



La Ciencia, desde Morelos para el mundo

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Dr. Edmundo Calva, Dr. Hernán Larralde, Dr. Sergio Cuevas y Dr. Gabriel Iturriaga
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

Cristales, quiralidad y el origen de la asimetría en la naturaleza

Thomas Buhse
 Centro de Investigaciones
 Químicas
 Universidad Autónoma del
 Estado de Morelos
 Miembro de la Academia de
 Ciencias de Morelos, A.C.

Una cuestión fundamental en los estudios del origen de la vida está relacionada con la *quiralidad*. Se dice que dos objetos son quirales si su estructura contiene los mismos elementos pero su disposición espacial es diferente, de tal manera que uno es la imagen en el espejo del otro. Nuestras manos son el ejemplo perfecto de objetos quirales: la mano izquierda

es la imagen en el espejo de la mano derecha y viceversa. A estos objetos que son imágenes al espejo entre sí se les denomina enantiómeros. La quiralidad también es un fenómeno que se presenta a nivel molecular y es posible clasificar a cada par de enantiómeros moleculares como L- ó D- en función de la estructura molecular. De manera sencilla, L- se puede asociar a una orientación espacial izquierda y D- a una orientación derecha. Diferentes formas de clasificar a los enantiómeros han sido desarrolladas, aunque no profundizaremos en este sentido.

Nos dirigiremos hacia una ob-

servación fundamental en las unidades moleculares básicas que componen a los seres vivos. Es bien conocido que las proteínas que consumimos diariamente están formadas de aminoácidos y, por otro lado, que el consumo excesivo de carbohidratos ó azúcares es dañino por los problemas de obesidad y diabetes que puede ocasionar. Sin embargo, casi nadie sabe que los aminoácidos y los carbohidratos son especies químicas quirales y en la naturaleza solo existe un enantiómero de cada uno, es decir L-aminoácidos y D-carbohidratos. Contrariamente, los D-aminoácidos y los L-carbohidratos prácticamente no existen

en nuestro mundo.

Lo anterior indica que la naturaleza ha seleccionado una quiralidad para la vida en nuestro planeta. Sin embargo, el origen de esta quiralidad natural aún se mantiene como uno de los acertijos en el origen de la vida desde el descubrimiento de la quiralidad molecular por Louis Pasteur, hace más de 150 años. Desde entonces se han desarrollado teorías y experimentos para comprender porqué la naturaleza tiene una quiralidad específica. Por ejemplo, durante mucho tiempo se discutió si este fenómeno fue un requisito para la vida o bien una conse-

cuencia de la misma. Ahora se sabe que el primer caso es el correcto, porque un ambiente con una quiralidad ya seleccionada es necesario para la aparición de moléculas complejas como el ADN y ARN, que conforman el material genético de los seres vivos.

¿Cómo ocurrió la selección natural de L-aminoácidos y D-carbohidratos? Buscando mecanismos naturales capaces de seleccionar moléculas en función de su quiralidad y que pudieran ocurrir antes de que la vida apareciera, encontramos que las superficies minerales y los cristales pudieron jugar un papel importante.

**Orgullosos de ser
 morelenses**

Y de ser un **periódico editado e impreso en la entidad**
 por morelenses comprometidos con su tierra y

gracias a usted,
 él único que cuenta con **dos rotativas.**

**Desde hace quince años estamos comprometidos con
 nuestros lectores y con Morelos.**

ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS, A.C.



