

La simetría que la vida rompe

FRIDA GALÁN HERNÁNDEZ Y FÁTIMA DEL CARMEN RAMÍREZ HERNÁNDEZ

Frida Galán y Fátima del Carmen Ramírez nacieron en Cuernavaca, Morelos, y desde 2022 son estudiantes de la Licenciatura en Diseño Molecular y Nanoquímica de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. El presente trabajo es su proyecto final del curso de Taller de Lectura y Redacción de Textos Científicos.

Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

La simetría en la naturaleza

Alguna vez has observado una flor con detenimiento, además de los colores vibrantes que saltan a la vista, ¿has visto los patrones que la disposición de sus pétalos sigue? (Figura 1). En muchos casos parece que las podemos dividir en varias partes iguales, como si fuesen un pastel o ¿has notado que la mayoría de los animales, desde insectos hasta mamíferos, si les pasáramos una línea vertical por el centro del cuerpo, éste se dividiría en dos partes iguales que son reflejo mutuo (izquierda y derecha)?

Lo anterior es un claro ejemplo de cómo la naturaleza está repleta de elementos simétricos, desde la simetría bilateral en los animales o la simetría radial presente en las plantas con flores, no obstante, también se pueden encontrar organismos con simetría esférica, combinaciones, como la simetría birradial, o que no presentan simetría.¹ Y es justo, este último caso, en el que nos enfocaremos: en la ruptura de la simetría en la vida, desde los aspectos macroscópicos que pode-

mos tocar y ver, hasta un enfoque molecular.

Veremos que hablar de vida es hablar de asimetría, en donde términos como derecha e izquierda toman un papel relevante, al grado de ser un factor crucial para la subsistencia de los seres vivos.

La asimetría a mayor escala

La asimetría, al igual que la simetría, también está presente en la naturaleza. Ejemplo de ello es la anatomía quiral que presentan algunos seres vivos, como las alas de las mariposas, las cuales son quirales porque cada ala es el reflejo de la otra y si las ponemos una encima de la otra no coinciden, es decir, no son superponibles, o la concha de un caracol gasterópodo, que tiene forma de un espiral que puede girar hacia la derecha o a la izquierda (Figura 2). La palabra quiralidad es un adjetivo que describe el hecho de que la imagen de un objeto no es superponible con su imagen especular. Un ejemplo claro de esto son las palmas de nuestras manos en donde una es el reflejo de la otra y, sin embargo, no se pueden superponer. Si nos vamos al mundo vegetal, las plantas trepadoras también se enrollan de manera helicoidal, ya sea para la derecha como la ipomea o hacia la izquierda como lo hace la madreleña y esto lo hacen sobre otras plantas u objetos. En la anatomía humana también se presentan ejemplos de quiralidad, tal como que el hígado, el colon y el apéndice se encuentran más hacia la derecha del centro y el corazón y estómago más hacia la izquierda, mostrando así quiralidad funcional.

La naturaleza presenta una preferencia hacia ciertos tipos de quiralidad, a pesar de no existir ninguna razón aparen-

