

TRANSFORMANDO DESECHOS PLÁSTICOS EN ENERGÍA: EL FUTURO DEL DIÉSEL SOSTENIBLE

Ana Alarcón-Vargas

Los plásticos son polímeros no degradables que contienen carbono, hidrógeno y otros elementos como cloro, nitrógeno, etc. Debido a su naturaleza no biodegradable, su acumulación plantea serios problemas de eliminación y genera preocupaciones ambientales. En los últimos años, se ha evidenciado la presencia de micro-plásticos en la fauna marina y diversos ecosistemas, lo que agrava la crisis medioambiental (Geyer et al., 2017; Parolini et al., 2023).

Se prevé que el consumo de plástico se duplique en las próximas dos décadas, tras haberlo hecho ya en los últimos 50 años (Padmanabhan et al., 2022). Frente a este panorama, el reciclaje de plásticos ha surgido como una alternativa para mitigar su impacto ambiental, al reducir el consumo y prolongar la vida útil de estos materiales. Entre las estrategias más prometedoras se encuentra el reciclaje químico, específicamente la pirólisis. Este proceso descompone térmicamente los plásticos, transformando compuestos hidrocarbonados de cadena larga en moléculas más pequeñas, en ausencia de oxígeno y a temperaturas superiores a 500 °C. Como resultado, se obtienen productos líquidos y gaseosos con alto potencial energético, como el diésel. Este combustible es ampliamente utilizado en diversas industrias, incluyendo la automotriz, la agrícola y la de generación de energía (Bukkarapu et al., 2018; Mangesh et al., 2020).

Un enfoque prometedor para mejorar las propiedades del combustible plástico residual (WPF, por sus siglas en inglés) consiste en su mezcla con aditivos oxigenados (Fayyazbakhsh & Pirouzfard, 2017). Por ejemplo, el WPF producido mediante la pirólisis de polietileno de alta densidad (HDPE) en un horno mufla a 600 °C con una bomba de vacío puede combinarse con un 10 % de etanol y un 10 % de acetato de etoxilato

de etilo. Esta mezcla mejora significativamente el rendimiento del combustible, logrando hasta un 20 % más de eficiencia económica en comparación con el diésel convencional. Además, reduce las emisiones contaminantes del tubo de escape en aproximadamente un 13 % de monóxido de carbono (CO) y un 16 % de hidrocarburos (HC) (Padmanabhan et al., 2022).

El diésel obtenido por este método presenta otras ventajas significativas: está libre de plomo, azufre y nitrógeno, lo que mejora su calidad y lo hace comparable con el diésel convencional. Este proceso no solo genera un combustible de alto rendimiento, sino que también contribuye a disminuir las emisiones contaminantes (Kaimal & Vijayabalan, 2016).

En conclusión, esta tecnología tiene el potencial de abordar dos de los principales desafíos globales: la disminución de las reservas de combustibles fósiles y la gestión de los crecientes residuos plásticos. Una refinería que emplee plástico reciclado reduce la dependencia del petróleo, lo que disminuye los costos de exploración y aumenta las reservas de crudo disponibles. Así mismo, las mezclas de WPF con etanol ayudan a satisfacer la demanda energética, reducen las emisiones de carbono, mejoran la calidad del aire y se convierte en una alternativa para un futuro más sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

- Bukkarapu, K. R., Gangadhar, D. S., Jyothi, Y., & Kanasani, P. (2018). Management, conversion, and utilization of waste plastic as a source of sustainable energy to run automotive: a review. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(14), 1681–1692. <https://doi.org/10.1080/15567036.2018.1486898>
- Fayyazbakhsh, A., & Pirouzfard, V. (2017). Comprehensive overview on diesel additives to reduce emissions, enhance fuel properties and improve engine performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 891–901. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.046>

- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Kaimal, V. K., & Vijayabalan, P. (2016). A study on synthesis of energy fuel from waste plastic and assessment of its potential as an alternative fuel for diesel engines. *Waste Management*, 51, 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.003>
- Mangesh, V. L., Padmanabhan, S., Tamizhdurai, P., & Ramesh, A. (2020). Experimental investigation to identify the type of waste plastic pyrolysis oil suitable for conversion to diesel engine fuel. *Journal of Cleaner Production*, 246, 119066. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119066>
- Padmanabhan, S., Giridharan, K., Stalin, B., Kumaran, S., Kavimani, V., Nagaprasad, N., Tesfaye Jule, L., & Krishnaraj, R. (2022). Energy recovery of waste plastics into diesel fuel with ethanol and ethoxy ethyl acetate additives on circular economy strategy. *Scientific Reports*, 12(1), 5330. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-09148-2>
- Parolini, M., Stucchi, M., Ambrosini, R., & Romano, A. (2023). A global perspective on microplastic bioaccumulation in marine organisms. *Ecological Indicators*, 149, 110179. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110179>