Un ejemplo prominente de cristales que pueden ser encontrados en nuestro planeta es el cuarzo. Los cristales de cuarzo tienen una morfología enantiomérica aunque las moléculas que lo componen no son quirales. De esta manera, es posible distinguir a simple vista entre dos cristales enantiómeros de cuarzo, ya que estos se asemejan a una hélice que gira a la izquierda o a la derecha de manera similar a la cuerda de un tornillo. Por cierto, ¿has notado que la cuerda de los tornillos se fabrica de tal manera que gira a la derecha? Generalmente a la hélice izquierda se denominan *l*- y a la hélice derecha *d*-. Volviendo a los cristales de cuarzo, se ha demostrado que los cristales *l* adsorben preferentemente en su superficie a moléculas de quiralidad L. Estas moléculas pueden ser de importancia biológica como los aminoácidos y carbohidratos. Una mezcla de aminoácidos que contenga a L y D mostrará una disminución en uno de los enantiómeros debido a su adsorción en el cuarzo. Así, tal vez, pudo ocurrir la adsorción selectiva en la que D-aminoácidos se adsorbieron preferentemente a superficies cristalinas, permitiendo que la vida emergiera en presencia de un exceso de L-aminoácidos. Algo similar ocurriría con los carbohidratos.

De esta manera pudo ocurrir la selección fisicoquímica entre moléculas quirales de relevancia biológica, mucho tiempo antes del inicio de la biología en la tierra. Sin embargo, aún existe un problema fundamental por resolver: las leyes de la simetría en física predicen que el número total de cristales de cuarzo *l* y *d* debe ser exactamente igual. Por ello, al decir que un cristal de cuarzo *l* favorece la selección de D-aminoácidos en una parte del mundo, se debe pensar entonces que este fenómeno debería ser compensado por un cristal *d*, dando preferencia a los L-aminoácidos en alguna otra parte del mundo.

Entonces, la única manera de obtener un mundo enriquecido con moléculas de una quiralidad específica es posible, sólo si hay un exceso de una de las dos morfologías quirales de los cristales. Pero ¿cómo alcanzar esta situación? Esto parece un ejemplo del problema clásico del “huevo y la gallina”.

En 1990, Dilip K. Kondepudi de la Universidad Wake Forest,

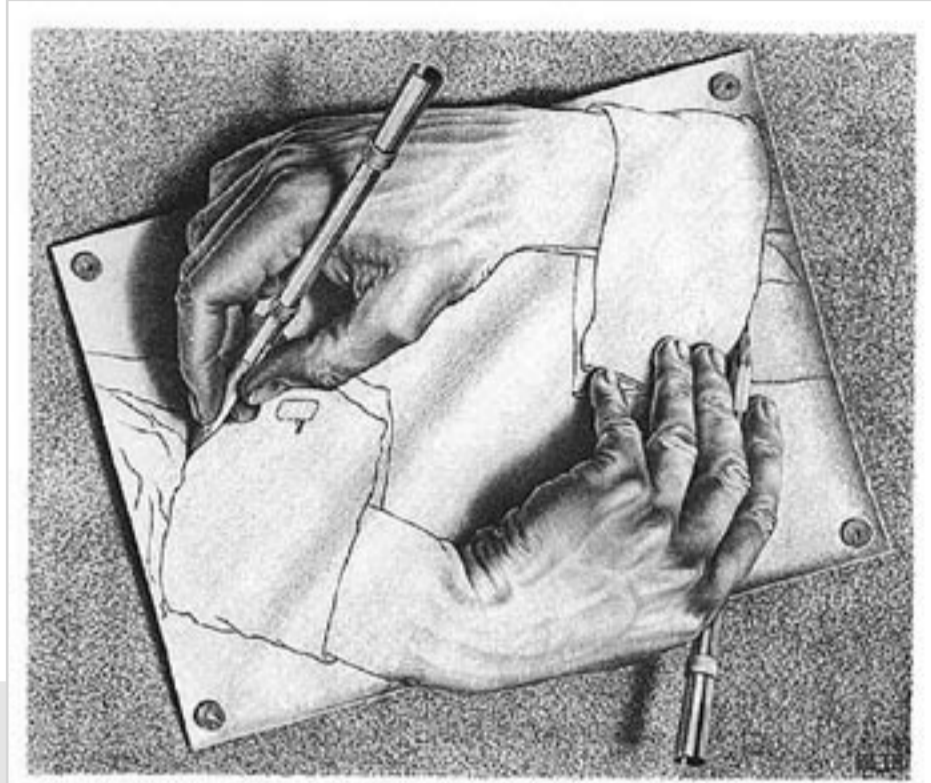
en Carolina del Norte, estudio la cristalización de clorato de sodio NaClO_3 . El clorato de sodio es una sal inorgánica y, de manera similar al cuarzo, la molécula no es quiral pero sus cristales tienen una morfología *l*- ó *d*-. El procedimiento más común de cristalizar es disolver el compuesto hasta lograr una solución saturada, que se mantiene en reposo mientras que el disolvente se evapora lentamente. Cristalizar el clorato de sodio a partir de una solución en reposo produce cantidades iguales de cristales *l* y *d*, manteniendo la simetría. Si la solución saturada se agita durante el periodo de cristalización entonces se forman exclusivamente cristales *l* ó *d*. En cada repetición del proceso se selecciona solo una forma enantiomérica, por tanto ocurre la aparición de sólo un tipo de cristal en un fenómeno llamado “ruptura de la simetría quiral”.

Se ha propuesto que la ruptura de la simetría en la cristalización, bajo agitación, ocurre en dos procesos: 1) la formación de un primer cristal que crece lentamente, llamado cristal madre, y 2) la formación rápida de una multitud de cristales pequeñísimos. Aparentemente la presencia del cristal madre, *l* ó *d*, detona la cristalización rápida de millones de diminutos cristales. Además, el cristal madre imprime su propia morfología quiral en todos los cristales del segundo proceso. La cristalización rápida disminuye la concentración de clorato de sodio disuelto, impidiendo la formación de otros cristales madre.

Dentro del mecanismo antes descrito es importante remarcar que la retroalimentación, proceso por el cual el cristal madre induce la formación de cristales con la misma morfología quiral, y la inhibición, con lo que suprime la formación de nuevos cristales madre, son procesos clave para la ruptura de la simetría quiral.

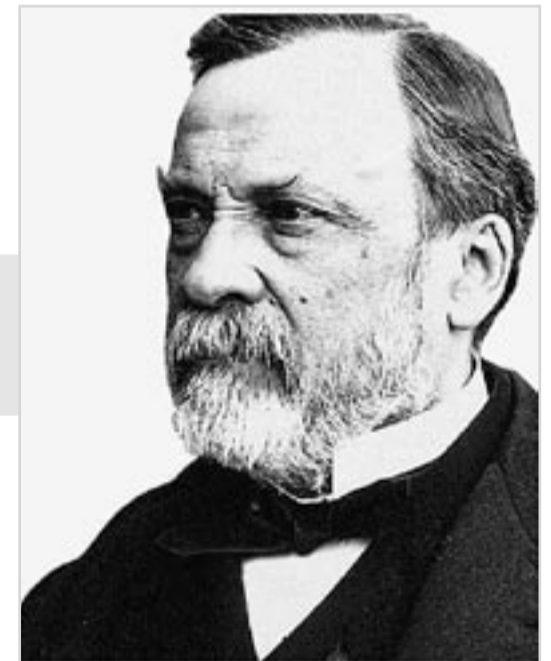
Con este tipo de procesos es posible resolver el problema del “huevo y la gallina” mencionado arriba: cristales de una quiralidad específica son generados por cristalización bajo agitación y pueden -en sus superficies- separar selectivamente moléculas quirales y generar un medio ambiente para la aparición de la vida en la Tierra.

El autor agradece al Dr. Jesús Rivera Islas (CINVESTAV) por su ayuda y sugerencias en la redacción de este artículo.



Nuestras manos (M.C. Escher, 1948) son el ejemplo perfecto de objetos quirales (imágenes en el espejo) pero la quiralidad también es un fenómeno que se presenta a nivel molecular.

“El universo es disimétrico...” (Louis Pasteur, 1858)



Cristales de cuarzo: un cristal “zurdo” es la imagen en el espejo de un cristal “diestro” y viceversa.