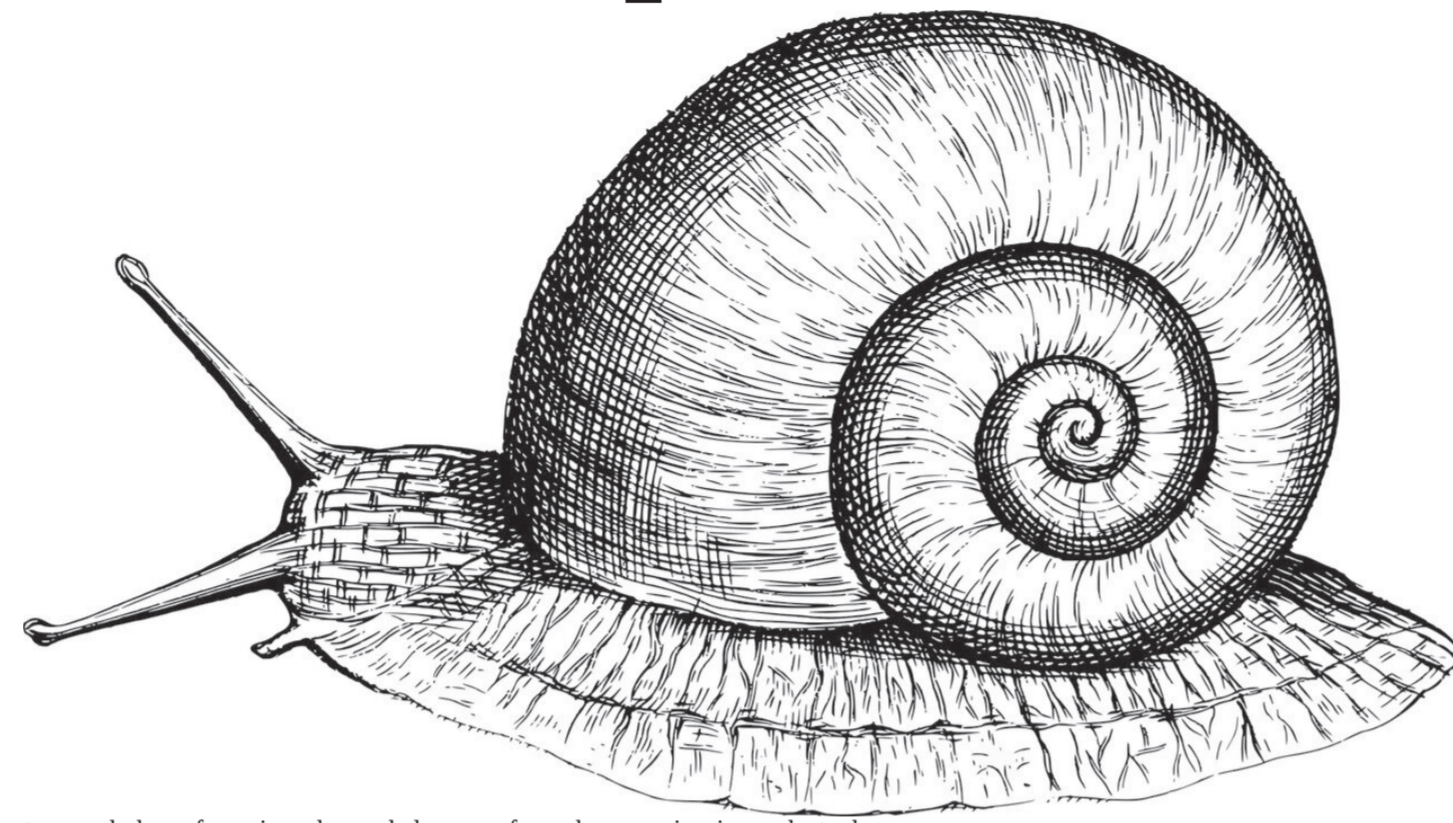


FIGURA 2. CARACOL gasterópodo (Imagen de Pixabay).

te para darle preferencia a alguna de las dos formas quirales; derecha o izquierda. Esto se puede notar en la tendencia de los seres humanos a utilizar la mano derecha sobre la izquierda para realizar las actividades cotidianas. También la mayoría de las especies utilizan el hemisferio derecho del cerebro para reaccionar de forma rápida ante condiciones novedosas, mientras que utilizan el hemisferio izquierdo para controlar respuestas que tienen otras alternativas como respuesta a ellas, categorizando así sus posibilidades donde de forma ordinaria las funciones hemisféricas tienen una participación de complementariedad funcional.² Incluso, tal como menciona Onur Güntürkün (2003),