LA QUININA, UNA MOLÉCULA MILAGROSA Y SU LEGADO EN LA LUCHA CONTRA DIVERSAS ENFERMEDADES

Luis Miguel Morales & Samanta Subía

La quinina cuya fórmula química es ($C_{20}H_{24}N_2O_2$) es una molécula que ha sido utilizada durante siglos. Su descubrimiento es considerado como el hallazgo médico más importante del siglo XVII.

La quinina es un alcaloide natural, blanco y cristalino, una sustancia amarga encontrada en la corteza de la planta de quina (Cinchona), árbol nativo de los bosques húmedos andinos de América del Sur principalmente en países como Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia. En la Figura 1, podemos observar la estructura de la quinina. Tiene cuatro centros quirales por lo que esperamos estereoisómeros, es decir sus isómeros quinina presentan diferentes acciones y tienen diferentes usos farmacológicos.

La quinina es un alcaloide de la quina que pertenece al grupo arilo de los aminoalcoholes, es un compuesto muy básico por lo que la encontramos en forma de sal y que se deriva del rubano, una estructura química específica. La mayoría de las sales neutras de quinina son poco solubles en agua, y las ácidas, muy solubles. Existen otros compuestos relacionados, como la quinidina, la cinconidina y la cinchonina, que son variantes de la quinina. Estos compuestos tienen diferentes orientaciones en ciertas partes de su estructura, lo que lleva a la formación de cuatro isómeros distintos: quinina, quinidina, cinchonina y cinconidina. Cada uno de estos isómeros tiene sus propias propiedades y se encuentran en la planta de quina, aunque en cantidades muy pequeñas, y también se pueden obtener a través de procesos químicos específicos (Thompson Paul; Werbel Leslie, 1972). La estereoisomería de la quinina y quinidina tienen importancia en el

tratamiento anticonvulsivantes ya que, disminuyen la capacidad del corazón para contraerse y alargan el periodo en que el corazón vuelve a latir del corazón.

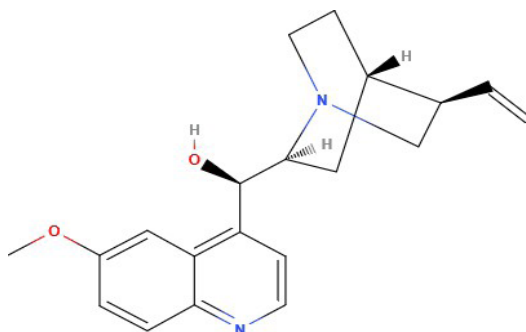


Figura 1. Estructura de la quinina

En la Figura 2 podemos observar en la parte izquierda a la (-) quinina (Qn) (1S,3R,4S,8S,9R) (A) y en la parte derecha la quinidina (Qd) (1S,3R,4S,8R,9S) (B). Estructuralmente la quinina y quinidina son diaestereoisómeros, es decir no son imágenes especulares entre sí por lo tanto tienen propiedades químicas y físicas muy diferentes, aunque en el caso de la Qd y la Qn presentan un comportamiento muy parecido al de los enantiómeros por lo que muchas veces se les llama pseudoenantiómeros. La diferente acción Qn y Qd es evidente al momento de analizar estos compuestos y sus usos farmacológicos. La quinina (Qn) es utilizada para el tratamiento de la malaria, males digestivos y para drogas que tratan la dependencia de la nicotina. Mientras que la quinidina (Qn) es utilizada como un agente antiarrítmico (García Sánchez et al., 1999). Por esta razón se le considera a la quinina (Qn) como el isómero activo ya que tiene el principio con actividad biológica para tratar la malaria y otras enfermedades sin embargo la síntesis asimétrica y la separación de estereoisómeros son muy complicadas y costosas por lo que generalmente los medicamentos con estas propiedades se venden como mezclas de estereoisómeros donde uno tiene actividad biológica y el otro no, sin embargo es

importante que el isómero inactivo no tenga consecuencias negativas sobre el organismo.

