

Benceno: 200 años en el corazón de la Química

Benzene: 200 years at the heart of Chemistry

Otilia Val Castillo

IES Luís Simarro Lacabra, Departamento de Física y Química, Xàtiva, Valencia.

PALABRAS CLAVE:

Benceno
Michael Faraday
August Kekulé
Educación química
Historia de la ciencia

RESUMEN:

En 2025 se cumplen 200 años del descubrimiento de la molécula del benceno por parte de Michael Faraday. En la actualidad, el benceno es la materia prima de una gran cantidad de compuestos orgánicos, incluidos muchos productos farmacéuticos, plásticos, tintes y otros materiales. Su estructura plana y resonante lo hace especial en el ámbito de la química, por lo que es un buen momento para dedicar algunos minutos a repasar algunos aspectos relacionados con este compuesto.

KEYWORDS:

Benzene
Michael Faraday
August Kekulé
Chemical education
History of science

ABSTRACT:

2025 marks the 200th anniversary of Michael Faraday's discovery of the benzene molecule. Today, benzene is the raw material for a large number of organic compounds, including many pharmaceuticals, plastics, dyes and other materials. Its flat, resonant structure makes it special in the field of chemistry, so it is a good time to take a few minutes to review some aspects of this compound.

Introducción

El benceno es un líquido incoloro a temperatura ambiente. Es inflamable y tiene un olor dulce. Se encuentra en el petróleo crudo y es un componente de la gasolina. Tiene muchas aplicaciones: se utiliza para crear una amplia gama de otros compuestos químicos, siendo la materia prima para sintetizar el estireno, el cumeno, el ciclohexano, la anilina..., que a su vez sirven para fabricar plásticos como el poliestireno, fibras sintéticas como el nailon, resinas, gomas y lubricantes, tintes, detergentes, pegamentos, insecticidas, pesticidas, medicamentos... También es un excelente disolvente de grasas, ceras, resinas y goma. Sin embargo, la exposición al benceno puede ser perjudicial y causar graves problemas de salud, como la leucemia.^[1]

Sobre el benceno

Descubrimiento pionero (1825)

Michael Faraday (1791-1867) conocido sobre todo por sus aportaciones al electromagnetismo y a la electroquímica, aisló por primera vez, en el año 1825, benceno a partir del gas de alumbrado comprimido que había sido recogido de la pirólisis del aceite de ballena, al que llamó "*carbureted hydrogen*", y determinó su fórmula empírica: CH.^[2-6]

Otro químico, Laurent, propuso llamarlo feno, del griego *phainein*, que significa brillar, por haber sido descubierto en el gas de alumbrado. Este nombre nunca llegó a ser aceptado,

pero persiste en la actualidad como fenilo el nombre del grupo C_6H_5- .^[5,6]

En 1833, Eilhard Mitscherlich, un químico alemán, produjo lo que denominó bencina mediante la destilación de ácido benzoico (procedente de la goma benzoína) y óxido de calcio (cal).^[3]

En 1845, el químico inglés Charles Mansfield encontró benceno en el alquitrán de hulla, bajo la dirección de August W. Hofmann. Cuatro años más tarde, Mansfield inició la primera producción de benceno a escala industrial, basada en el método del alquitrán de hulla. El alquitrán de hulla se obtiene mediante la destilación destructiva del carbón y sigue siendo una fuente de benceno en la actualidad.^[3]

El benceno fue sintetizado por primera vez en un laboratorio en 1870 por Pierre Berthelot, que hizo pasar acetileno por un tubo al rojo vivo.^[3]

Ilusión en forma de serpiente

Entre la leyenda y la historia, se atribuye en 1865, a August Kekulé, (1829-1896), la propuesta de la estructura hexagonal de benceno, con un hidrógeno en cada esquina, tras soñar con una serpiente persiguiendo su propia cola, aunque no fue ni el único ni el primero en proponer dicha estructura:^[7]

"Estaba sentado, escribiendo mi libro, pero el trabajo no progresaba. Mis pensamientos estaban lejos. Moví la silla

hacia el fuego y dormité. Los átomos nuevamente brincaban ante mis ojos....Mi ojo mental, agudizado por las repetidas visiones similares, podía ahora distinguir estructuras mayores de muchas conformaciones: largas filas, a veces muy apretadas, girando y retorciéndose como serpientes. Pero, ¡vean! ¿Qué fue eso? Una de las serpientes había logrado asir su propia cola y la figura danzaba burlonamente ante mis ojos. Desperté como por el destello de un relámpago;... pasé el resto de la noche desarrollando las consecuencias de la hipótesis. Señores, aprendamos a soñar y entonces, quizás, aprenderemos la verdad. (August Kekulé, 1890).^[8,9]