Moléculas quirales

Demos un salto de escala y busquemos los ejemplos de quiralidad en el mundo molecular, en la explicación de la composición de una molécula, es decir, vamos a darle una explicación química. Una molécula se puede estudiar en distintos niveles, la primera es por su composición, que refiere al número y tipo de átomos, además de la manera en que estos están unidos (enlazamiento). La segunda es por su isomería, que refiere a las moléculas que tienen la misma composición, pero la forma en la que están enlazados es diferente, y por tanto tendrán propiedades físicas y químicas diferentes. Finalmente, podemos hablar de su configuración, que se presenta en moléculas con la misma composición y enlazamiento pero que terminan por ser diferentes; esto se explica cuando pensamos en las moléculas no como estructuras planas sino, como moléculas tridimensionales. Pensándose con esta nueva disposición espacial podemos hablar de la quiralidad de las moléculas.³

Desde finales del Siglo XIX, los químicos descubrieron que la quiralidad de una molécula está dada por un átomo de carbono que puede enlazarse a otros 4 átomos en una disposición tetraédrica, también denominada carbono quiral. A estas imágenes especulares de una molécula quiral se las llama isómeros ópticos o enantiómeros. Con respecto a la luz visible, las molé-

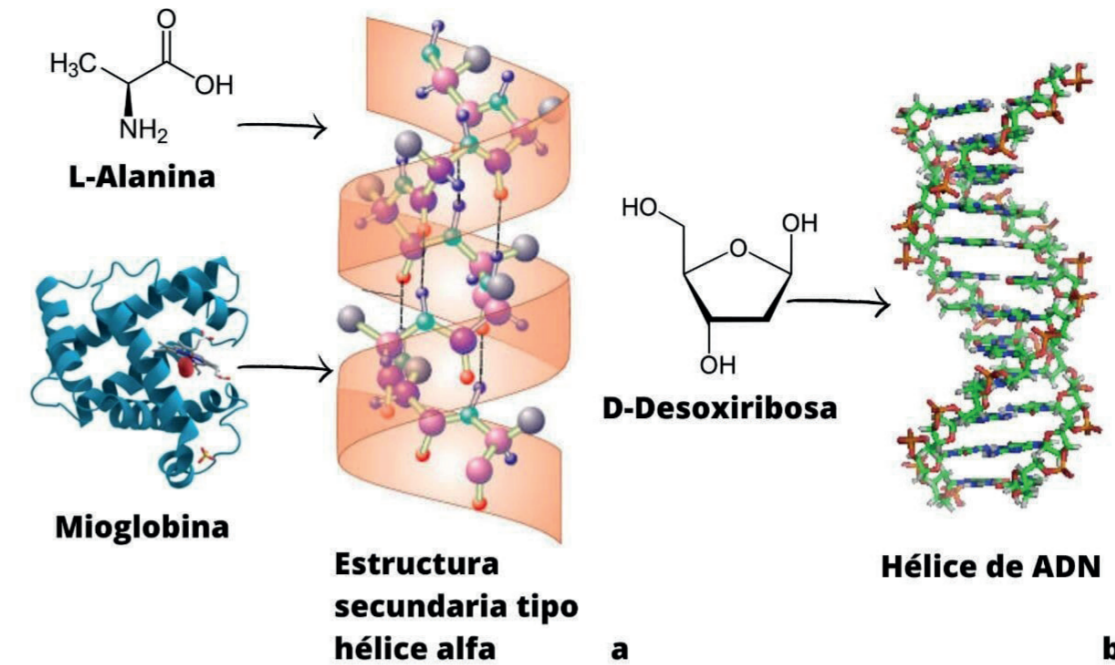


FIGURA 3. HOMOQUIRALIDAD biológica. a) L-aminoácidos necesarios para la formación de proteínas; b) D-azúcares presentes en la estructura del ADN. AUTORÍA: KAREM HERNÁNDEZ Lechuga. Ruptura de la simetría quiral en la cristalización de clorato de sodio, UAEMor, Cuernavaca Morelos México, 2015.