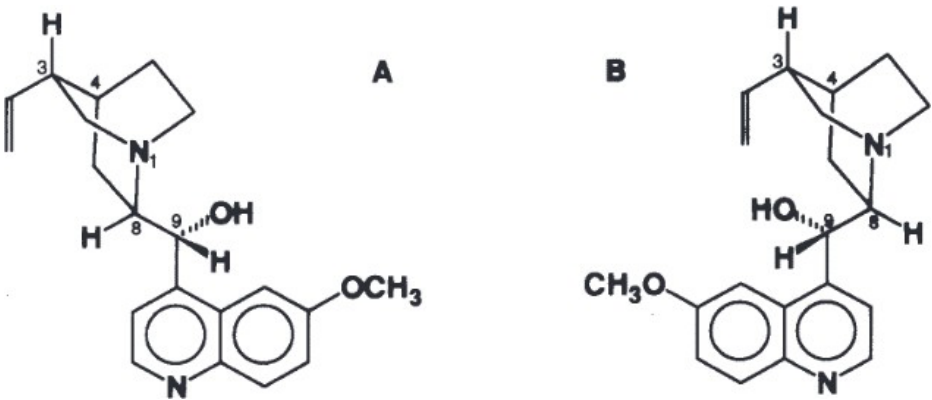


Figura 2 Estructuras y estereoquímica de la (-) quinina (A) y (+) quinidina (B) (García Sánchez et al., 1999)

En el año de 1638, el uso de la quinina se enfocó en la medicina fue reconocido cuando la condesa de Chinchón, esposa del Virrey del Perú, fue curada con esta corteza; en Europa también se reconoció la corteza de quina al ser utilizada en un tratamiento contra el Paludismo. El primer uso de esta sustancia se les atribuye a los misioneros jesuitas en el Perú por lo que se le conocía como “corteza sagrada” o “corteza de los jesuitas”, aunque se especula que las poblaciones indígenas de la región utilizaban la corteza de la quina desde hace mucho antes en forma de infusiones para tratar la fiebre y la malaria (Achan et al., 2011). Existen preparaciones de quinas como amargos, que en pequeñas dosis estimulan el apetito y la digestión al actuar sobre el peristaltismo intestinal. Por otro lado, la totaquina fue introducida en 1934 por la Organización de la Salud de la Sociedad de Naciones, como sustitutivo de la quinina que es fácil de obtener y económico para el tratamiento masivo del paludismo; por otro lado, la totaquina es un extracto seco, purificado que se constituye por 70 % de alcaloides totales de la quina, un 25 % por quinina-cinco-nidina y de 7-12 % de quinina anhidra (Rodríguez et al., 1977).

La malaria es una enfermedad que hoy en día afecta a aproximadamente 241 millones de personas y solo en el año 2020 sesenta y nueve mil personas murieron a causa de esta enfermedad (World Health Organization, 2023) y por más de tres siglos la quinina era la única sustancia útil para el tratamiento de la malaria y solo fue desplazada hace unos años por compuestos sintéticos, aunque recientemente se volvió a utilizar debido a la aparición de resistencias a los fármacos modernos. El primer tratamiento efectivo de la malaria se logró cuando se descubrió a principios del siglo XVII la corteza de la quina.

El paludismo es una infección parasitaria que puede ser producida por cuatro tipos de especies Plasmodium: *P. Vivax*, *P. Ovale*, *P. Falciparum* y *P. Malarie*. A principios del siglo XXI, esta enfermedad mata cada año a más de 400 000 personas y es responsable de más de 250 millones de enfermos. La quinina intravenosa es la alternativa si se presenta una contraindicación del artesunato, pues es un esquizonticida sanguíneo que puede producir la cura parcial del paludismo *P. falciparum* (Guillot & Jauréguiberry, 2018).

Como principio activo, la quinina no fue separada hasta que, en el año de 1820, se aislaron la mayoría de los alcaloides presentes en su corteza (Greenwood, 1992). Este logro permitió que se establezca una dosis correcta de quinina ya que antes de esta época, la dosificación era de cierta manera aleatoria y no se tenía un conocimiento del papel del fármaco en el tratamiento de las fiebres producidas por la malaria.

La disponibilidad de la quinina como sustancia pura hizo posible usarla como profiláctico en zonas palúdicas especialmente en campañas militares en la zona tropical. El aislamiento de los alcaloides de la corteza de quina por Pelletier y Caventou desató la inquietud de los químicos e inicio la búsqueda de un método para sintetizar la quinina, proceso que hasta el día de hoy no se ha logrado a escala económica comercial. En 1980 Sharpless premio Nobel de química en el 2001 utiliza la quinina como ligando e inductor asimétrico en la síntesis de dióxidos asimétricos esta reacción se conoce como catálisis

asimétrica y la reacción que el invento es uno de los primeros ejemplos de estas reacciones. En los noventa se descubrió que la quinina podía usarse como bloqueador del canal de potasio en sistemas biológicos, por lo que se buscaron formas de tratar males como el glaucoma y el Parkinson. No fue hasta el nuevo milenio que se logró la primera síntesis estereoselectiva de la quinina (Amurrio, 2001).

