

Recibido: 30.07.2019 | Aceptado: 13.09.2019

Palabras clave: Arcillas, biomoléculas, catálisis, síntesis y superficies.



# Arcillas minerales: ¿el origen de la vida?

PEDRO RANGEL RIVERA  
*p.rangel.rivera@ugtomx.onmicrosoft.com*  
GUSTAVO RANGEL PORRAS  
LUCILA MARTÍNEZ TORRES  
UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

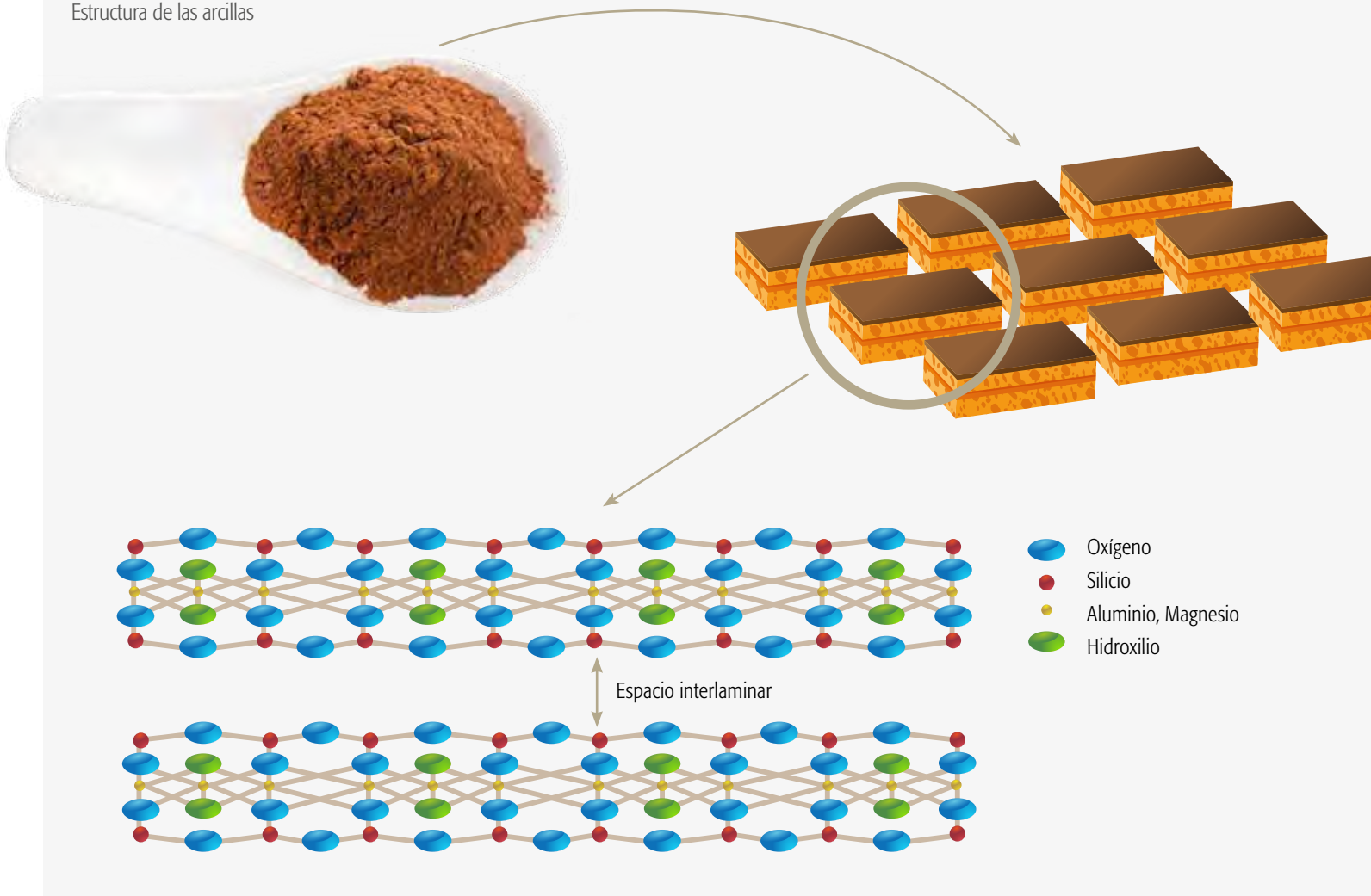
Las arcillas han sido parte inherente de la formación y evolución de la Tierra, pues son constituyentes esenciales de gran parte de los suelos y sedimentos. Para un ceramista, la arcilla es cualquier material natural que, una vez que haya sido combinado con agua, adquiere plasticidad y puede manipularse; para un especialista en mineralogía, es una familia de minerales que presenta determinadas propiedades fisicoquímicas; para un ingeniero de materiales, es una partícula natural extremadamente pequeña, de superficie lisa, que es capaz de formar coloides (formado por un líquido y un sólido donde una parte de éste último se encuentra disuelto). Para un químico, es un compuesto formado por silicio, aluminio y oxígeno —en su mayor parte—, que generalmente se encuentra rodeado de moléculas de agua. En resumen, desde el punto de vista químico y mineralógico, las arcillas minerales tienen propiedades muy especiales que de forma natural vienen determinadas, dadas su particular conformación basada en materiales con una organización química bien estructurada y repetitiva, que son los minerales que conforman el material.