En un escrito dirigido al *Bulletin de la Société Chimique de Paris*, el químico alemán utilizó un curioso diagrama en el que representó los átomos de carbono con elipses, los enlaces sencillos y dobles con pequeñas líneas verticales, las uniones carbono-hidrógeno con pequeños puntos e hizo uso de flechas para indicar los sitios de unión entre los átomos terminales de la estructura, tal y como se muestra en la Figura 1.^[4,10,11]

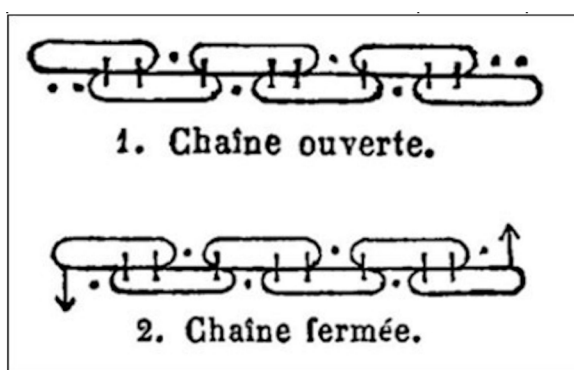


Figura 1. Representación del benceno en el artículo publicado por Kekulé en 1865. Reproducido de referencia [4].

En 1866 Kekulé publicó en la revista *Annalen der Chemie und Pharmacie*, un extenso trabajo donde presenta por vez primera su estructura cíclica para el benceno como se muestra en la Figura 2.^[4,11]

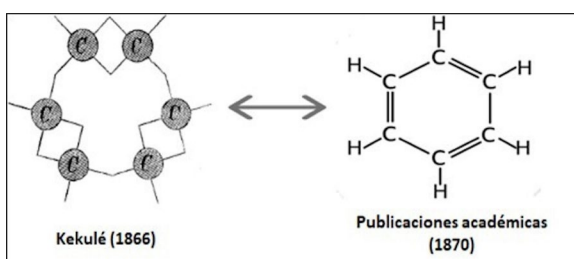


Figura 2. Representación del benceno en el artículo publicado por Kekulé en 1866, y como fue publicado en las publicaciones académicas. Reproducido de referencia [4].

Equivalencia de enlaces

La estructura de Kekulé predice enlaces dobles alternos,^[8] pero estudios de cristalografía mediante difracción de rayos X, llevados a cabo por Kathleen Lonsdale en 1929, mostraron que todos los enlaces C-C miden 1.39 Å, longitud intermedia entre los enlaces sencillos y dobles.^[3,6]

En 1931, Linus Pauling propuso su teoría de la resonancia, que describe los electrones deslocalizados y es capaz de expli-

car las reacciones conocidas del benceno. Esta teoría justificaba la menor energía de los electrones deslocalizados y la razón por la que las reacciones del benceno son principalmente reacciones de sustitución electrofílica.^[3]

Estabilidad y energía de resonancia

La entalpía de hidrogenación del benceno es aproximadamente 155 kJ·mol⁻¹ menor de lo esperado para tres dobles enlaces conjugados.^[3]

El benceno es el ejemplo clásico de un compuesto aromático, término que no tiene nada que ver con su olor, debido a su alta volatilidad, consecuencia de sus débiles interacciones intermoleculares, sino con una estructura cíclica con electrones deslocalizados que le otorgan una gran estabilidad y, al mismo tiempo, una reactividad característica. Esto hace que el benceno y sus derivados sean muy diferentes de otros compuestos con dobles enlaces.

Molécula no polar

La equivalencia de los enlaces del benceno se explica en la teoría del enlace de valencia mediante una hibridación de los átomos de carbono del tipo sp².^[6] La estructura hexagonal plana y su simetría hace que la distribución de la densidad electrónica sea uniforme, lo que lo convierte en una molécula no polar.

Por ello, las únicas fuerzas intermoleculares presentes entre las moléculas de benceno son del tipo de dispersión o de London. Ocurren porque, en un momento dado, la distribución de electrones alrededor de una molécula puede volverse temporalmente asimétrica, creando un dipolo instantáneo. Este dipolo puede inducir un dipolo similar en las moléculas vecinas, generando una atracción débil pero persistente.

