnearios de toda Europa desde la antigüedad. A finales del siglo XVIII científicos como **Joseph Priestley** y **Johann Jacob Schwappe** (¿resulta familiar el nombre?) desarrollaron los primeros métodos para disolver dióxido de carbono en agua de forma artificial, dando lugar a lo que hoy conocemos como **agua de soda**.

QUÍMICA DEL VERANO



El objetivo era precisamente imitar las burbujeantes aguas minerales de manantial y hacer accesible esa experiencia a la población urbana. De estos experimentos nacerían primero las **aguas carbonatadas**, y más tarde los **refrescos aromatizados**, que con el tiempo se diversificaron en innumerables variantes según la región y los gustos locales.

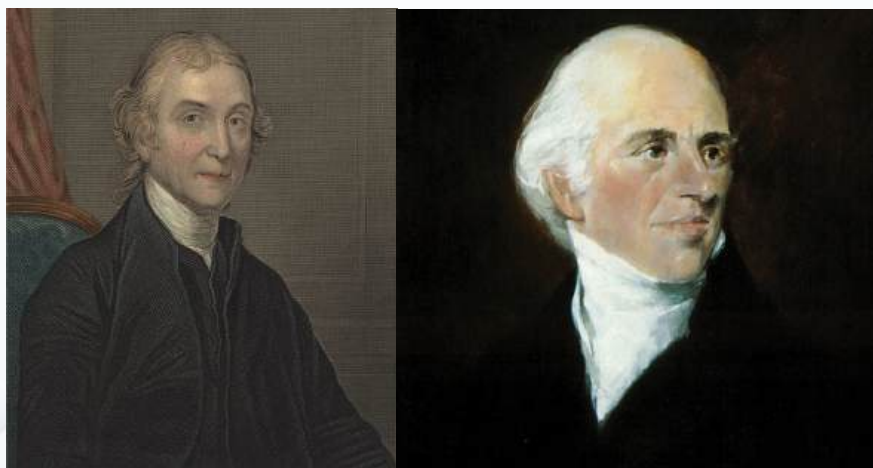


Figura 3. Joseph Priestley ([Británica](#)) y Johann Jacob Schweppe (Unklar- Simmons, Wikimedia Commons).

En el siglo XIX los refrescos llegaron al ámbito de consumo individual. Los refrescos modernos nacen de la confluencia de las aguas carbonatadas y los zumos y bebidas afrutadas. Inicialmente, el origen del gas CO_2 era irónicamente un sólido: el **carbonato de calcio** y, posteriormente, **bicarbonato de sodio**, como una manera sencilla de crear el “aire” en las bebidas. Posteriormente, se ideó la manera de inyectar el CO_2 por medio de los trabajos de Priestley y Schweppe y finalmente se industrializó mediante el uso de CO_2 licuado. Ello ha derivado en la explosión de productos del siglo XX y una gran diversidad de productos industriales de innumerables sabores y composiciones sobre este concepto base.

Una paradoja refrescante: CO_2 , placer y sostenibilidad.

Resulta paradójico que uno de los mayores placeres del verano, el consumo de bebidas efervescentes esté ligado al uso de CO_2 , probablemente el gas de efecto invernadero más conocido y responsable del calentamiento global. Es irónico que, en pleno calor en parte causado por el CO_2 atmosférico, busquemos alivio en bebidas donde el mismo compuesto se libera a la atmósfera al abrir la botella o al beber. Más allá de la ironía, desde el punto de vista del proceso, es relevante reflexionar sobre el origen del CO_2 y la circularidad en su uso. Actualmente, parte del CO_2 proviene de su valorización como residuo, por ejemplo, en procesos industriales, químicos, biotecnológicos o energéticos, en los que la captura de este gas seguida de su purificación, lavado y secado permite que alcance grado alimentario.

QUÍMICA DEL VERANO



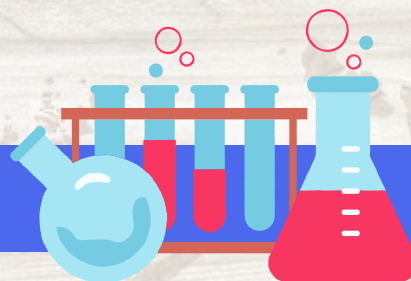
Posteriormente, se almacena a presión en estado líquido para su distribución a la industria alimentaria; ello permite imaginar procesos con una huella de carbono mucho más reducida, e incluso, idealmente, negativa. De la circularidad de los procesos previos de uso del CO_2 y de la eficiencia global de los mismos, depende que el placer de una bebida refrescante lleve intrínseco la sonrisa de contribuir a cierto balance y homeostasis de la civilización y del planeta que posibilitan dicho placer.

En todo caso, el disfrute de placeres cotidianos como este está ligado ya no solo a cuestiones técnicas y científicas, sino también a retos globales. Así, algo tan simple como una bebida con burbujas solo es posible gracias a complejos procesos químicos en su fabricación y concepto, donde lo individual y lo estético es inseparable de la físico-química de proceso y de su efecto global. ¡Salud y feliz verano!

BIBLIOGRAFÍA

- <https://www.sobrestoyaquello.com/2023/10/breve-historia-de-las-bebidas-carbonicas.html>
- <https://quimicafacil.net/notas-de-quimica/la-historia-de-las-bebidas-carbonatadas>
- <https://fast-gas.com/es/creacion-de-bebidas-carbonatadas/>
- <https://www.linde-gas.es/shop/es/es-ig/Bebidas> <https://latam-green.com/coca-cola-probara-carbono-capturado-en-refrescos/>
- <https://www.gea.com/es/stories/carbon-neutral/>
- <https://neoelectra.es/2024/07/11/la-versatilidad-del-co2-en-la-industria-alimentaria-innovacion-y-economia-circular-para-la-descarbonizacion/>
- https://cymitquimica.com/es/noticias/210/did-you-know-the-first-soft-drinks-were-created-by-chemists/?srsltid=AfmBOoq1GkCU06xspPlvhCT45_Jc8Gyyw1RZP7SgiXg00Q8tB_agO_Dh
- <https://www.refrescantes.es/historia/>
- <https://www.sinopakmachinery.com/es/news/the-production-process-of-beverage-grade-co2/>

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



DESTINOS PARA TURISTAS CIENTÍFICOS II



El verano pasado te mostramos **algunas localizaciones (Boletín N 26)** con mucha ciencia. En esta ocasión, seguimos mostrándote más sitios para visitar con mucha química. ¡Disfruta del viaje!

DEUTSCHES MUSEUM (Munich, Alemania)

Veinte exposiciones en cerca de 20.000 metros cuadrados dedicadas a los viajes espaciales, la física atómica, la química y la agricultura. La dedicada a la química se divide en tres secciones principales. Comienza con los laboratorios históricos, que invitan a los visitantes a un viaje desde la alquimia en la Edad Media hasta Justus von Liebig en el siglo XIX. Existe un área experimental, una gran sala de exposiciones con islas temáticas que muestran la química que se esconde tras los objetos cotidianos y una tabla periódica gigante.



MUSÉE DES ARTS ET MÉTIERS (PARÍS, FRANCIA)

Localizado en la iglesia Saint-Martin-des-Champs, en el centro de París, este museo, aunque está más centrado en la tecnología, muchas de las invenciones expuestas tienen una base química fundamental en el desarrollo de materiales y procesos.



SCIENCE MUSEUM (Londres, Reino Unido)

El Museo de las Ciencias de Londres alberga varias exhibiciones relacionadas con la química, incluyendo la réplica del modelo de ADN de Crick y Watson y la galería "Making the Modern World", donde se muestran inventos que han moldeado el mundo actual, como el módulo de mando del Apolo 10. En la galería "Energy Hall" encontrarás máquinas de vapor que impulsaron la revolución industrial, y la zona "Wonderlab: The Equinor Gallery" ofrece experimentos interactivos para todas las edades. La entrada es libre.



NOTICIAS DE DIVULGACIÓN



DESTINOS PARA TURISTAS CIENTÍFICOS II



MUSEUM OF SCIENCE (Boston, EEUU)

El Museo de Ciencias de Boston es un centro interactivo de aprendizaje y descubrimiento, enfocado en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Ofrece más de 700 exhibiciones interactivas, presentaciones en vivo, espectáculos en el Planetario Charles Hayden y el Teatro Mugar Omni, y un zoológico cubierto con más de 100 animales. El museo busca inspirar la apreciación por la ciencia y la tecnología, fomentando la exploración y la comprensión del mundo natural y artificial.



ATOMIUM (Bruselas, Bélgica)

El Atomium es un monumento emblemático de Bruselas, construido para la Exposición Universal de 1958. Representa un átomo de hierro ampliado 165 mil millones de veces, con 102 metros de altura y nueve esferas de acero conectadas por tubos. Cinco de las esferas son accesibles al público y ofrecen vistas panorámicas de Bruselas, exposiciones temporales y permanentes.

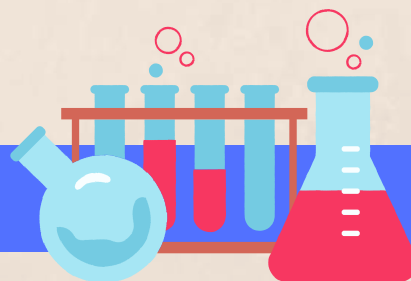
THE ROBOT MUSEUM (Alcorcón, Madrid, España)

Embárcate en un fascinante viaje por el ayer, hoy y mañana de la robótica de la mano de The Robot Museum de Juguetrónica. En él, conocerás robots de todas clases y tamaños, con piezas insólitas como, entre otras, la gran colección de perros robot Sony Aibo, el dinosaurio animatrónico Pleo, la mejor selección de robots retro de los 80 o los espectaculares androides RS Media y Pando, que interaccionan con el público.



¿HAS VISITADO ALGÚN LUGAR INTERESANTE PARA LOS
AMANTES DE LA CIENCIA?
¡Escríbenos a vddivulgacionquim@ucm.es y
cuéntanos!

ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN



EXPOSICIÓN ILLUSTRACIENCIA 12

La ilustración científica es una disciplina que requiere de la colaboración entre equipos de investigación y especialistas de la ilustración de la ciencia. Organiza visualmente datos complejos y hace posible que la divulgación de la ciencia sea accesible a personas de diferentes contextos culturales y niveles de conocimiento. Este arte facilita la cultura científica y la conservación de la biodiversidad y del propio conocimiento, de la conexión entre las culturas, las personas y el planeta.