mas enantioméricas de la molécula. Un ejemplo de la importancia del control de las moléculas quirales en los fármacos es el caso de la talidomida, el cual fue un fármaco muy popular en los años 60 debido a su efecto sedante, sin embargo, se empezaron a reportar casos de nacimientos de bebés con deformaciones congénitas entre las madres que habían utilizado este medicamento durante los primeros tres meses de gestación. Desde luego, el medicamento fue retirado del mercado inmediatamente, pero el daño ya estaba hecho. Investigaciones posteriores arrojan que el enantiómero dextrógiro de la talidomida era el responsable de dichos efectos teratogénicos. Si solo se hubiera comercializado en su forma levógiro y no su mezcla racémica todos estos daños se hubieran evitado y el medicamento solo tendría su función de sedante. Los fármacos que presentan sólo una de las dos formas quirales presentan ventajas sobre las mezclas racémicas, ya que se pueden unir con enzimas, hormonas y otras proteínas estereoselectivas, lo que aumenta la eficacia.

Homoquiralidad biológica: factor crucial para la vida

La asimetría presente en las biomoléculas, que son aquellas moléculas propias de los seres vivos, es llamada *homoquiralidad* y consiste en el uso de aminoácidos levógiros para crear estados y del uso exclusivo de azúcares dextrógiros en la estructura de los ácidos nucleicos. El uso específico de una configuración quiral brinda funcionamiento y estabilidad en su estructura biológica. La existencia de la homoquiralidad es esencial para la química de la vida, debido a que los seres vivos funcionamos con moléculas quirales específicas, reguladas y optimizadas (Figura 3). Por ejemplo, para crear proteínas se requieren de aminoácidos, que funcionan como bloques de construcción y dichos aminoácidos deben

estar en la forma levógiro para ser reconocidos por las enzimas que los unen en la secuencia correcta para formar la proteína. En otro caso, si alguno de los aminoácidos estuviera en forma dextrógiro, las enzimas no podrían unirlos correctamente, lo que resultaría en la formación de una proteína no funcional. Esto resulta interesante debido a que es un comportamiento que solo se observa en la naturaleza, porque cuando se crean estas moléculas en el laboratorio lo que se obtiene es una mezcla racémica y no solo la forma levógiro de los aminoácidos.

Para la creación de proteínas se necesitan moléculas de ARN (ácido ribonucleico), las cuales copian la información contenida en el ADN y la llevan al apartado de la célula en donde se construyen las proteínas. Dicho lugar son los ribosomas. Por lo tanto, podemos decir que el ARN es una molécula vital para la síntesis de proteínas.

Expuesto lo anterior, surgió la duda de donde provenía el ARN. Los químicos Matthew Powner, catedrático de química orgánica en *University College, London* e investigador de la Simons Foundation Collaboration on the Origins of Life, y John Sutherland, investigador del Laboratorio de Biología Molecular en el *Medical Research Council* en Reino Unido, propusieron que las moléculas que de aminoácidos levógiros para crear estados y del uso exclusivo de azúcares dextrógiros en la estructura de los ácidos nucleicos. El uso específico de una configuración quiral brinda funcionamiento y estabilidad en su estructura biológica. La existencia de la homoquiralidad es esencial para la química de la vida, debido a que los seres vivos funcionamos con moléculas quirales específicas, reguladas y optimizadas (Figura 3). Por ejemplo, para crear proteínas se requieren de aminoácidos, que funcionan como bloques de construcción y dichos aminoácidos deben

estados similares a las que se cree que existieron en la Tierra primitiva. En particular, han demostrado que la exposición de soluciones acuosas de cianuro y aldehídos a la luz ultravioleta puede producir ribonucleótidos. Desde el punto de vista de Eschenmoser, quien fue pionero en investigar sobre las vías sintéticas de los ácidos nucleicos artificiales; se establece que, si las moléculas no fueran quirales, la diversidad constitucional, configuracional y conformacional de las moléculas sería demasiado limitada, lo que afectaría directamente el metabolismo celular. Otro argumento que explicaría las ventajas de la homoquiralidad es que estos procesos metabólicos sean más eficientes, ya que si solo se utilizan L-aminoácidos, D-desoxirribosa y D-ribosa (la desoxirribosa y la ribosa son los azúcares que se encuentran formando la estructura del ADN y el ARN), se ahorra espacio al interior de la célula al no tener el doble de estas moléculas. Por lo que, si pensamos en una mezcla racémica de estas moléculas, el metabolismo celular requeriría el doble de enzimas, una para un enantiómero y otra para el otro. Esto implicaría un mayor gasto energético para la célula al punto de no ser viable.