En cuanto a su composición química es común asignar las arcillas a la familia de los filosilicatos (del griego *phylon*, 'hoja'), ya que la mayoría presenta una estructura similar al de las hojas apiladas. Dichas hojas son conformadas por tetraedros de óxidos de silicio (o silicatos) unidos entre sí y por capas de octaedros conformados de aluminio o magnesio rodeados por oxígenos e hidrógenos. Dependiendo de la composición de las hojas, los filosilicatos se clasifican en bilaminares (también conocidas como 1:1 o T:O), compuestos por una capa tetraédrica y una octaédrica y en trilaminares (2:1 o T:O:T), que se componen por dos capas tetraédricas y, entre ellas, una capa octaédrica.

Estas características les confieren ciertas propiedades fisicoquímicas como superficie o área específica alta (que es la suma de todas las superficies que tenga el sólido), capacidad de intercambiar iones (cambiar partículas cargadas dentro y fuera de la arcilla), hidratación y capacidad de hinchamiento notables; plasticidad y adsorción alta y posibilidad de actuar como catalizadores químicos.

También cuentan con un canal flexible, denominado espacio interlaminal (figura 1), el cual puede alojar multitud de moléculas, desde iones hasta fragmentos de ácido desoxirribonucleico (DNA). Por ello, desde Bernal en

Figura 1.  
Estructura de las arcillas



1951 hasta recientemente Bernhardt en 2019, han propuesto que la arcilla pudo haber tenido un papel primordial en la formación de las primeras moléculas constituyentes de los seres vivos: las biomoléculas.

#### Las arcillas y la formación de la vida

Todo ser vivo que habite el planeta Tierra está compuesto de moléculas formadas con carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre, y éstas —unidas entre sí mediante diversos enlaces— forman moléculas más grandes llamadas macromoléculas. Dentro de ellas, las moléculas muy complejas se denominan biomacro-

moléculas y son básicamente proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos y lípidos; las moléculas más pequeñas que las componen se denominan biomoléculas, los cuales se conforman por aminoácidos —monómeros de las proteínas—, nucleótidos —de los ácidos nucleicos— y monosacáridos —de los carbohidratos—.

Desde mediados del siglo XX, la propuesta de algunos grupos científicos (Ponnamperuna, Shimoyama y Friebele, 1982) para responder la milenaria pregunta del origen de la vida en la Tierra, ha sido dirigida a revelar la importancia de las arcillas minerales

en la evolución química de las primeras moléculas hacia las más complejas. Las propuestas iniciales, planteaban que las arcillas presentes en la litósfera (capa sólida superficial de la Tierra) y la hidrósfera (capa acuosa de la Tierra) fueron las primeras en retener moléculas orgánicas sencillas que posteriormente formaron nuevos enlaces químicos y, en consecuencia, produjeron las primeras macrobiomoléculas (Ponnamperuna, Shimoyama y Friebele, 1982). Es decir, las arcillas actuaron como catalizadores —sustancias que afectan la velocidad de una reacción química sin participar en ella— de reacciones conocidas como polimerizaciones —un proceso químico por el cual reactivos llamados monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se unen entre sí para dar lugar a una molécula de peso mucho mayor—.