En esta exposición en el [Museo Nacional de Ciencias Naturales](#), se puede disfrutar de las 40 obras seleccionadas en la 12ª edición del **Premio Ilustraciencia**. En ella encontrarás las obras ganadoras en sus categorías: **Ilustración Científica** (representaciones completas y precisas de conceptos científicos) e **Ilustración Naturalista** (dibujos descriptivos con enfoque estético, divulgativo y realista).



LIBROS DE DIVULGACIÓN



Libros para el verano



Un Verdor Terrible (2020) / Maniac (2023)

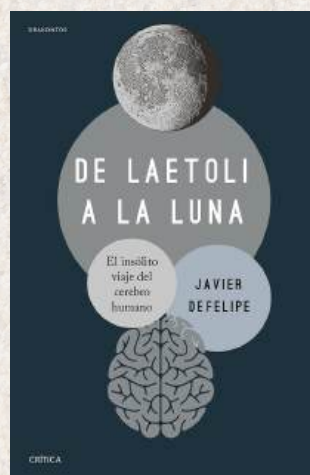
Autor: Benjamin Labatut

No se trata de libros de divulgación científica convencionales, pero es un escritor que usa ejemplos de vidas de científicos/as, y de sus trabajos de ciencia, para crear libros con una mezcla de historia, ficción y divulgación, explorando los límites del conocimiento y de los límites (o ausencia de límites) de la voluntad y el sacrificio desde una visión humanista y hasta cierto punto poética. Es de lo mejor que he leído en los últimos 20-25 años. Una inspiración desde la literatura solo comparable a una primera lectura de Thomas Kuhn.

Juan M. Bolívar. Profesor del Dpto. Ingeniería Química y de Materiales



Editorial Anagrama



De Laetoli a la Luna. El insólito viaje del cerebro humano (2022)

Autor: Javier Defelipe

Un libro que recomiendo y que me ha hecho leer otros sobre el cerebro humano y su evolución. El viaje que propone para acercarnos a nuestro cerebro es fascinante y en estos tiempos en que la Inteligencia Artificial parece que puede desplazarnos no está demás volver a mirar el origen de nuestras capacidades mentales.

Maria Eugenia de León, Catedrática de Química Analítica

Editorial Crítica

LIBROS DE DIVULGACIÓN



Editorial Kairós SA

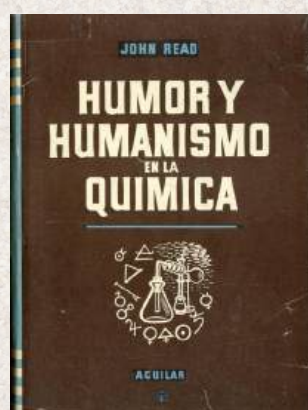
Neurociencia: cómo el organismo esculpe el cerebro (2022)

Autora: Nazareth Castellanos

Nazareth Castellanos es directora de la cátedra extraordinaria de Mindfulness y ciencias cognitivas de la Universidad Complutense de Madrid y una gran divulgadora científica.

Este libro te abre la mente y muestra un mundo lleno de sensaciones que nuestro ritmo de vida no nos permite sentir.

Olga Cilleros Prados. Técnica del Laboratorio de Química General



Editorial Aguilar

Humor y humanismo en la química (1953)

Autor: John Read

Es una historia de la química contada con mucho humor. En su primera parte trata sobre todo de la Alquimia y en la segunda la evolución de nuestra ciencia en los siglos XIX y XX, hablando de sus experiencias en los laboratorios de científicos alemanes y en general con un buen contenido químico. Este libro lo suelo leer casi cada año porque es muy divertido pero riguroso y aporta una magnífica información de como funcionaban los laboratorios universitarios de cuando el autor era estudiante.

José A. Martínez Pons. Catedrático de Instituto de Física y Química jubilado



Ediciones Palabra

María Sklodowska-Curie. Ella misma (2016)

Autoras: Belén Yuste, Sonia L. Rivas-Caballero

Me sorprendió cuando lo leí por primera vez porque cuenta, con muchísimo detalle, aspectos tanto personales como profesionales de la vida y trayectoria de Marie Sklodowska-Curie, lo que despertó en mí una admiración aún más profunda por su figura. Son muy valiosas también las fotografías que aparecen en el libro (un buen número de ellas). Además, el prólogo del libro está escrito por la propia familia de Marie Curie: Hélène Langevin-Joliot, Pierre Joliot, Anne Joliot-Gricouloff, ya que mantienen con las autoras una estrecha relación desde el año 2011.

Silvia Álvarez Torrellas, Profesora del Dpto. de Ingeniería Química y de Materiales

LIBROS DE DIVULGACIÓN



Editorial Páginas
de Espuma

¿Por qué el cielo es azul? (2003)

Autor: Javier Fernández Panadero

Lo recomiendo, tanto a químicos como a los que no lo son. Me gustó por su forma sencilla de explicar la química en lo cotidiano. A través de preguntas comunes, conecta conceptos como pH, reacciones o disoluciones con la vida diaria. Hace ver la ciencia como algo cercano, útil y fascinante.

Beatriz Lora Maroto. profesora del Dpto. de Química Orgánica



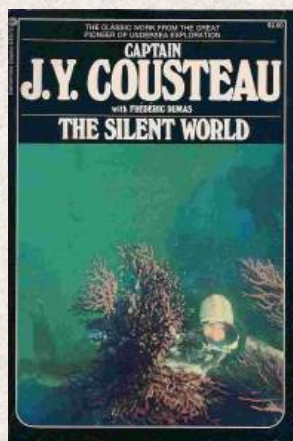
Editorial Pinolia

HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA: Los descubrimientos e inventos que han moldeado nuestro mundo (2025)

Autor: Daniel Torregrosa

Con la claridad que lo caracteriza, Daniel Torregrosa hace un recorrido por la historia de la ciencia y la tecnología para hablarnos de los momentos más importantes para que la civilización humana se transforme. revela los momentos cruciales que han transformado nuestra civilización: la creación del primer algoritmo informático por Ada Lovelace o los desafíos de galileo para cambiar los dogmas establecidos de la época. Y, como en sus anteriores libros (Química asombrosa o El olor de las almendras amargas), Daniel salpica su narrativa científica con curiosidades y anécdotas, lo que hace que la lectura sea agradable y muy amena.

Belén Yélamos López. Profesora del Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular



Editorial Ballantine

The silent world (1953)

Autor: Jacques Yves Cousteau

Lo leí siendo un adolescente y fue determinante para estimular mi vocación científica. Muy especialmente teniendo en cuenta que yo era, y soy, un enamorado del mundo submarino. Es un relato autobiográfico de uno de los mejores oceanógrafos y divulgadores del siglo XX. Un libro lleno de sorpresas y de amor por la ciencia y el ecologismo bien entendido. Jacques Cousteau, entre otras cosas, inventó el aparato de buceo autónomo.

Álvaro Martínez del Pozo. Catedrático del Dpto. de Bioquímica y Biología Molecular

LIBROS DE DIVULGACIÓN



Editorial North
Point Press

Cradle to cradle: remaking the way we make things (2002)

Autores: Michael Braungart y William McDonough

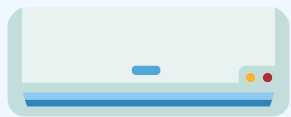
Un libro que me encantó y me marcó mucho (que leí hace unos años) es "Cradle to cradle: remaking the way we make things" del químico Michael Braungart y el arquitecto William McDonough.

Se replantean el concepto de "basura" y proponen que tal y como ocurre en la naturaleza toda basura tecnológica se emplee como nutriente en otro proceso. Además cuestiona la idea de "intentar reducir los efectos negativos" y propone que debemos proponernos sustituirlos por efectos positivos, y para ello dan varios ejemplos en el libro. Un ejemplo es el de una empresa textil que, intentando evitar una multa por contaminación de aguas fluviales, modificó sus tratamientos químicos y logró que fueran no solo más limpios y sostenibles, sino además mucho más económicos...

Elisabeth Castillo Martínez. Profesora del Dpto. de Química Inorgánica

**Y NO OLVIDES QUE EN LA BIBLIOTECA DE LA FACULTAD
TIENES UNA SECCIÓN DE LIBROS DE DIVULGACIÓN
ESPERÁNDOTE PARA ACOMPAÑARTE EN TUS VACACIONES**

HISTORIA DE LA QUÍMICA



ENFRIAR EL MUNDO: UN VIAJE HISTÓRICO POR LA REFRIGERACIÓN

José M. Gómez

Dpto. Ingeniería Química y de Materiales

Escapar del calor en los días de verano (y hasta de primavera) nos puede resultar relativamente fácil si disponemos de un aparato de aire acondicionado, solo tenemos que encenderlo. Es un aparato sin el cual no concebimos nuestro día a día en las épocas en las que el termómetro llega a superar los 30 °C. No solo para poder trabajar en la oficina, sino también en las casas, el transporte público, en hospitales, centros deportivos, bares, restaurantes, etc. Todo ello a pesar de que es un sistema de refrigeración altamente energético, que llegó a suponer el 7% del consumo mundial de electricidad en 2022, y que según la agencia internacional de la energía podría alcanzar el 20% en 2050.



Fachada de la Facultad de CC. Químicas de la UCM.

Pero ¿cómo conseguían escapar del calor en otras épocas?

El ser humano siempre ha tenido necesidad de refrigeración, en un principio para conservar alimentos. Ya en la prehistoria los almacenaban en cuevas frías y en reservas de nieve. También, para la conservación de alimentos, los incas, 200 años a.C., desarrollaron un método basado en la congelación, aprovechando las condiciones naturales que existían en las cimas de los Andes.



Alimentos congelados.

El proceso puede considerarse una liofilización natural (**freeze-drying**): por las noches bajaba la temperatura y el **chuño** (papa) y el **charqui** (carne de llama) se congelaban; por las mañanas, cuando el sol calentaba, el hielo (sólido) del agua del alimento pasaba directamente a vapor debido a las bajas presiones atmosféricas por la altitud. De esta manera, se conseguía un alimento deshidratado (seco) que podía conservarse durante más tiempo. Algo similar hicieron los vikingos, aunque con peor calidad (montañas más bajas y sol oblicuo), para conservar el arenque, que les servía de comida (de poco peso e imputrescible) para sus largas expediciones militares por mar.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Los egipcios llegaron a producir hielo en las noches frías del desierto. Para ello colocaban una pequeña cantidad de agua en vasijas, de tal manera que ocupara mucha superficie, lo que favorecía la transmisión de calor, posteriormente lo cubrían con paja para aislarlo térmicamente. En las noches frías y secas del desierto el agua de la superficie se evaporaba, consumiendo su propia energía (calor sensible), con lo que bajaba la temperatura del resto del agua, llegando a formarse capas de hielo.