Las fuerzas de dispersión de London explican por qué el benceno es un líquido a temperatura ambiente (punto de ebullición de 80 °C) y puede solidificarse a temperaturas más bajas. La fuerza de estas interacciones aumenta con el tamaño y el número de electrones de las moléculas, lo que permite que el benceno interactúe con otras moléculas y con él mismo.

Espectros

La resonancia magnética nuclear de protones del benceno consiste en un único pico a 7,26 ppm, ya que todos sus protones son equivalentes, y experimentan el mismo campo magnético local. El espectro de RMN del carbono-13 del benceno es un único pico a 128 ppm.^[3]

Isómero "curioso": Benceno de Dewar

El benceno de Dewar (también dewarbenzeno) o biciclo[2.2.0]hexa-2,5-dieno (Figura 3) es un isómero bicíclico del benceno. En 1869, James Dewar incluyó esta estructura en una lista de posibles estructuras del C₆H₆.^[12] Sin embargo, no la propuso como la estructura del benceno y, de hecho, apoyó la estructura correcta propuesta anteriormente por August Kekulé en 1865. El isómero "Dewar benzene" es inestable y se convierte en benceno normal con una vida media de unos dos días a temperatura ambiente.^[13]

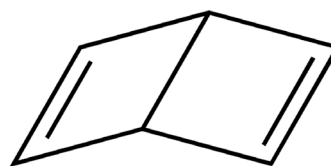


Figura 3. Estructura del Dewarbenzeno.

El benceno en Titán

El espectrómetro de la sonda espacial Cassini detectó benceno y otros hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) en la atmósfera de Titán, la luna de Saturno, como parte de la neblina que la cubre. Estos compuestos, formados por cadenas de benceno, absorben la luz ultravioleta del Sol y ayudan a mantener la estabilidad de la atmósfera de Titán.^[14,15]

Riesgos para la salud

El benceno está clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

La exposición a corto plazo a altos niveles de benceno puede causar mareos, dolores de cabeza, temblores, confusión, inconsciencia y muerte.^[16-17]

La exposición a largo plazo puede afectar a la producción de la médula ósea, resultando en trastornos sanguíneos como anemia y leucemia.^[16-17]

Puede debilitar el sistema inmunitario, haciendo a los individuos más susceptibles a infecciones, y afectar la salud reproductiva, potencialmente causando irregularidades menstruales y disminución de la fertilidad.^[16-17]

El contacto directo de la piel con el benceno puede causar enrojecimiento, ampollas y dermatitis.^[1]

Impacto ambiental

El benceno se encuentra de forma natural en emisiones volcánicas y en incendios forestales. También lo respiramos en pequeñas cantidades en ambientes urbanos debido a los escapes de automóviles y humo de cigarrillos.^[16]

Aunque el benceno puede ser descompuesto por microorganismos en el suelo y el agua, el proceso es lento, por ello, los derrames y fugas pueden contaminar el suelo y fuentes de agua. Por este motivo, las agencias ambientales de todo el mundo han establecido límites a las emisiones de benceno para proteger la calidad del aire y del agua.^[17]

Usos

Químicamente experimenta reacciones de sustitución en lugar de reacciones de adición, preservando su anillo aromático.

Aunque su uso como disolvente ha disminuido por causar leucemia, en la actualidad sigue siendo muy importante en la industria petroquímica para la producción del óxido de propileno, del estireno y sus derivados (polioles y glicoles propilénicos),^[18] fenol y anilina.

El benceno es una de las 20 sustancias químicas más producidas en Estados Unidos en términos de volumen. Varias industrias usan benceno para fabricar otros productos químicos, como por ejemplo el estireno y poliestireno, cumeno (en varias resinas) y ciclohexano (en nylon y fibras sintéticas). El benceno también se usa en la manufactura de ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes, medicamentos y plaguicidas.^[17]

Es un aditivo en la gasolina sin plomo para mejorar sus propiedades antidetonantes, aunque se han reducido las cantidades.

El benceno y los premios Nobel

Aunque ni Michael Faraday ni August Kekulé recibieron el premio Nobel, ya que fallecieron antes de que se entregaran los primeros a principios del siglo XX, tres de sus alumnos lo obtuvieron: Jacobus Henricus van 't Hoff, el primer galardonado con el Premio Nobel de Química en 1901, Svante Arrhenius en 1903 y Wilhelm Ostwald en 1909. Esto demuestra la gran influencia de Kekulé en la química moderna.