Siguiendo esta hipótesis, se plantearon por lo menos dos pasos esenciales para que las arcillas pudieran participar en el origen de la evolución química que convirtió moléculas pequeñas en polímeros macromoleculares:

- a) Las moléculas pequeñas, que quizá aparecieron en estado gaseoso en la Tierra, fueron adsorbidas por superficies arcillosas.
- b) Las constantes interacciones entre moléculas y arcillas facilitaron las reacciones de condensación —que existen entre dos moléculas para dar un producto y agua— entre los monómeros y formar las biomacromoléculas. Además, las arcillas pudieron servir de “plantillas” donde se adsorbían moléculas específicas y se replicaban las biomacromoléculas.



Los científicos investigan las arcillas minerales para responder la pregunta sobre el origen de la vida



### Arcillas y la síntesis de las primeras moléculas que conforman la vida en la tierra

El primer planteamiento (Bernal, 1951) después de que se comprobó que pueden formarse enlaces químicos en las arcillas fue determinar qué tipo de biomacromolécula fue sintetizada primero. Ya que la mayoría de las arcillas contienen en su superficie componentes que se clasifican como ácidos (se pensó que lo más plausible serían los aminoácidos. Éstos son moléculas biológicas que contienen como base grupos amino ( $-NH_2$ ) y carboxilo ( $-COOH$ ). Con base en estas suposiciones, en el laboratorio (Rao, Odom y Oró, 1980), se logró sintetizar aminoácidos a partir de moléculas pequeñas, tratando de simular lo mejor posible la atmósfera primitiva con mezclas de gases como monóxido de carbono (CO), hidrógeno molecular ( $H_2$ ), amoníaco ( $NH_3$ ) y metano ( $CH_4$ ), temperaturas altas y, por supuesto, la presencia de diferentes tipos de arcillas. Los resultados obtenidos van desde aminoácidos muy grandes y complejos, hasta aminoácidos pequeños y sencillos.