Centrándonos en lo que actualmente conocemos como “**aire acondicionado**”, en el yacimiento arqueológico de [Hamoukar](#) (Khirbat al-Fakthar) una de las ciudades más antiguas del mundo (4.500 – 4.000 a.C.), al noreste de Siria, en la región de Jazira, uno de los hallazgos más sorprendente fue que las viviendas presentaban una doble pared. Se piensa que el objetivo era favorecer la circulación del aire, lo cual ha sugerido que habían sido capaces de diseñar un sistema de “**aire acondicionado**” con el objetivo de luchar contra las altas temperaturas veraniegas que superaban los 40°C.

En el antiguo Egipto hicieron de la necesidad virtud, desarrollando soluciones, algunas muy ingeniosas, para conseguir reducir la temperatura en el interior de los edificios. Por ejemplo, colocaban juncos húmedos en las ventanas para enfriar el aire que entraba y aumentar su humedad. Además, el **adobe**, mucho antes de que fuera una empresa desarrolladora de un software muy conocido, era el nombre de un material con el que se construían (y todavía se construyen) viviendas. Este material, utilizado por diferentes culturas a lo largo del tiempo, es en esencia barro, mezclado frecuentemente con paja, y moldeado en forma de ladrillo y sin cocer. Los egipcios disponían de él porque cada año, al desbordarse el Nilo, dejaba depositado en sus orillas un sedimento que podían emplear para fabricar los bloques de adobe, que dejaban secar al sol antes de usarlos. Para conseguir que se mantuvieran unidos se extendían capas de la misma mezcla de barro y paja entre capa y capa. También se daba esa mezcla sobre la pared para cubrir huecos y que esta fuese lisa. Es un material simple, pero es un buen aislante térmico (un mal conductor del calor), por lo que sirve tanto para evitar la entrada de calor durante el día (alta temperatura) como para mantener el calor interior por las noches (bajas temperaturas).



HISTORIA DE LA QUÍMICA



En la ciudad de **Yazd**, en el antiguo imperio persa (actual Irán), situada entre dos desiertos y con temperaturas superiores a los 40 °C, se emplearon también elementos arquitectónicos para refrigerar las casas. Esta ciudad, patrimonio de la humanidad desde 2017, es conocida por sus altas torres, llamadas cazadores de viento o captadores de viento, **bagdirs** en persa. Se cree que su origen se remonta a hace 2.500 años, aunque el más antiguo de los que se conserva data del siglo XIV. Las aberturas de estas torres, de diferentes formas y tamaño, se enfrentaban a la dirección predominante del viento (a barlovento), con lo que la brisa fresca entraba en la casa. Como el aire frío es más denso que el aire caliente, descendía hacia la parte baja de la vivienda desplazando al caliente lo que permitía refrescar el ambiente.



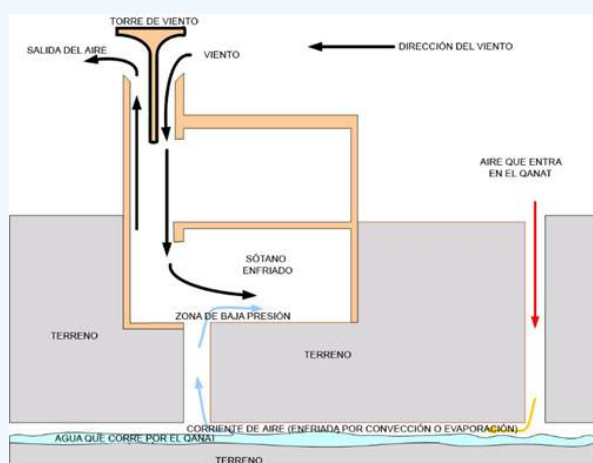
Ciudad de Yazd (Irán) (Andrehmarouti, Wikimedia Commons)

El aire caliente salía por la parte superior (por el lado posterior al de entrada, sotavento) por efecto chimenea ayudado por la presión dentro del edificio. Para conseguir una refrigeración más efectiva la ciudad contaba con canalizaciones subterráneas, llamadas **qanats**, por las que circulaban aguas subterráneas. A través de estas también circulaba aire seco que, al humedecerse, bajaba su temperatura. Este aire frío penetraba en la parte baja de la vivienda contribuyendo así a la refrigeración interior. Por cierto, ¡las casas se construían con adobe! Este método de aire acondicionado es sostenible y libre de CO₂, no consume combustibles fósiles, es arquitectura bioclimática. En la actualidad está siendo replicado en diferentes partes del mundo.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Por ejemplo, en el diseño del centro de visitantes del [Parque Nacional Zion](#) en Utah (Estados Unidos), situado en una alta meseta desértica, se incluyó un captador de viento. Los científicos registraron diferencias de temperatura de 16°C entre el exterior y el interior. Parece ser que este tipo de sistemas funcionan mejor en zonas secas que en zonas húmedas, donde se puede favorecer el crecimiento de hongos y moho en las conducciones. En realidad, los cazadores de viento se cree que proviene del antiguo Egipto o de la India, pero se desarrollaron en Persia.



(Izda.) Captadores de Viento (Williamborg, Wikimedia Commons). (Drcha.) Captadores de viento en el centro de visitantes del Parque Natural de Zion en Utah, Estados Unidos (J. Stephen Conn).

Típicas de la zona mediterránea son las viviendas con un patio interior, con una fuente o un pozo que le da frescura al ambiente. Este tipo de construcción, usada por griegos y romanos, y perfeccionada por los árabes, permite tener una zona con una temperatura agradable, en regiones calurosas, gracias a las sombras de los muros y al frescor de las plantas.

Un ejemplo de refrigeración de este tipo es el **Patio Cordobés**, herencia de la ocupación musulmana. Una de sus características son las plantas en macetas colocadas en las paredes, el suelo y otros espacios del patio. Estas contribuyen a regular la temperatura mediante la transpiración, consiguiéndose un efecto refrigerativo por evaporación. Gracias a la ósmosis y a los efectos capilares el agua que absorben las raíces es transportada a las hojas, donde tiene lugar su evaporación, consumiéndose unos 2.450 kJ/kg (≈ 585 kcal/kg) de la atmósfera, lo que reduce localmente la temperatura ambiente. De esta forma se crea un microclima con una sensación de frescor que alivia del calor en las tardes de verano. Cuando se va el sol, se abren las ventanas interiores, consiguiendo que el frescor del patio (cargado con el aroma de las plantas) penetre en la vivienda durante la noche.



Patio Cordobés (Xavier Estruch,
Wikimedia Commons)

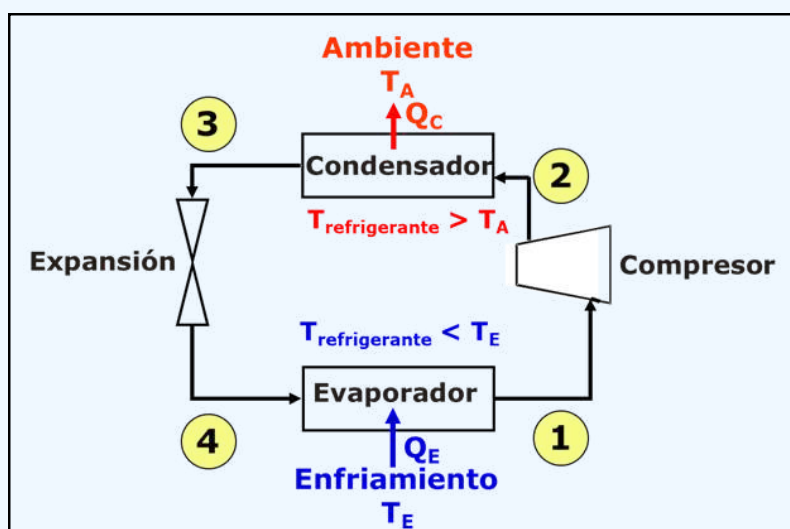
HISTORIA DE LA QUÍMICA



En el siglo XIX, **James Harrison** desarrolló (y patentó) sistemas basados en la refrigeración mecánica mediante compresión de un vapor. Parece ser que Harrison quería buscar una forma de conservar el pescado fresco en sus días de pesca. El momento ¡eureka! le vino limpiando con éter sulfúrico (éter etílico u óxido de etilo) las letras y símbolos de metal de las máquinas de impresión tipográfica (también era impresor, editor y periodista). Observó que la superficie del metal se sentía fría cuando el éter se evaporaba. En 1854 patentó una máquina para producir hielo basada en compresión de vapor. En 1856 su sistema de refrigeración fue exitosamente probado en la industria cervecera y posteriormente en compañías cárnicas de envasado. Si bien es cierto que antes, en 1805, **Oliver Evans** ya diseñó (sobre el papel) un sistema de refrigeración por compresión de vapor, y que casi 30 años después (en 1834) **Jacob Perkins**, basándose en ese diseño, construyó, con ayuda de John Hague, un frigorífico... ¡qué funcionó! Aunque no fue un modelo comercialmente viable. Perkins lo patentó como “*Aparatos y medios para producir hielo y enfriar fluidos*”. Para algunos el **ciclo de Perkins** se considera la base de los modernos sistemas de refrigeración y aire acondicionado, y, por lo tanto, algunos lo consideran “*el padre de la refrigeración*”.



James Harrison ([Museo Victoria](#)), Oliver Evans (William G. Jackman, Wikimedia Commons) y Jacob Perkin (National Library of Wales, Wikimedia Commons).



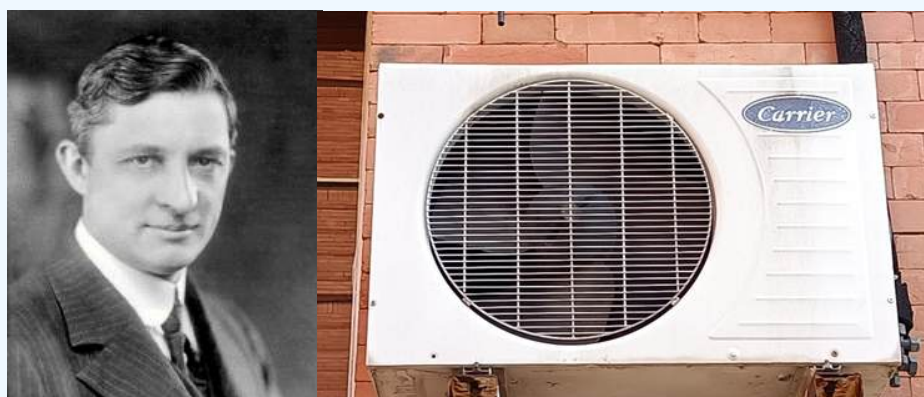
Ciclo de refrigeración por compresión.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



Como vemos el frigorífico tiene varios “padres” pero, aunque alguno se ha llevado más fama que otro, es necesario reconocer que sin las aportaciones de muchos otros investigadores como *William Cullen*, *Michael Faraday*, *John Gorrie*, *Ferdinand Carré*, *Carl Von Linde*, etc., no se hubiese avanzado en el desarrollo de los sistemas de refrigeración.