La quinina también se encuentra en el agua tónica cuyo uso se aplica a las bebidas carbonatadas y como mezclador en cocteles y es una molécula luminiscente cuando es sometida a radiación ultravioleta y que se utiliza en la calibración instrumental y metodológica de los instrumentos de medida y se puede utilizar para determinar cuantitativamente su concentración en una muestra (Badía, 2021).

Para concluir, la quinina es una molécula con gran historia y diversas aplicaciones; desde su descubrimiento en el siglo XVII ha desempeñado un rol importante en el tratamiento de la malaria y el paludismo gracias a sus propiedades farmacológicas y fluorescencia. Aunque su uso terapéutico disminuyó en los últimos años, la quinina sigue siendo una molécula de gran interés científico y seguirá siendo una molécula relevante en la historia de la química y la medicina. Además, la quinina es un gran ejemplo de cómo la naturaleza puede proporcionarnos sustancias útiles y valiosas.

BIBLIOGRAFÍA

Amurrio, D. (2001). La quinina. Historia y Síntesis

Badía, A. (2021). Luminiscencia: Aplicaciones analíticas. Universidad de Sevilla. <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/132257/BADIA%20CARRILLO%20ALFONSO.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Brack, A. (2021). La corteza peruana que salvó millones de vidas. 1ra ed.

Burger Alfred. (1998). MEDICINAL CHEMISTRY AND DRUG DISCOVERY

(D. J. Abraham, Ed.

García Sánchez, F., Navas Díaz, A., García Pareja, A., & Montiel, G. C. (1999). Determination of (-)-quinine and (+)-quinidine by liquid chromatography with diode-laser polarimetric detection. *Journal of AOAC International*, 82(6), 1308–1315. <https://doi.org/10.1093/jaoac/82.6.1308>

Greenwood, D. (1992). The quinine connection. In *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* (Vol. 30). <http://jac.oxfordjournals.org/>

Guillot, H., & Jauréguiberry, S. (2018). Paludismo. *EMC - Tratado de Medicina*, 22(4), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(18\)41305-0](https://doi.org/10.1016/S1636-5410(18)41305-0)

Hasegawa, R. (2003). The Fever Trail: In Search of the Cure for Malaria. *American Journal of Health-System Pharmacy*. (vol. 60). (p.1284-1285)

Heredia, S. (2008). Experiencias para observar el fenómeno de fluorescencia con luz ultravioleta. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. (vol.5). <https://www.redalyc.org/pdf/920/92050312.pdf>

Nakamatsu, J Gonzales, P. (2019). La quinina, el símbolo de la XXII olimpiada Iberoamericana de Química-2017. Pontificia Universidad Católica del Perú. *Revista de Química*. (vol. 32). <https://doaj.org/article/03cfba06aeaa460fbf1f59398033a17e>

Rodriguez, B Armenter, C. (1977). La quinina es un viejo fármaco que no cabe relegar al olvido. *Canales de medicina y cirugía*. (vol. 57). (p. 172-188);Thompson Paul Werbel Leslie. (1972). *Antimalarial Agents Chemistry and Pharmacology: Quinine and Related Alkaloids* (pp. 62–78). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-688950-5.50011-8>

Vallmitjana, S Juvells, I Carnicer, A. (2015). Gin-tonic: fluorescence in a cocktail bar. *Universidad de Barcelona*. <https://www.sedoptica.es/>

Menu_Volumenes/Pdfs/OPA48-2-105.pdf

World Health Organization. (2023). World Health Statistics 2023: Monitoring Health for the SDG's. <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/367912/9789240074323-eng.pdf?sequence=1>; Sixth Edition). www.mrw.interscience.wiley.com/bmccdd; Achan, J., Talisuna, A. O., Erhart, A., Yeka, A., Tibenderana, J. K., Baliraine, F. N., Rosenthal, P. J., & D'Alessandro, U. (2011). Quinine, an old anti-malarial drug in a modern world: Role in the treatment of malaria. In *Malaria Journal* (Vol. 10). <https://doi.org/10.1186/1475-2875-10-144>