La homoquiralidad permite que un enantiómero específico pueda asociarse con determinados procesos celulares, tal como ocurre en los receptores moleculares, los cuales reconocen uno de los enantiómeros y se establece un medio de comunicación entre el medio externo e interno de la célula. Un ejemplo de esto es el reconocimiento del R-limoneno (presente en la cáscara de las naranjas) y del S-limoneno (en la cáscara de los limones) permite diferenciar e identificar ambos frutos mediante su aroma por parte de los receptores sensoriales olfativos.⁴

Estudios recientes han demostrado las consecuencias que podría tener las mezclas racémicas de estas molé-

culas al interior de la célula, experimentos realizados in vivo en la mosca de fruta *Drosophila*, arrojaron que la heteroquiralidad, es decir, tener ambas formas quirales de los azúcares y aminoácidos crea un "síndrome de heteroquiralidad" con deterioro de la actividad de la caspasa, que es una enzima que cataliza la muerte celular programada, lo que resulta en un aumento de la formación de tumores y muerte prematura. Lo anterior evidencia que la preservación de la homoquiralidad es un componente clave para el funcionamiento de las proteínas, que es esencial para mantener condiciones estables a nivel de células, tejidos y órganos.^{5,6}

De lo anterior podemos decir que la homoquiralidad en los seres vivos es un punto clave para su subsistencia, porque la vida en la Tierra tiene como base a las biomoléculas, las cuales solo funcionan en la naturaleza en una de sus dos formas enantioméricas y tal como lo menciona Carroll, James D. (2009): "la vida es aquello que autorreproduce un ambiente homoquiral".

BIBLIOGRAFÍA

- En busca de la perfección: simetría en la naturaleza. <http://inecol.mx/inecol/index.php/es/2017-06-26-16-35-48/17-ciencia-hoy/1293-en-busca-de-la-perfeccion-simetria-en-la-naturaleza>.
- Franco-Rodríguez, F. C.; González-Morales, H.; Heredia-Barbero, A.; Montoya, L.; Reyes-Medina, Y. Quiralidad en las ciencias naturales: un acercamiento a distintas escalas. *La Granja* 2023, 37 (1), 8–22. <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.01>.
- Quiralidad – Academia de Ciencias de la Región de Murcia. <https://www.um.es/acc/quiralidad/>.
- Rosas, H. I. C.; Terán, M. E. N.; Cruz, J. M.; Buhse, T. Quiralidad biológica: la asimetría funcional de la vida. *Inventio* 2022, 18 (45), 1–13. <https://doi.org/10.30973/inventio/2022.18.45/3>.
- Banreti, A.; Bhattacharya, S.; Wien, F.; Matsuo, K.; Réfrégiers, M.; Meindert, C.; Meierhenrich, U.; Hudry, B.; Thompson, D.; Noselli, S. Biological Effects of the Loss of Homochirality in a Multicellular Organism. *Nat. Commun.* 2022, 13 (1), 7059. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-34516-x>.
- Juaristi, E. Izquierda y Derecha En Química: La Quiralidad. *Cienc. - Acad. Mex. Cienc.* 2005, 56 (2), 43–54.
- Carroll, J. D. (2009). A new definition of life. *Chirality*, 21(3), 354–358. <https://doi.org/10.1002/chir.20590>.

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos. Desde la Academia de Ciencias de Morelos externamos nuestra preocupación por el vacío que genera la extinción de la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología dentro del ecosistema de innovación estatal que se debilita sin la participación del Gobierno del Estado.



FIGURA 1. FLOR morada (Imagen de Freepik).

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: editorial@acmor.org.mx