Por otro lado, sí hay más consenso en que el aire acondicionado tal cual hoy lo conocemos (más o menos) se debe a [Willis Haviland Carrier](#) (sí el de la marca de aparatos de... ¡aire acondicionado!) ya que se le considera su inventor, aunque fue [Stuart Cramer](#) quien le dio el nombre de aire acondicionado. Carrier fue un licenciado en ingeniería por la Universidad de Cornell (1901) que trabajaba en la *Buffalo Forge Company* cuando diseñó, en 1902, el primer sistema de aire acondicionado moderno. La imprenta *Sackett & Wilhelms*, de Brooklyn en Nueva York, tenía problemas para hacer las impresiones en verano, ya que los cambios de humedad y de temperatura afectaban al tamaño del papel de impresión, con lo que las tintas de color se desalineaban y el trabajo no se podía presentar al cliente. Carrier preparó una máquina enorme (enfriador centrífugo) que conseguía un entorno atmosférico estable dentro del taller y con ello, la alineación de la tinta.



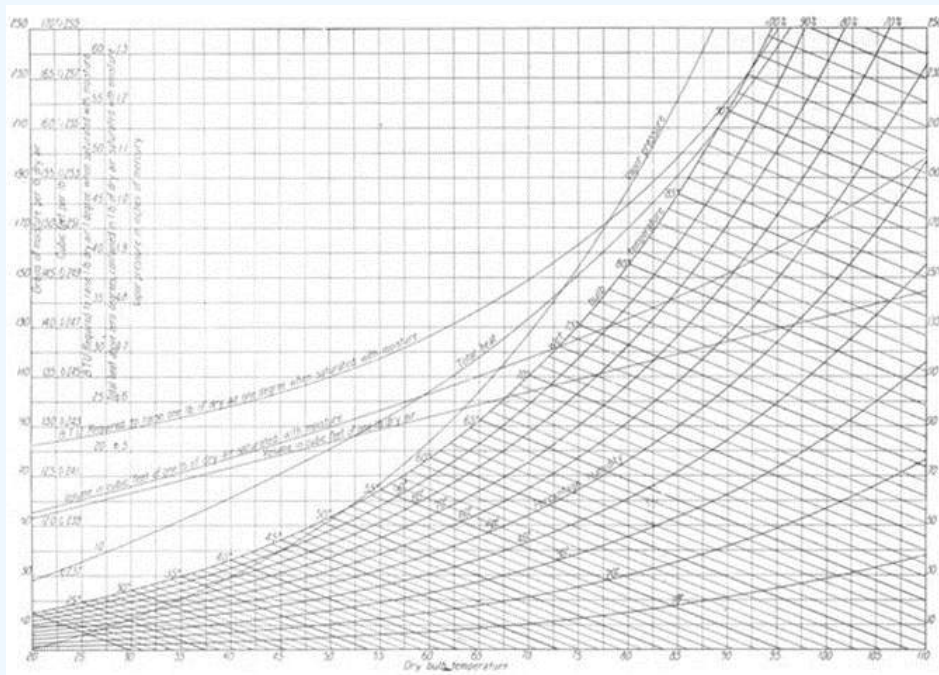
Willis Carrier en 1915 (Wikimedia Commons). Aparato de la marca Carrier.

Básicamente desarrolló un sistema que trataba el aire húmedo y cálido del taller y devolvía una brisa fresca y seca. En 1915 fundó junto a otros compañeros, y 32.600 dólares, la empresa *Carrier Engineering Corporation*, que pasó a ser la *Carrier Corporation* en 1930. En 2025, la empresa *Carrier Global Corporation* ha llegado a alcanzar una capitalización (valor de las acciones en bolsa) de más de 65.000 millones de dólares. Su sistema de refrigeración se instaló en edificios, transatlánticos, cines, comercios y ¡hasta en el [Madison Square Garden](#) de Nueva York! Su llegada a los hogares no se produjo hasta los años 50, retraso debido a la gran depresión de 1929 y a la segunda guerra mundial (1939-1945). En Estados Unidos se considera que el aire acondicionado fue una de las principales causas de la migración a las zonas cálidas del sur en la década de los sesenta.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



La mayor aportación científica de Willis Carrier fue el documento presentado en 1911 en la reunión anual de la *Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos*, en el que explicaba en profundidad sus Fórmulas Psicométricas Racionales, donde establecía un análisis detallado de las relaciones entre humedad relativa, humedad absoluta y temperatura del punto de rocío (la temperatura a la que hay que enfriar el aire para que condense el vapor de agua que contiene). La brillante idea que le permitió el desarrollo del diagrama psicométrico le vino observando la niebla mientras esperaba un tren en la estación de Pittsburgh (Pensilvania); antes de coger el tren ya se había dado cuenta de que se podía llegar a “secar” el aire pasándolo a través de un fino rocío de agua para que la humedad se condensara.



Primer diagrama psicométrico de Willis Carrier (Carrier, W.H. *Rational psychometric formulae*. Trans. Am. Soc. Mech. Eng. 1911, 33, 1005.)

En la bibliografía también aparece información sobre otro método de refrigeración que era exclusivo de los faraones del antiguo Egipto. El sistema era muy sencillo, el palacio parecía hecho con *piezas de lego*. Los bloques de piedras eran desmontados al anochecer por 3.000 esclavos que las llevaban al desierto del Sahara. Debido al clima extremo del desierto, con días calurosos y noches muy frías, las piedras se enfriaban considerablemente. Antes del amanecer, de nuevo los 3.000 esclavos, las acarreaban al palacio y las volvían a montar. De esta manera el faraón disponía de una estancia donde la temperatura podría estar en los 26 °C, muy inferior a los casi 50 °C que podría llegar a haber en el exterior. ¿Realidad o leyenda?!

¡Os deseamos un verano feliz y fresquito!, gracias a todos los que hicieron posible la refrigeración.

HISTORIA DE LA QUÍMICA



BIBLIOGRAFÍA

- Liofilización: ¿en qué consiste esta técnica de conservación?
- Air-conditioning found at 'oldest city in the world'.
- Hansen, Nicole. "How Did the Ancient Egyptians Cool Their Homes?" TheCollector.com, August 10, 2022.
- Kimiya Shokoohi. La ingeniosa forma de los antiguos persas para mantenerse frescos (y cuya tecnología podría volver a usarse). BBC NEWS MUNDO.
- J. J. Guerrero. La física y química de los Patios. El día de Córdoba.
- J.M. Sadurní. Aire acondicionado, el origen de un invento crucial en verano. Historia National Geographic.
- James Harrison. Australia, and the World's First Patented Refrigerator.
- ¿Quién inventó la nevera?
- Willis Haviland Carrier. The American Society of Mechanical Engineers.
- Teitelbaum, E.; Miller, C.; Meggers, F. Highway to the Comfort Zone: History of the Psychrometric Chart. Buildings 2023, 13, 797.



Cartel publicitario del teatro Rivoli (sala de cine).

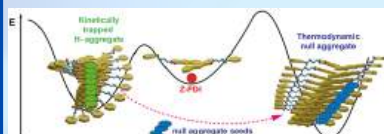
LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Unraveling Pathway Complexity in the Supramolecular Polymerization of Z-Shaped Perylenediimides: From Kinetic H-Aggregates to Thermodynamic Null Supramolecular Polymers

Alfonso J. Schwalb, Cristina Naranjo, Alberto Fernández-Alarcón, Fátima García, Enrique Ortí, Juan Aragó, Luis Sánchez

En este trabajo se describe la síntesis del PDI en forma de Z (Z-PDI) 1 y se explora su comportamiento de autoensamblaje. Los elementos trialcoxibenzamídicos laterales del compuesto 1 promueven la formación de unidades monoméricas metaestables (M^*) a través de enlaces de hidrógeno intramoleculares, que experimentan una polimerización supramolecular cinéticamente controlada. Este proceso muestra una vía compleja, dando lugar a agregados de tipo H (AggIH) bajo control cinético y, sorprendentemente, a agregados nulos (AggIn) bajo control termodinámico. La conversión sigue una vía competitiva, en la que ambos estados agregados compiten por la especie monomérica libre. Una combinación de datos experimentales y cálculos teóricos revela que la formación de AggIH se rige por el enlace de hidrógeno intermolecular entre grupos amida y el apilamiento π de los núcleos aromáticos. El agregado nulo termodinámicamente favorecido AggIn también surge de las mismas interacciones no covalentes, pero su naturaleza única se deriva de un equilibrio entre las interacciones coulombianas y de transferencia de carga—similares en magnitud pero opuestas en signo, lo que da lugar a un perfil de absorción óptica casi idéntico al del monómero. La polimerización supramolecular viva de la PDI 1 en forma de Z permite la transición de agregados cinéticamente atrapados a agregados termodinámicamente estables. Estos hallazgos ponen de relieve el papel crítico del diseño molecular en la consecución de la agregación nula y la complejidad de la vía, a la vez que enfatizan la importancia del solapamiento π , la distancia intermolecular y la orientación del cromóforo en la determinación de la naturaleza de los ensamblajes supramoleculares resultantes.

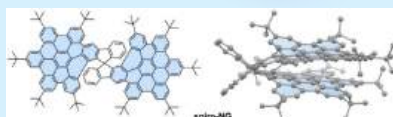


J. Am. Chem. Soc. 2025
<https://doi.org/10.1021/jacs.5c08436>

Reduction-Induced C—C Cleavage and Site-Specific Hydrogenation of a Highly Strained Bilayer Spironanographene

Juan Lión-Villar, Herdya S. Torchon, Yikun Zhu, Dr. Zheng Wei, Jesús M. Fernández-García, Israel Fernández, Marina A. Petrukhina, Nazario Martín

En este trabajo se describe la reducción química de un espiroanografeno bicapa, espiro-NG, con metales Na y K en presencia de [2.2.2]criptanda para producir $[Na^+(2.2.2\text{-criptanda})]$ (1) y $[K^+(2.2.2\text{-criptanda})]$ (2), respectivamente. La cristalografía de rayos X revela la formación de un nuevo anión «desnudo» (spiro-NG $^-$), en el que se ha producido la escisión del anillo espirocíclico y la posterior hidrogenación. Los cálculos de la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) sugieren que la generación del anión radical del nanografeno parental, tras la aceptación de electrones de los metales Na y K, induce la escisión del núcleo de espirobifluoreno tenso. La densidad de espín resultante se localiza en un átomo de carbono concreto, previamente unido al átomo de carbono espiránico sp^3 , facilitando una hidrogenación específica para producir (spiro-NG $^-$). El mapa de potencial electrostático de este anión revela una densidad de electrones concentrada en el anillo de cinco miembros del fragmento de indenilo fácilmente formado, aumentando así la aromaticidad del sistema. Además, los experimentos de resonancia magnética nuclear (RMN) y espectroscopia de absorción UV-vis permitieron seguir en detalle los procesos de reducción e hidrogenación *in situ*.