El estudio del benceno y sus derivados ha contribuido también a la concesión de varios premios Nobel.^[19]

Paul Sabatier y Victor Grignard: recibieron el Premio Nobel de Química en 1912 por sus investigaciones sobre la hidrogenación catalítica de compuestos orgánicos, incluidas reacciones con derivados del benceno.

Gerhard Domagk: recibió el Premio Nobel de Medicina en 1939 por el descubrimiento del prontosil, un fármaco que contiene benceno y que fue eficaz contra infecciones bacterianas. El prontosil es un derivado de la sulfanilamida, que a su vez es un compuesto que contiene un anillo de benceno.

Robert Robinson: recibió el Premio Nobel de Química en 1947 por sus investigaciones sobre productos naturales, entre los que se encontraban estudios sobre compuestos derivados del benceno.

Linus Pauling: su trabajo sobre la resonancia y la estructura electrónica del benceno fue fundamental para la química cuántica y le valió el Premio Nobel de Química en 1954 por sus investigaciones sobre la naturaleza del enlace químico y su aplicación a la elucidación de la estructura de sustancias complejas.

John Cornforth: su trabajo sobre las reacciones químicas implicadas en la biosíntesis de productos naturales, que a menudo involucran derivados del benceno, le valió el Premio Nobel de Química en 1975 (compartido).

Reconocimientos

La enorme contribución de Faraday y de Kekulé a las ciencias se ha reconocido de muchas maneras.

Faraday apareció en billetes de 20 libras esterlinas (Figura 4).^[20] La unidad de capacidad eléctrica, en el sistema internacional de unidades, el Faradio, se llama así en su honor.



Figura 4. Michael Faraday. Reverso de un billete de 20 libras esterlinas (1991-1993). Reproducido de referencia [20].

En 1895, Kekulé fue ennoblecido por el Kaiser Guillermo II de Alemania, dándole el derecho a añadir "von Stradonitz" a su nombre, en referencia a una antigua posesión de su familia en Stradonice, Bohemia. También se le ha representado en sellos de varios países (Figura 5).

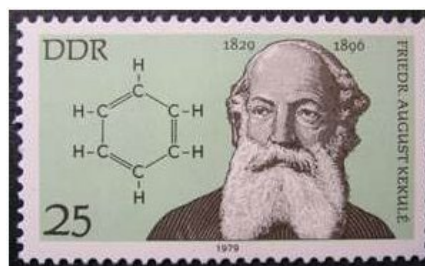


Figura 5. Sello conmemorativo de la República Democrática Alemana de 1979, para conmemorar el centenario de la estructura del benceno propuesta por Kekulé.

El benceno en la Enseñanza Secundaria

Si bien los Reales Decretos 217/2022 y 243/2022, que establecen las enseñanzas mínimas para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y el Bachillerato, respectivamente, no incluyen una mención explícita sobre el compuesto benceno, es crucial considerar su relevancia y, por lo tanto, incluir su estudio como parte de los conocimientos básicos del bloque de la materia en el apartado correspondiente a 4.º de la ESO: «Principales compuestos químicos: su formación y sus propiedades físicas y químicas, valoración de sus aplicaciones». En él se inicia el estudio de los compuestos del carbono, ya que están presentes en todos los seres vivos y tienen múltiples usos y aplicaciones en la vida diaria: polímeros, medicamentos, combustibles, etc.

En los saberes básicos de Bachillerato, en el primer curso, aparecen las «Propiedades físicas y químicas generales de los compuestos orgánicos a partir de las estructuras químicas de sus grupos funcionales: generalidades en las diferentes series homólogas y aplicaciones en el mundo real», y en el segundo curso, el tercer bloque abarca el amplio campo de la química en el que se describen en profundidad la estructura y la reactividad de los compuestos orgánicos.^[21,22]

Conclusiones

Han transcurrido 200 años desde que Michael Faraday descubriera el benceno.

A pesar de su toxicidad, en la actualidad el benceno es la base de una gran cantidad de compuestos orgánicos, incluidos muchos productos farmacéuticos, fibras sintéticas, plásticos, tintes y otros materiales. La comprensión de su estructura y reactividad ha sido crucial para el desarrollo de estas aplicaciones, lo que ha convertido a esta molécula en una entidad especial en el ámbito de la química por su disposición y aromaticidad.

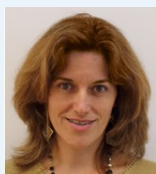
El estudio del benceno y sus derivados ha sido un campo fértil para la investigación química, y ha dado lugar a contribuciones significativas que han sido reconocidas con varios premios Nobel de Química.