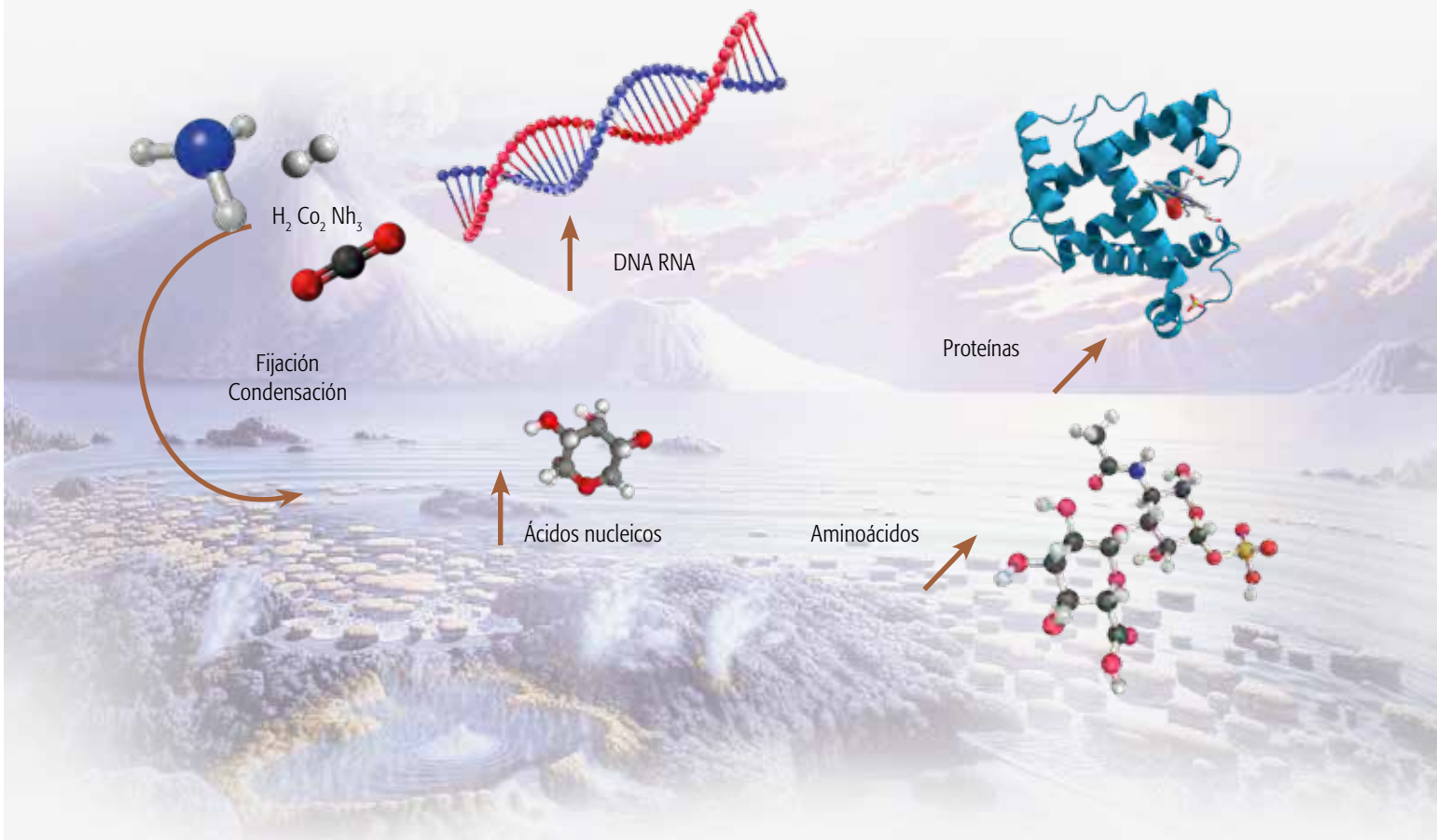
### Formación de las primeras proteínas en arcillas

Una vez que se formaron los primeros aminoácidos, su interacción dio lugar a las proteínas, que son biomacromoléculas formadas por cadenas de aminoácidos y desempeñan un papel fundamental para la vida, ya que permiten a las células regular funciones, controlar daños, defenderse de agentes nocivos, y, en resumen, conservar su integridad como célula. Durante decenas de miles de años, los primeros aminoácidos que se formaron y fijaron sobre las arcillas estuvieron en contacto continuo entre sí, y no fue hasta que —con ayuda de



Figura 2.

Formación de los primeros biomonómeros y primeras biomacromoléculas.



agentes como descargas eléctricas, radiación ultravioleta y temperaturas extremas— produjeron los primeros enlaces peptídicos. Dichos enlaces se forman por la interacción del grupo amino ( $-NH_2$ ) de un aminoácido y el carboxilo ( $-COOH$ ) de otro, que da lugar a un enlace  $CO-NH$  y agua.

El rol de las arcillas fue promover la fijación y formación de los primeros aminoácidos, la inmovilización y la organización de éstos en orientaciones determinadas para que los grupos amino y carboxilo comenzaran a interactuar entre sí, y por último, proteger los productos de la descomposición en el medio ambiente primitivo (Ponnamperuna, Shimoyama y Friebele, 1982).

### La formación de otros biomonómeros y biomacromoléculas primitivas en arcillas

En otra línea evolutiva química, los carbohidratos y ácidos nucleicos juegan un papel primordial para comprender la participación de las arcillas minerales en la formación de la vida terrestre. La combinación adecuada de ácidos nucleicos y los carbohidratos —compuestos formados por carbono, hidrógeno y oxígeno—, dan lugar a la formación de DNA y RNA (ácido ribonucleico), que son polímeros gigantes a nivel molecular y los responsables de la conservación, transmisión y replicación de la información genética de los seres vivos.