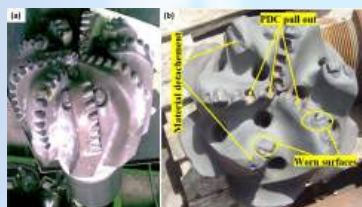
J. Org. Chem. 2025, 90, 19, 6538–6548
<https://doi.org/10.1002/anie.202510209>

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Microstructure, mechanical performance and wear behaviour of MMC (WC-W-Ni/Fe) obtained by infiltration

Hamida Bouchafaa, Bouzid Maamache, Zoheir Boutaghou, Djamel Miroud, Malek Hebib, Riad Badji, Billel Cheniti, Pavol Hvizdos, **Francisco Javier Pérez Trujillo, Germán Alcalá**

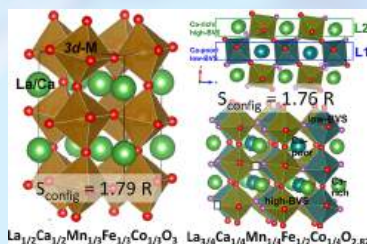


Int. J. Refractory Metals and Hard Materials, 2025
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2025.107291>

Los materiales compuestos WC-W-Ni-Fe se fabricaron mediante la infiltración de preformas porosas WC-5 W-5Ni con una aleación aglutinante Cu-10Ni-6Sn a 1180 °C. El estudio se centró en los efectos de la adición de Fe sobre la evolución microestructural y el comportamiento tribológico de los materiales compuestos. La infiltración produjo materiales densos con una microestructura heterogénea compuesta por carburos de WC y W₂C distribuidos dentro de una matriz metálica bifásica formada por una fase rica en Cu y un compuesto intermetálico de Ni-Sn. La disolución parcial de partículas de Fe en el aglutinante potenció el reordenamiento de las partículas durante el calentamiento en estado sólido, y condujo a la formación de distribuciones de WC y W en forma de anillo. Sin embargo, tanto el Ni como el Fe indujeron la descarburación parcial de los carburos y favorecieron la precipitación de la frágil fase (Fe,Ni)₃W₃C η, preferentemente en las interfaces ligante/carburo y dentro de las grietas inducidas térmicamente. Las pruebas tribológicas realizadas en condiciones de deslizamiento en seco revelaron que los materiales compuestos con Fe presentaban una mayor resistencia al desgaste que los materiales compuestos sin Fe, a pesar de la formación de la fase η. La mejora se atribuyó a una mayor ductilidad del ligante y a la formación de residuos inducidos por fracturas que protegían la superficie durante el deslizamiento.

Defects and Defect Association Determine the Actual Entropy of Perovskites Derived from Lanthanum–Calcium Ferrite

Paula Rosendo, M. Teresa Azcondo, Lautaro Biancotto, Gloria Anemone, **Khalid Boulahya**, Clemens Ritter, Ulises Amador



Inorg. Chem. 2025
<https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.4c05465>

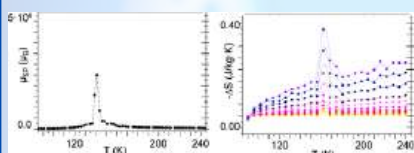
Se han preparado por el método de combustión perovskitas derivadas de la ferrita de lantano-calcio ricas en hierro con cinco cationes distribuidos por las posiciones A (La y Ca) y B (Mn, Fe y Co). Las entropías configuracionales nominales correspondientes son 1,79R para el primero y 1,61R para el segundo. La entropía configuracional real puede variar con respecto a estos valores debido al ordenamiento de los metales y a la presencia de vacantes de oxígeno; esto se observa en la fase rica en hierro, cuya entropía configuracional alcanza 1,76R. Las estructuras de ambos materiales se han determinado completamente combinando técnicas complementarias. Una de ellas es una perovskita estequiométrica oxigenada, desordenada y distorsionada ortorrómbicamente, mientras que la otra presenta un ordenamiento columnar de los cationes A y B no descrito previamente (pero predicho teóricamente). Este orden da lugar a la alternancia a lo largo del eje a de capas compuestas por posiciones ricas en La y metales 3d de baja valencia con capas compuestas por posiciones pobres en La y metales 3d de alta valencia. Además, las vacantes de oxígeno se desplazan hacia las últimas capas.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



First Steps toward Tuning the Magnetocaloric Effect in Fe_3O_4 Nanoparticles: Unraveling the Role of the Superparamagnetic Moment

Verónica Blanco-Gutiérrez, **Álvaro Cabello**, Regino Sáez-Puche, **María José Torralvo-Fernández**

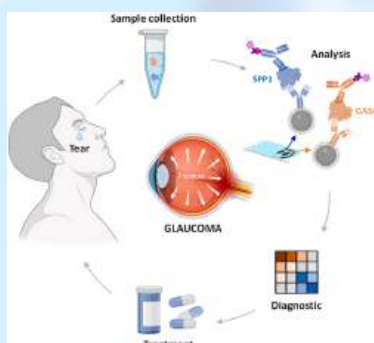


ACS Appl. Nano Mater. 2025
<https://doi.org/10.1021/acsanm.5c01983>

Hace tiempo que se intenta correlacionar el efecto magnetocalórico (MCE) que presentan los materiales nanoestructurados en el régimen superparamagnético con sus correspondientes curvas de susceptibilidad magnética. Sin embargo, estas dos curvas suelen mostrar perfiles diferentes. En este estudio se sintetizaron dos tipos de nanopartículas de magnetita con microestructuras distintas (mononúcleo y multinúcleo). Curiosamente, a pesar de sus diferencias microestructurales, ambos tipos mostraron curvas de susceptibilidad magnética similares caracterizadas por amplios máximos. Por tanto, se esperaba un efecto magnetocalórico similar para ambos tipos de muestra; sin embargo, no fue así. Sus diferentes microestructuras conducen a diferentes evoluciones del momento superparamagnético (SP) con la temperatura (T), a pesar de ilustrar ambos curvas de susceptibilidad similares. Encontramos que el perfil de la curva del momento SP frente a T parece ser el factor clave que explica el MCE en el régimen SP. Esto es razonable, ya que dentro de este rango de temperatura se produce una transición característica de fase desordenada a ordenada debido a la alineación de largo alcance de los momentos magnéticos netos de las partículas cuando se aplica un campo magnético. Este hallazgo abre la posibilidad de diseñar nanopartículas magnéticas con propiedades magnetocalóricas específicas preparándolas con una determinada microestructura.

Electrochemical immunosensing for rapid glaucoma disease diagnosis through simultaneous determination of SPP1 and GAS6 proteins in ocular fluids

Eloy Povedano, Raquel Rejas-González, Ana Montero-Calle, **Beatriz Arévalo**, **Alejandro Valverde**, Natalia Pastora Salvador, María José Crespo Carballés, Juan Sánchez-Naves, **José M. Pingarrón**, Rodrigo Barderas, **Susana Campuzano**, Ana Guzmán-Aránguez



Talanta, 2025
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2025.128438>

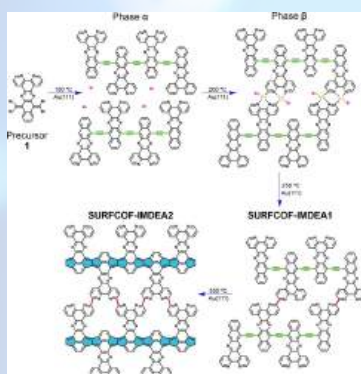
El presente trabajo informa del desarrollo de la primera inmunoplateforma electroquímica para la determinación simultánea de las proteínas Osteopontina (SPP1) y específicas para la detención del crecimiento 6 (GAS6), novedosos biomarcadores relacionados con el glaucoma, en la que intervienen micropartículas magnéticas (μMPs), anticuerpos específicos de captura (CAb) y detección (DAb) marcados además con peroxidasa de rábano (HRP) para el emparedado selectivo y sensible de ambas proteínas y la detección amperométrica en electrodos de carbono serigrafados desechables (SPCEs). La inmunoplateforma dual mostró una sensibilidad, reproducibilidad y selectividad muy atractivas para la determinación de ambos marcadores en los niveles clínicos requeridos. El análisis puede realizarse de forma sencilla en menos de 90 min. La inmunoplateforma dual se aplicó con resultados muy prometedores al análisis de muestras de humor acuoso de pacientes con lentes de colámero implantables (ICL), cataratas (CAT) y glaucoma (GLAU). Se demostró la utilidad diagnóstica de la determinación de SPP1 y GAS6 para discriminar entre los tres tipos de pacientes y su potencial como herramienta sencilla, rápida y mínimamente invasiva para apoyar el diagnóstico precoz y el seguimiento de la enfermedad GLAU. Además, una prueba de concepto realizada con muestras de lágrimas de un voluntario sano respalda la posibilidad de detectar estos marcadores en este tipo de muestras.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Stepwise On-Surface Synthesis and Transformations of Two-Dimensional Covalent Organic Frameworks by Controlled Thermal Stimuli

Ana Barragán, Elena Pérez-Elvira, **Diego J. Vicent**, Marco Lozano, Diego Soler-Polo, Koen Lauwaet, José M. Gallego, Rodolfo Miranda, José I. Urgel, Pavel Jelínek, **Nazario Martín**, David Écija

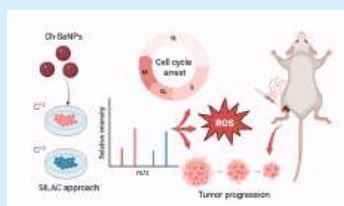


Advanced Materials, 2025
<https://doi.org/10.1002/adma.202506942>

El desarrollo de marcos orgánicos covalentes (COF) es actualmente un objetivo primordial en la ciencia de materiales, teniendo en cuenta las aplicaciones previstas en diversos campos, como el almacenamiento de gas y energía, la detección, la catálisis y la optoelectrónica. Recientemente, el advenimiento de la síntesis covalente en superficie ha permitido el diseño de COFs de un átomo de espesor, aunque las transformaciones *in situ* de tales materiales en interfaces han permanecido esquivas. En este trabajo, se aprovecha un precursor molecular sintetizado *ex-profeso* dotado de grupos funcionales gem-dibromuro y una fracción de fenantrolina para explotar el impedimento estérico como concepto sintético de control y, mediante posteriores reacciones de acoplamiento químico a través de activación térmica, permitir transformaciones de COFs en interfaces de forma controlada y escalonada. En un primer paso, se forman cadenas moleculares covalentes 1D y se autoensamblan en una red supramolecular 2D que, tras el recocido, da lugar a una red organometálica porosa 2D. El recocido posterior a temperaturas más elevadas permite la formación de un 2D-COF que comprende cadenas lineales basadas en puentes de etileno en los núcleos de los monómeros y acoplamientos carbono-carbono en sus periferias. Estos enlaces de etileno se transforman en moléculas antiaromáticas de pentaleno tras el posterior recocido, ejemplificando así la conversión de 2D-COFs en interfaces. Estos resultados proporcionan nuevas vías hacia la ingeniería y las transformaciones químicas *in situ* de los 2D-COFs de forma escalonada, anticipando la adaptación de la estructura y las propiedades electrónicas de los 2D-COFs monocapa mediante estímulos térmicos.