En este artículo se abordan de forma somera algunos aspectos de esta molécula que pueden resultar útiles para introducir el estudio del benceno en el aula.

Bibliografía

- [1] C. Tyndall, "38 Facts About Benzene", disponible en <https://facts.net/science/chemistry/38-facts-about-benzene/>, 2025 (consultado: 26/06/2025).
- [2] M. Faraday, *Philos. Trans. R. Soc. London* **1825**, 115, 440-466, <https://doi.org/10.1098/rstl.1825.0022>.
- [3] M. Thompson, C. Style, "Benzene", disponible en <https://www.chemistry.bristol.ac.uk/motm/benzene/benzenev.htm>, 2011 (consultado: 31/10/2025).
- [4] J. Meinguer Ledesma, *Ciênc. educ. (Bauru)* **2020**, 26, <https://doi.org/10.1590/1516-731320200019>.

- [5] A. Streitwieser, C.H. Heathcock, *Introduction to Organic Chemistry*, MacMillan, NY, 1981.
- [6] R.T. Morrison, R.N. Boyd, *Organic Chemistry*, Allyn and Baker, Inc., NY, 1983.
- [7] O. T. Benfey, *J. Chem. Edu.* **1958**, 35, 21-25, <https://doi.org/10.1021/ed035p21>.
- [8] V. Drago, P.S. Foster, K.M. Heilman, D. Aricó, J. Williamson, P. Montagna, R. Ferri, *Sleep Medicine* **2011**, 12(4), 361-366, <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2010.11.009>.
- [9] A. Kekulé, *J. Chem. Soc.* **1872**, 25, 612-619.
- [10] A. Kekulé, *Bulletin de la Société Chimique de Paris* **1865**, 3, 98-110.
- [11] A. Kekulé, *Annalen der Chemie und Pharmacie* **1866**, 137(2), 129-196, <https://doi.org/10.1002/jlac.18661370202>.
- [12] J. Dewar, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh* **1869**, 6, 82-86, <https://doi.org/10.1017/S0370164600045387>.
- [13] J.O. Jensen, *J. Mol. Struct.: THEOCHEM* **2004**, 680(1-3), 227-236, <http://doi.org/10.1016/j.theochem.2004.03.042>.
- [14] P. León, "¿Qué consume el hidrógeno y el acetileno en Titán?", disponible en <https://www.sondasespaciales.com/2010/06/que-consume-el-hidrogeno-y-el-acetileno-en-titan/>, 2010 (consultado: 26/06/2025).
- [15] M. López-Puertas, B. M. Dinelli, A. Adriani, B. Divertido, M. García-Comas, M. L. Moriconi, E. D'Aversa, C. Boersma, L. J. Allamandola, *ApJ* **2013**, 770, 132, <https://doi.org/10.1088/0004-637X/770/2/132>.
- [16] U.S. Department of Labor, "Occupational Safety and Health Administration, Benzene", disponible en <https://www.osha.gov/benzene> (consultado: 27/06/2025).
- [17] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, "Resúmenes de Salud Pública – Benceno (Benzene)" disponible en https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs3.html, 2016 (consultado: 27/06/2025).
- [18] Repsol, "Benceno", disponible en <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/materiales/productos/benceno/index.cshml> 2025 (consultado: 28/06/2025).
- [19] The Nobel Prize, "All Nobel Prizes in Chemistry", disponible en <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes-in-chemistry/> (consultado: 28/06/2025).
- [20] O. Rodríguez Montoro, *An. Quím.* **2020**, 116(4), 241-252.
- [21] Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, BOE 29 mar. 2022, (76), disponible en <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217> (consultado: 25/08/2025).
- [22] Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato, BOE 5 abr. 2022, (82), disponible en <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-5521> (consultado: 25/08/2025).



Otilia Val-Castillo

Departamento de Física y Química,
IES Lluís Simarro, Xàtiva, Valencia

Ce: o.valcastillo@edu.gva.es

ORCID: 0000-0003-0335-3162

Licenciada en Ciencias Químicas por la Universidad de Murcia en 1990 y doctorada cum laude en 1993. Funcionaria desde 1995. Catedrática y jefa del departamento de Física y Química en el IES Lluís Simarro de Xàtiva. En 2021 le fue concedido el Premio Tarea Educativa y Divulgativa a Profesores de Enseñanza Secundaria, otorgado por la RSEQ-STVAL. Ha publicado artículos, impartido conferencias y participado en congresos y mesas redondas sobre las dificultades de las mujeres dedicadas a las ciencias, así como sobre la química y su didáctica.