**PEDRO  
RANGEL RIVERA**

Es doctor en Química por la División de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Guanajuato. Es profesor asociado en el Departamento de Ingeniería en Minas, Metalurgia y Geología de la División de Ingenierías de la Universidad de Guanajuato. Actualmente realiza una estancia posdoctoral en el Instituto de Catálisis y Petroquímica ICP-CSIC, en Madrid, España.



Experimentalmente (Rao, Odom y Oró, 1980), la presencia de arcillas con compuestos en fase gaseosa como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), bajo calor y radiación ultravioleta (UV) ha podido generar los ácidos nucleicos uracilo y citosina. También se ha presentado la posibilidad de formar carbohidratos en presencia de arcillas minerales como pentosas, triosas o hexosas a partir de una molécula orgánica relativamente sencilla: el formaldehído ( $\text{HCOOH}$ ). La participación más probable de las arcillas minerales en la formación de estos biomonómeros no dista mucho del papel jugado en la formación de los primeros aminoácidos, que fue el de fijar, condensar y direccionar la formación de enlaces entre los átomos.

Los círculos científicos avocados al estudio de la evolución química de las primeras biomacromoléculas postulan que las arcillas tal vez no fungieron como agentes fijadores-condensadores en la polimerización de los ácidos nucleicos y carbohidratos, sino más bien como catalizadores sólidos (Lahav y Chang, 1976). La superficie de las arcillas puede ser compuesta por sitios donde existen estructuras químicas que pueden clasificarse como ácidas, ya sea que tengan hidrógenos (llamados también protones) que puedan ser fáciles de retirar y se conocen como sitios de Brønsted. De igual manera, también pueden presentar lugares donde se encuentren electrones libres, que generalmente vienen de dos en dos y se les conoce como sitios ácidos de Lewis. Debido a la naturaleza de los enlaces que promueven la formación de ácidos nucleicos, para dar lugar al DNA y RNA, las arcillas minerales promueven la reacción y protegen sus productos.

En resumen, los papeles que hipotéticamente jugaron las arcillas minerales en el origen de la vida fueron facilitar y agilizar la fijación de las primeras moléculas gaseosas, que provenían de la atmósfera primitiva, sobre la superficie terrestre; posteriormente, las constantes interacciones de estas moléculas ya fijadas sobre las arcillas produjeron los primeros enlaces que dieron lugar a los biomonómeros y, subsecuentemente, a las biomacromoléculas —proteínas y cadenas primitivas de DNA y RNA— mediante la polimerización. No se descarta que ciertos tipos de arcillas minerales tuvieran afinidad por algún compuesto en específico y de esta forma funcionaran como “plantillas” de biomacromoléculas (figura 2).

Como conclusión general tenemos que la comprensión del papel que jugaron las arcillas en la evolución química de las biomacromoléculas es de suma importancia, ya que si llegamos a conocer cómo fue que la vida se desarrolló hace millones de años mediante las primeras reacciones de biomoléculas, podremos entender la evolución de los seres vivos en diversas especies, así como atacar y prevenir enfermedades mediante métodos que desarrollen biomacromoléculas, ya sea dentro o fuera del cuerpo humano.

**Referencias bibliográficas:**

- Bernal, J. D. (1951). *The physical basis of life*. Londres: Routledge and Kegan Paul.
- Bernhardt, H. S. (2019). Making Molecules with Clay: Layered Double Hydroxides, Pentopyranose Nucleic Acids and the Origin of Life. *Life*, 9, pp. 19-30.
- Lahav, N. y Chang, S. (1976). The possible role of solid surface area in condensation reactions during chemical evolution: Reevaluation. *Journal of Molecular Evolution*, 8, pp. 357-380.
- Ponnampurna, C., Shimoyama, A., Friebele, E. (1982). Clay and the origin of life. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 12, pp. 9-40.
- Rao, M., Odom, D. G. y Oró, J. (1980). Clays in prebiological chemistry. *Journal of Molecular Evolution*, 15, pp. 317-331.