SILAC-based nuclear proteomics uncovers antitumor mechanisms of selenium nanoparticles with in vivo validation in a melanoma model

Héctor Estévez, **Estefanía García-Calvo**, **Roberto Álvarez-Fernández García**, Raquel Sánchez-Díaz, Juan José Lazcano, Pilar Martín, **José L. Luque-García**



J. Drug Deliv. Sci. Technol., 2025
<https://doi.org/10.1016/j.jddst.2025.107155>

Las nanopartículas de selenio estabilizadas con quitosano (Ch-SeNPs) son agentes prometedores para la terapia del cáncer debido a sus propiedades fisicoquímicas únicas, como la morfología esférica y la distribución uniforme del tamaño. Este estudio investiga los mecanismos moleculares subyacentes a sus efectos antitumorales, centrándose en el proteoma nuclear. El análisis proteómico cuantitativo reveló 343 proteínas nucleares, 47 de las cuales mostraron cambios significativos tras el tratamiento con Ch-SeNPs. Algunos reguladores clave, como CDK1 y CDC5, estaban implicados en la detención del ciclo celular y en las vías de supresión tumoral. Las Ch-SeNPs también afectaron a procesos como el metabolismo del ARNm y la organización del citoesqueleto. Además, las Ch-SeNPs inhibieron significativamente el crecimiento tumoral en un modelo de melanoma murino, lo que respalda su potencial terapéutico.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Water-soluble BODIPY dyes: a novel approach for their sustainable chemistry and applied photonics

Christopher Schad, César Ray, Carolina Díaz-Norambuena, Sergio Serrano-Buitrago, Florencio Moreno, Beatriz L. Maroto, Inmaculada García-Moreno, Mónica Muñoz-Úbeda, Iván López-Montero, Jorge Bañuelos, Santiago de la Moya

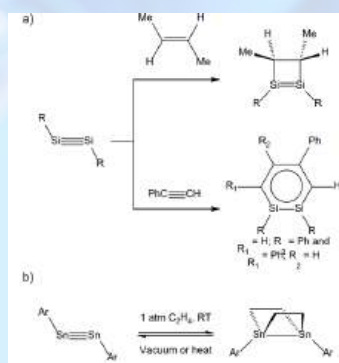


Chemical Science, 2025
<https://doi.org/10.1039/D5SC01295C>

La familia de colorantes orgánicos BODIPY se ha erigido en la piedra angular del desarrollo de la investigación fotónica, impulsando la innovación y el avance en diversos campos de gran interés socioeconómico. Sin embargo, la mayoría de los colorantes BODIPY presentan características hidrofóbicas, lo que se traduce en una escasa solubilidad en agua y otros disolventes hidrofílicos. Esta solubilidad es primordial para su utilización óptima en una miríada de aplicaciones fotónicas, especialmente en los ámbitos de la biología y la medicina. Además, facilita una manipulación y modificación química más segura y sostenible de estos colorantes expansivos. Sin embargo, dotar a los BODIPYs de solubilidad en agua al tiempo que se preservan sus otras propiedades esenciales, en particular sus firmas fotofísicas, plantea un reto importante. En este contexto, presentamos una modificación química general sencilla destinada a convertir los BODIPYs hidrofóbicos convencionales en variantes altamente hidrofílicas, permitiendo así su solubilización eficiente en agua y otros disolventes hidrofílicos con una alteración mínima de la fotofísica inherente del colorante. La eficacia de esta metodología se demuestra mediante la síntesis de una serie de colorantes BODIPY solubles en agua que presentan diversos patrones de sustitución. Además, mostramos su utilidad en un espectro de aplicaciones relacionadas con la fotónica, incluyendo la química del BODIPY en agua y la tecnología láser de colorantes, así como la microscopía de fluorescencia.

Stepwise Acetylene Insertion and Ammonia Activation at a Digallene and Diindene

Álvaro García-Romero, **Israel Fernández**, José Goicoechea



Angewandte Chemie, 2025
<https://doi.org/10.1002/ange.202509661>

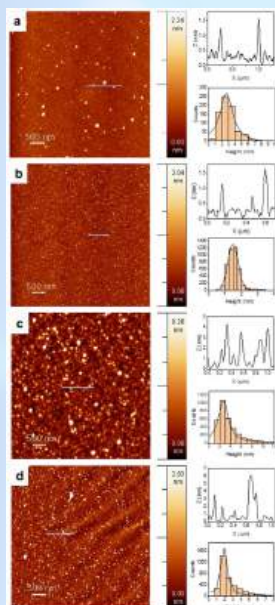
Se describen reacciones secuenciales de cicloadición [2+2] entre acetileno y los compuestos digaleno y diindeno (ETer)₂ (E = Ga, In; Ter = 2,6-Dipp₂-C₆H₃; Dipp = 2,6-diisopropilfenilo). El control cuidadoso de las condiciones de reacción conduce a la formación selectiva de anillos de cuatro y seis miembros con núcleos 2π E2C₂ y 4π E2C₄, respectivamente. Un análisis estructural de los heterociclos mediante difracción de rayos X en monocristal sugiere una deslocalización electrónica limitada dentro de los anillos, lo que se confirma en su reactividad. Por ejemplo, los análogos de seis miembros del ciclohexadieno muestran un comportamiento ácido de Lewis y pueden formar aductos estables y aislables con amoníaco. Al calentarse, estos aductos se transforman en las correspondientes triamidas bimetálicas con generación concomitante de eteno.

LA INVESTIGACIÓN EN LA FACULTAD



Pulsed Laser Synthesis of Carbon Nanostructures from Organic Molecular Liquids: Structure, Kinetics and Photophysical Properties

Antonio Ribeiro-González, Carlos Agudo-Blanco, Sergio Ramírez-Barroso, Cristina Navío, Luis Bañares, Roger Bresolí-Obach, Santi Nonell, Nazario Martín, David García-Fresnadillo



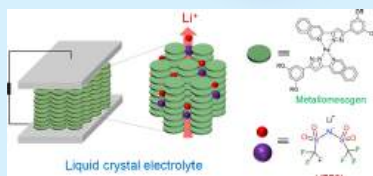
Adv. Science, 2025

<https://doi.org/10.1002/advs.202505883>

En este artículo se describe la sorprendente síntesis ascendente en un solo paso de nanopartículas de carbono (CNP) a partir de compuestos aromáticos líquidos (benceno, tolueno, clorobenceno, anilina, pirrol y tiofeno) equilibrados con aire transparente a la luz visible e infrarroja cercana (NIR) bajo irradiación láser pulsada de nanosegundos desenfocada (532/1064 nm). La formación de CNP sigue una cinética de orden cero con un periodo de inducción que depende de la reactividad del precursor orgánico. Las pruebas experimentales sugieren un proceso fotoquímico catalizado en superficie que implica un cambio parcial en la hibridación de los átomos C de sp^2 a sp^3 , con grupos funcionales basados en oxígeno que pasivan la superficie de las nanoestructuras. La presencia de heteroátomos adicionales depende de la estructura y composición del precursor. Dependiendo del compuesto de partida, los CNP preparados pueden clasificarse como nanopuntos de carbono amorfo (CND) o puntos cuánticos de grafeno curvado en capas (c-GQD), que se asemejan a fragmentos de nano-ion. Los CND se obtienen a partir de bencenos sustituidos o compuestos heterocíclicos, mientras que los c-GQD pueden sintetizarse a partir de benceno. La caracterización fotofísica de los CNP muestra bandas de excitación y emisión dependientes de la longitud de onda, con rendimientos cuánticos de emisión constantes en el rango 1-10%, y decaimientos de emisión dependientes de la longitud de onda que muestran varios componentes de tiempo de vida en el rango 1-20 ns. Se han medido tiempos de vida de excitones triples superiores a 5 μs y rendimientos cuánticos de producción de oxígeno singlete dependientes de la longitud de onda en el rango del 10-40%.

Lithium-Ion Conduction in Liquid-Crystalline Columnar Pd(II) Nanoassemblies

Cristián Cuerva, Irene Caro-Campos, Mercedes Cano, Enrique Rodríguez-Castellón, Alois Kuhn, Flaviano García-Alvarado, Rainer Schmidt



ACS Appl. Mater. Interfaces 2025

<https://doi.org/10.1021/acsami.5c00209>

Los electrolitos cristalinos líquidos se perfilan como prometedores materiales funcionales para aplicaciones de almacenamiento de energía. Ofrecen la capacidad de operar en condiciones anhidras sin la presencia de ácidos o disolventes inflamables, lo que permite altas temperaturas de funcionamiento. En este trabajo se utiliza la fase cristalina líquida de un metalomesógeno de Pd(II) bispirazolato como plataforma para la conducción de iones de Li, aprovechando la existencia de nanocanales en la mesofase columnar hexagonal. Se han preparado compuestos de cristal líquido dopados con Li con diferentes contenidos de litio, y se han estudiado sus propiedades mesomórficas y conductividades iónicas. Se comprobó que la intercalación de iones de litio entre las moléculas no dificulta la formación de la mesofase, sino que amplía el intervalo de temperaturas en el que es estable debido a la existencia de interacciones ion-dipolo entre los iones de litio y los átomos N-pirazólicos no coordinados, lo que conduce a temperaturas de fusión más bajas y de aclaramiento más altas. Se observó una elevada conductividad de iones de litio en las fases cristalina sólida y líquida mediante espectroscopia de impedancia compleja. Se espera que el trabajo presentado allane el camino para una prometedora clase de electrolitos de iones de litio cristalinos líquidos basados en metalomesógenos.

DIVULGAR PARA EDUCAR



CINÉTICA QUÍMICA

ANALOGIA DE UNA REACCIÓN DE ORDEN 1 MEDIANTE LA MEDIDA DE LA EXTINCIÓN DE LA ESPUMA DE LA CERVEZA

José A. Martínez Pons
Catedrático de IES de Física y Química

Una de las bebidas más refrescantes y usualmente utilizadas, especialmente cuando llega el verano es la cerveza, con permiso del “tinto de verano”. Y, por otra parte, uno de los aspectos interesantes de la química es precisamente la **cinética química**^a, fundamental en la química industrial, puesto que estudia la velocidad con que se forman los productos de reacción o se consumen los reactivos.

Matemáticamente, se trata de una derivada y puede definirse formalmente de muchos modos, por ejemplo, suponiendo sistemas químicos homogéneos y sencillos (una sola reacción), como la **variación de la concentración del reactivo o producto por unidad de tiempo**. Si se asume una función potencial de la forma

$$r_A = k \prod_i (c_i)^{\alpha_i} \quad (1)$$

$$-r_A = \frac{1}{\nu_A} \frac{dc_A}{dt} \quad (2)$$

donde **c_i** es la concentración respectiva de productos y reactivos, y el **signo menos** en (2) indica que A es un reactivo que se está consumiendo. En el caso de los productos que se forman se omite, **k** es la **constante de velocidad** que depende, entre otras condiciones, de la temperatura y suele evaluarse por la ecuación de Arrhenius y **α_i** el **orden de reacción** de cada reactivo y su suma es el orden total.

En sistemas complejos y series de reacciones acopladas las expresiones son mucho más complicadas. Exposiciones rigurosas con diferentes matices y profundidad puede verse en [1,2,3,4].

En el laboratorio se utilizan dos técnicas básicas para la medida de la velocidad: el **método diferencial** y el **método integral**. En el primer caso se estudia la velocidad de reacción frente a las concentraciones de los reactivos, mientras que en el integral se estudia la concentración o conversión con el tiempo y se trata de ajustar a la supuesta reacción integrada.

[a] Algún autor la considera incluida en la Física, en mi opinión aunque es análoga e incluso comparte métodos matemáticos, cinética física y químicas son sustancialmente diferentes.

DIVULGAR PARA EDUCAR



En la práctica, si se desea calcular el orden de reacción de un determinado reactivo se procede a desarrollar la reacción con gran exceso de los reactivos, excepto en el caso en el que se desea hacer el estudio de modo que la concentración de aquellos sea prácticamente constante. Además, se requiere tomar muestra del medio de la reacción a intervalos de tiempo regulares, congelar esta muestra para detener la reacción y analizarla, lo que muchas veces es muy complicado, o utilizar una propiedad física o química que depende de la concentración del reactivo objeto del estudio. En la enseñanza se suele analizar la analogía del proceso, como por ejemplo, con buretas ingeniosamente colocadas; sin embargo la experiencia me demuestra que difícilmente es comprendida por los estudiantes.

Aquí se utilizará el **desvanecimiento de la capa de espuma de la cerveza** vertida en una probeta cuyo espesor representará por analogía la concentración de reactivo y se procederá a su medida a intervalos regulares.



DIVULGAR PARA EDUCAR



MATERIAL

- Probeta de 100 o 200 mL transparente
- Cerveza de diferentes marcas, puede ser sin alcohol
- Cinta métrica o equivalente
- Cronómetro
- Termómetro (optativo)



PROCEDIMIENTO

1. Se tomará la probeta y se verterá, siempre en las mismas condiciones, una determinada cantidad de cerveza. Los refrescos carbonatados no dan buen resultado porque la espuma se desvanece demasiado deprisa para hacer suficientes medidas con una mínima precisión. En este fenómeno no es ajeno algún componente de la cerveza que ayuda estabilizar la espuma. Se ha vertido siempre desde la boca de la probeta, lentamente y sin agitar.
2. Se mide la altura de la espuma de la cerveza a diferentes tiempos.
3. Se repite el experimento varias veces y se toma como valor más probable de cada altura el promedio y como cota de error la desviación típica poblacional (si se utiliza Excel, *DESVESTP* ()).

DIVULGAR PARA EDUCAR



RESULTADOS

A modo de ejemplo, se presentan los resultados de una práctica realizada con cuatro cervezas de marcas diferentes a 5°C de temperatura, los tres primeros se han medido con probeta de 100 cm³, y la cuarta en probeta de 200 cm³.

Tabla 1. Datos experimentales de extinción de columna de espuma de cuatro cervezas de marcas diferentes a 5 °C de temperatura, los tres primeros se han medido con probeta de 100 cm³, la cuarta en probeta de 200 cm³

t(s)	h1(cm)	Δh1(cm)	h2(cm)	Δh2(cm)	h3(cm)	Δh3(cm)	h4(cm)	ln(h4)	r(cm/s)
0	16,3	0,3	13,7	0,2	14,5	0,1	20,88	3,0388	-0,1208
15	15,8	0,3	13,2	0,3	13,2	0,4	18,73	2,9300	-0,1097
30	15,0	0,3	12,8	0,3	12,1	0,4	16,04	2,7751	-0,0997
45	14,3	0,3	12,3	0,5	10,3	0,4	14,16	2,6505	-0,0906
60	13,8	0,3	11,8	0,6	9,2	0,4	12,59	2,5328	-0,0823
75	13,3	0,5	11,4	0,6	8,3	0,4	11,29	2,4238	-0,0748
90	12,9	0,3	11,0	0,7	7,5	0,3	10,23	2,3255	-0,0679
105	12,3	0,3	10,6	0,8	6,5	0,3	9,06	2,2042	-0,0617
120	11,7	0,3	10,3	0,8	5,9	0,3	8,27	2,1129	-0,0560
150	10,9	0,3	9,5	1,0	4,7	0,3	6,80	1,9166	-0,0463
180	9,9	0,3	8,9	1,1	3,7	0,4	5,72	1,7445	-0,0382
210	9,2	0,3	8,2	0,9	3,0	0,4	4,98	1,6049	-0,0315
240	8,6	0,3	7,7	1,0	2,4	0,5	4,06	1,4022	-0,0260
300	7,3	0,4	6,6	0,7	1,5	0,5	2,87	1,0535	-0,0177
360	6,2	0,5	5,8	0,5	1,9	0,4	1,95	0,6697	-0,0121
expo.	-0,003		-0,002		-0,007		-0,006	k=	0,0062
a	16,291		13,707		13,527		18,876		
R ²	0,9995		0,9998		0,9595		0,9946		0,9965
R	0,9997		0,9999		0,9795		0,9973		0,9982

Al representar los datos experimentales se obtiene una gráfica que sugiere una dependencia exponencial (**Figura 1**), por tanto parece indicar que se trata de un **proceso de orden 1**. Si se insertan las correspondientes líneas de tendencia exponenciales, se aprecia una buena correlación. Es decir que, efectivamente, se trata de un proceso de orden 1.

DIVULGAR PARA EDUCAR



Si se integra la ecuación diferencial

$$-r_A = \frac{dc_A}{dt} = k c_A \rightarrow k dt = -\frac{dc}{c} ; \int_0^t k dt = -\int_{c_0}^c \frac{dc}{c} \rightarrow kt =$$

$$\int_0^t k dt = -\int_{c_0}^c \frac{dc}{c}$$

$$kt = -\ln\left(\frac{c}{c_0}\right)$$

$$c_A = c_{A0} \times e^{-kt}$$

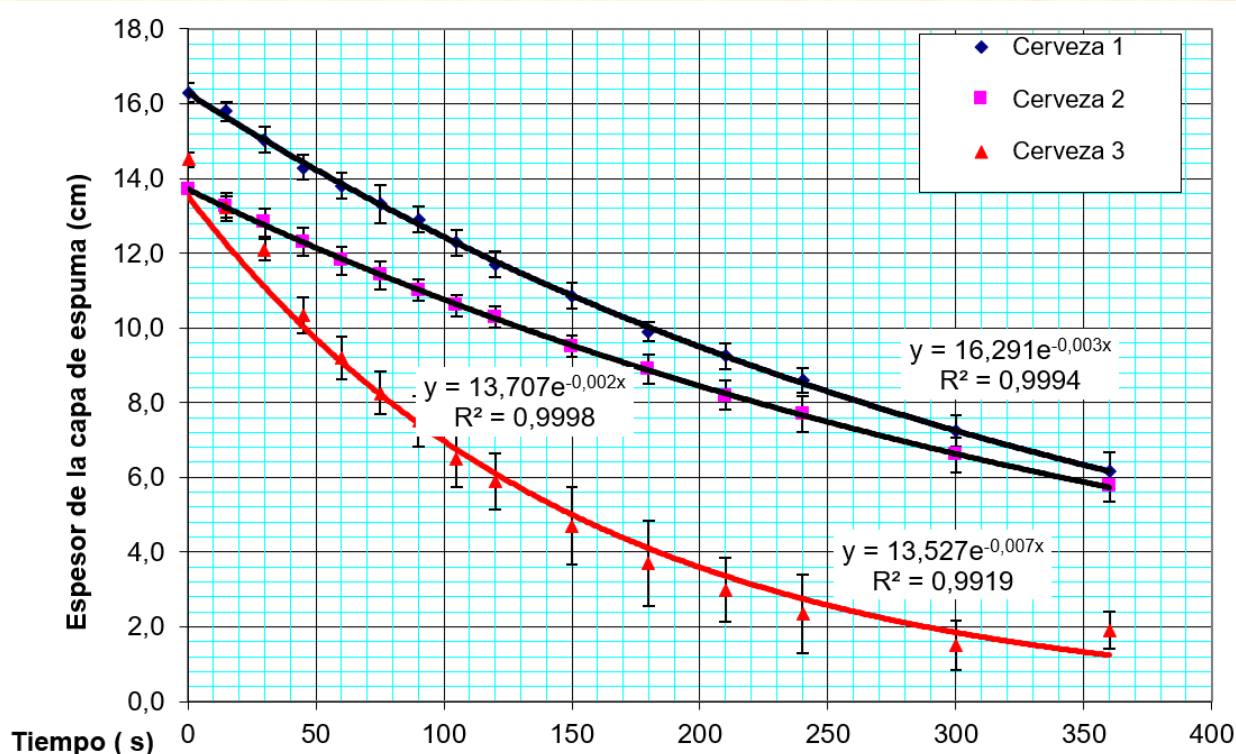


Figura 1. Resultado de las medidas en probeta de 100 mL. En abscisas se representa el tiempo en s y en ordenadas la altura de la capa de espuma en cm²

Si se prefiere un cálculo directo, puede recurrirse a representar el logaritmo de la altura frente al tiempo. Con la cerveza 4 se ha operado también según este método representando el logaritmo neperiano del espesor de la capa de espuma frente al tiempo obteniendo una recta que es equivalente a la exponencial (Fig. 3, 4, 5).

DIVULGAR PARA EDUCAR

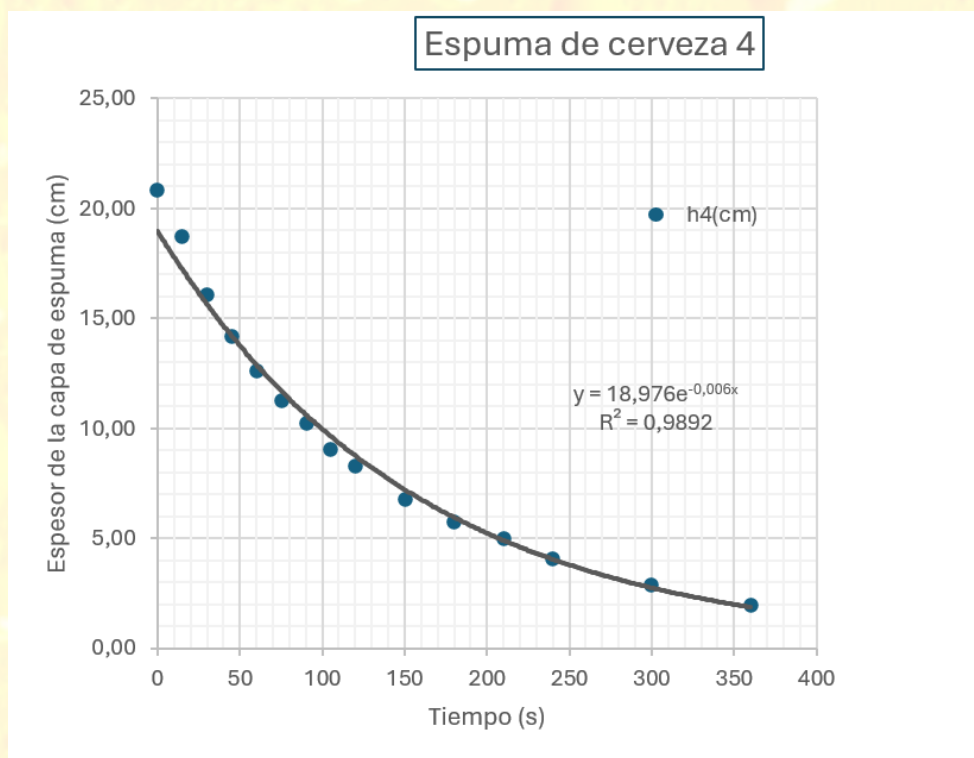


Figura 2. Gráfica espesor de la columna de espuma(cm) frente a tiempo (s).

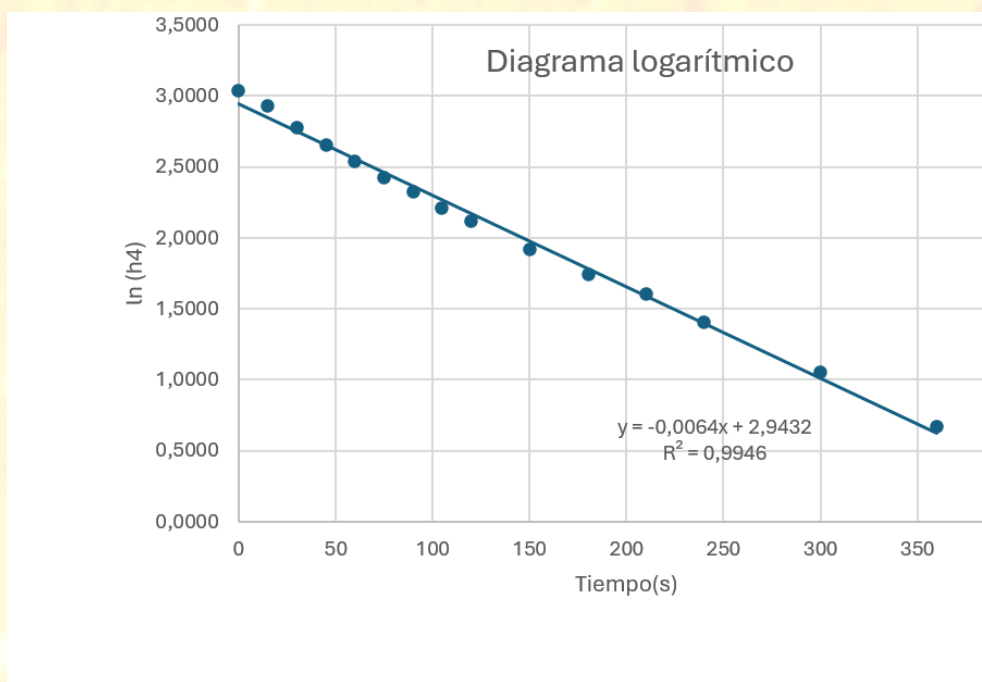


Figura 3. Representación del logaritmo neperiano de la altura frente al tiempo. Se obtiene una recta equivalente a la exponencial obtenida en la Figura 2. Obsérvese que la pendiente de esta recta coincide con el factor exponencial y que el antilogaritmo de la ordenada en el origen $e^{2,9432}=18,9765$ prácticamente coincide con el factor preexponencial de la ecuación exponencial.

DIVULGAR PARA EDUCAR

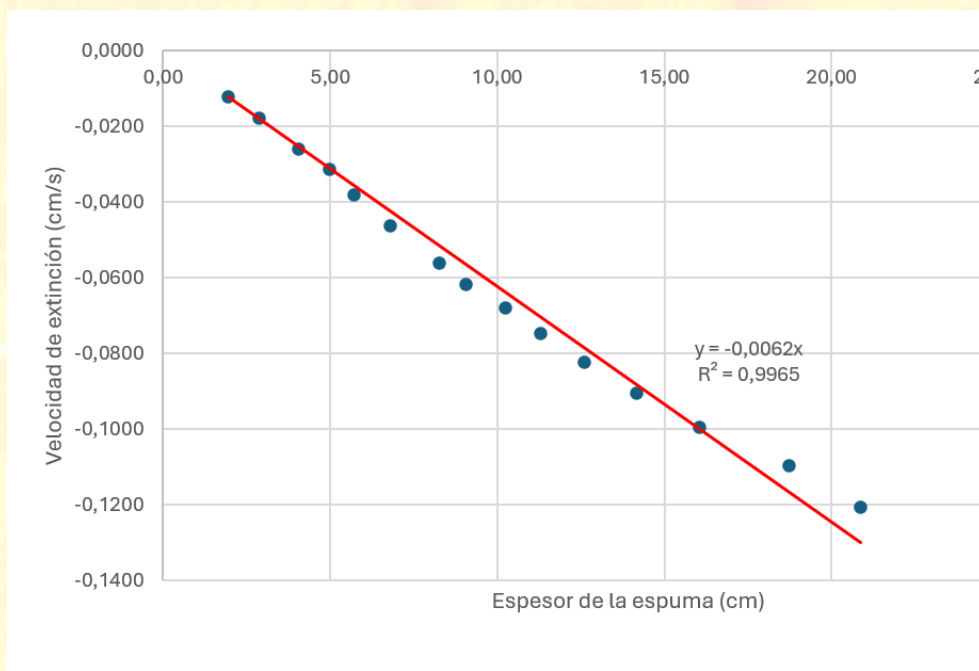


Figura 4.- Gráfica de velocidad(cm/s) frente a tiempo(s). Obsérvese que, representando la velocidad de extinción, en este caso obtenida derivando la ecuación que indica la altura frente a esta, se obtiene una recta lo que indica que la extinción se trata de un proceso de orden 1.

Derivando la ecuación exponencial obtenida se obtiene la velocidad que representada frente al espesor se presenta una como una recta y se puede comprobar y que confirma que se trata de un proceso de orden 1 ([Tabla 2](#)).

Tabla 2. Ecuaciones del desvanecimiento de la altura de la espuma	
Cerveza 1	$h = 16,291e^{-0,0032t}$
Cerveza 2	$h = 13,707 e^{-0,0020t}$
Cerveza 3	$h = 13,527 e^{-0,0064t}$
Cerveza 4	$h = 18,876 e^{-0,0067t}$

DIVULGAR PARA EDUCAR



NOTAS

La idea básica de esta práctica, fue tomada del trabajo "*Demonstrations of the Exponential Decay Law Using Beer Froth*" de Arnold Leike [5] que recibió un premio igNobel en 2002. adaptada a mi metodología docente. Estos premios se otorgan al más disparatado o ingenioso (nunca se dice la razón) experimento científico y no tienen retribución económica [6].

Esta experiencia se propuso también como trabajo de clase voluntario a estudiantes de la asignatura "Ingeniería Química" en la carrera de Ciencias Químicas en la Universidad de Alcalá. La experimentación debían realizarla en casa y redactar un ensayo científico cuya calificación era tomada en cuenta en su nota de prácticas.

REFERENCIAS

- [1] Díaz Peña, M. Roig Muntaner A. Química Física. Volumen II. Alhambra. Madrid. 1976
- [2] Calleja Pardo G. (editor). "Introducción a la ingeniería Química". Madrid. 1999. Editorial Síntesis.
- [3] Vian Ortuño, A. "Introducción a la Química Industrial". Alhambra. Madrid. 1980
- [4] Senent, S. "Química Física" (Vols. 1 y 2). UNED. 1984.
- [5] <https://www.yumpu.com/en/document/view/4127395/demonstration-of-the-exponential-decay-law-using-beer-froth>.
- [6] Abrahams, M. "Los Premios Ig Nobel". Ediciones B.S.A. Madrid. 2004 (págs. 17-37, 426) .

¡feliz
Verano!



BOLETÍN DE DIVULGACIÓN. Nº 37

Facultad de Ciencias Químicas. UCM

Vicedecanato de Ordenación Académica, Biblioteca y Divulgación



Fotografía: Elena Espada Bernabé



FACULTAD DE
CIENCIAS QUÍMICAS
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID