



## Los fósiles: una ventana a la búsqueda de vida en otros planetas



Los fósiles: una ventana a la búsqueda de vida en otros planetas

Ciencias de la Tierra, Astronomía.

Durante las salidas de campo podemos notar dos cosas: observar un gran número de estrellas durante la noche y apreciar la topografía del lugar. Lo que no se nos ocurre es que ambos contextos están relacionados entre sí. El planeta Tierra es parte de un sistema planetario al que conocemos como sistema solar, que a su vez se encuentra en una galaxia a la que hemos bautizado como Vía Láctea. Nuestra galaxia no está sola. Esta conforma un grupo de galaxias dentro del super cúmulo de galaxias llamado Laniakea [1] que no es más que una parte del Universo observable.

Cada vez que levantamos la mirada al firmamento y observamos las estrellas y galaxias, vemos hacia el pasado. De igual manera ocurre en la Tierra cuando observamos los afloramientos de roca que adornan los paisajes de nuestro planeta, el único donde se tiene certeza de la existencia de vida.

Figura 1. La Vía Láctea vista desde el Gran Cañón, USA. Geología y astronomía en una espectacular imagen. Crédito: Wally Pacholka.

La Tierra en sus orígenes era muy diferente a como lo conocemos en la actualidad. Inicialmente era una masa de roca fundida, inestable y presentaba muy altas temperaturas. Poco a poco fue enfriándose y su estructura interna se fue diferenciando, es decir, los elementos más pesados se fueron agrupando en el centro y los más livianos fueron formando las capas exteriores. Poco a poco la Tierra fue evolucionando hasta generar una incipiente atmósfera rica en CO<sub>2</sub> y grandes masas de agua líquida que darían lugar a los primeros océanos [2]. Fue precisamente en estos primitivos océanos donde la vida comenzó a desarrollarse y evolucionó hasta llegar a la superficie en un proceso evolutivo que tomó lugar durante varios millones de años. Esto lo sabemos gracias al registro fósil, que al igual que la luz proveniente de estrellas y galaxias lejanas, preserva valiosa información que luego es descifrada por paleontólogos y geólogos, permitiendo así develar los misterios guardados en las rocas.

Los fósiles (del latín fossilis: obtenido de la tierra, excavado, desenterrado) son restos de organismos antiguos o evidencia su actividad. Estos restos son preservados, comúnmente, en rocas sedimentarias a través de diferentes procesos de fosilización. En ocasiones, pueden llegar a preservarse en rocas que han sufrido procesos de metamorfismo (sometidas a presión y temperatura), presentando deformación y/o cambios en su composición.

Figura 2. Titanoboa cerrejonensis es la serpiente más grande que haya existido sobre la Tierra, fue hallada en rocas del Paleoceno (58-60 millones de años) en la Formación Cerrejón, Colombia. Es uno de los hallazgos fósiles más importantes del país. Izquierda: una vértebra de Titanoboa cerrejonensis. Derecha: vértebra de una boa constrictora actual. Crédito: tomada de Head et al., 2009 [3].

Los registros de vida más antiguos confirmados hasta ahora corresponden a unas estructuras estratificadas llamadas estromatolitos [4][5], las cuales son construidas por cianobacterias [6], que son un tipo de bacterias que pueden realizar fotosíntesis, siendo los únicos organismos procariotas (sin núcleo celular definido y cuyo material genético está disperso por todo el organismo) capaces de hacerlo. En este proceso absorben grandes cantidades de CO<sub>2</sub> de la atmósfera que es sintetizado, transformado y posteriormente fijado en forma de carbonatos (minerales que contienen el ion carbonato CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>), los cuales se van precipitando a manera de estratos (capas), dando lugar a la formación de los estromatolitos. Estos últimos han hecho parte de la historia la Tierra hasta la actualidad, habitando generalmente ambientes marinos poco profundos, pero también han sido reportados en lagos hipersalinos a grandes alturas en Los Andes [7][8] y en lagos de agua dulce [9], e incluso en lagos que permanecen cubiertos de hielo [10][11].

Figura 3. Estromatolitos actuales en las costas de Australia. Crédito: Gobierno del Oeste de Australia.

En septiembre de 2016 se reportó en la revista Nature un hallazgo del que podría tratarse del registro de vida más antiguo hasta ahora conocido. El descubrimiento se realizó en Isua, al suroeste de Groenlandia en un tipo de rocas sedimentarias calcáreas denominadas dolomitas y cuya edad es de aproximadamente 3700 millones de años. La región de Groenlandia es bien conocida por ser el territorio donde se han encontrado las rocas más antiguas preservadas en el planeta. Estas rocas deformadas y alteradas preservan estructuras que corresponden a estromatolitos fósiles. La presencia de estromatolitos no necesariamente implica un ambiente de aguas poco profundas, sin embargo en el caso de Groenlandia, las estructuras sedimentarias encontradas allí soportan la hipótesis de que en efecto eran organismos adaptados a vivir bajo el océano a profundidades someras [12][13][16].

**Figura 4.** Nuevo hallazgo de estromatolitos en Groenlandia. Crédito: tomada de Nutman et al., 2016 [12].

Hasta hace muy poco tiempo, los estromatolitos fósiles más antiguos de los que se tenía conocimiento (aprox. 3480 millones de años), habían sido encontrados en Australia [4][5]. El nuevo hallazgo de Groenlandia adelanta en unos 220 millones de años la posible aparición de la vida en la Tierra. Este hecho nos lleva a pensar que la vida en nuestro planeta pudo haber aparecido incluso mucho antes, y por tanto, bajo condiciones más "extremas". Para poner en contexto lo que significa este hallazgo en escalas de tiempo cósmico, invitamos al lector a observar el siguiente gráfico que es una línea temporal de los principales eventos que han sucedido en el Universo.

**Figura 5.** Historia del tiempo. Crédito: Sociedad Astronómica del Pacífico.

Es importante resaltar que este registro sería el más antiguo hasta ahora hallado, lo que no significa que estos organismos sean los más antiguos que hayan existido. Debido a la deriva continental producto de la tectónica de placas, existen lugares en el planeta conocidas como zonas de subducción. En estas zonas la corteza oceánica fría de alta densidad se hunde por debajo de otra menos densa, en un proceso global que básicamente recicla la superficie y que a su vez arrastra consigo evidencia fósil preservada en el fondo oceánico. Este reciclaje de corteza sumada a la alta deformación por metamorfismo, hace poco probable encontrar evidencias de vida tan antigua.

Las evidencias (químicas, mineralógicas, sedimentológicas, etc) encontradas en este estudio apuntan a que existe una gran probabilidad de que las estructuras halladas en Groenlandia sean en efecto estromatolitos. De ser así, este sería uno de los hallazgos más importantes para la ciencia, no sólo por su antigüedad, sino también por la baja probabilidad de que rocas del Arqueano aún preserven estructuras sedimentarias a pesar de los varios procesos de deformación a los que han sido sometidas (metamorfismo).

El hallazgo de estromatolitos de aproximadamente 3700 millones de años en las dolomitas de Groenlandia indica que cerca al inicio del registro sedimentario preservado, el CO<sub>2</sub> atmosférico ya estaba siendo atrapado por actividad biológica. Las características y complejidad de estos estromatolitos apuntan a que en el Arqueano ya existía cierta sofisticación en los sistemas de vida similar a aquella observada en los estromatolitos de Australia (mucho más jóvenes). Esto implica que para ese momento la vida ya llevaba un tiempo considerable sobre el planeta, aportando evidencia sólida a estudios moleculares que previamente han sugerido que el origen de la vida comenzó más temprano de lo que se pensaba.

Esta hipótesis de un origen mucho más temprano de la vida en la Tierra ha tomado más fuerza gracias al hallazgo realizado en el cinturón rocoso de Nuvvuagittuq en Quebec, Canadá, publicado en Marzo del presente año [14]. Allí se encontró evidencia que podría atribuirse a bacterias fósiles en rocas sedimentarias formadas en ambientes de fondo oceánico asociados a fuentes hidrotermales. Estas rocas podrían tener entre 3770 millones de años y 4280 millones de años, aunque su antigüedad es aún objeto de debate. A pesar de no saber exactamente cuándo o dónde comenzó la vida en la Tierra, esta evidencia podría reforzar aún más la hipótesis que sugiere que los ambientes habitables más antiguos pudieron haber sido fuentes hidrotermales submarinas.

En este punto, el lector puede estar preguntando ¿qué es una fuente hidrotermal y por qué la vida más antigua está asociada a estas fuentes? Pues bien, una fuente hidrotermal submarina es una fisura en la superficie del suelo oceánico de la cual fluye agua caliente. Estos fluidos están compuestos por agua de mar que es conducida dentro del sistema hidrotérmico cercano a una cámara magmática a través de fallas (fracturas en los cuerpos de roca) u otros espacios entre las rocas más agua magmática [15]. Estas fuentes se hallan a grandes profundidades en el mar donde no llega la luz solar, las presiones son extremadamente altas, temperaturas serían muy baja, condiciones perfectas para impedir el crecimiento de cualquier tipo de vida. Sin embargo, las fuentes hidrotermales se caracterizan por ser una fuente de energía y nutrientes (minerales) perfecta para sostener un ecosistema en el que habita una gran variedad de especies, que debido a su adaptabilidad para sobrevivir en este medio, lucen tan extrañas que parecerían venidas de otro planeta.

Figura 6. Fuente hidrotermal localizada a 1500 metros de profundidad. Crédito: Universidad de Bremen

El cinturón de Nuvvuagittuq representa un fragmento de la corteza oceánica primitiva de la Tierra. Está compuesto predominantemente por rocas basálticas con estructuras de lavas almohadilladas (típicas de un ambiente submarino) y rocas sedimentarias químicas que incluyen depósitos de hierro, jaspe (rocas compuestas por sílice, hematita y magnetita) y de hierro con carbonato. Aunque su edad exacta es debatida, estos depósitos de hierro serían de los más antiguos (si no el más antiguo) encontrados en la Tierra. Estos depósitos presentan características químicas consistentes con un origen a partir de fluidos hidrotermales asociados a vulcanismo en el fondo oceánico. La presencia de cristales bien preservados de un mineral llamado calcopirita (sulfuro de cobre y hierro), demuestran que no hubo procesos de oxidación en la roca después de su formación.

Los depósitos modernos de hierro y sílice de fuentes hidrotermales alojan comunidades de microorganismos, algunos de los cuales son bacterias oxidantes de hierro que generan estructuras muy particulares en forma de filamentos y tubos. En imágenes especializadas de muestras modernas se observa que estas estructuras (compuestas por oxihidróxido de hierro) son formadas por bacterias; esto quiere decir que su origen es innegablemente biogénico, es decir, por acción biológica. Por lo tanto, la presencia de este tipo de estructuras en jaspes antiguos podría ser tomada como una biofirma (evidencia de vida).

En el jaspe del cinturón de Nuvvuagittuq se encontraron filamentos de hematita de 2-14 micras de diámetro y hasta 500 micras de largo. Los filamentos presentan formas espiraladas, ramificadas y otros forman placas de hematita que van enrollando alrededor de un núcleo. Estos filamentos se asemejan tanto en composición como en forma a aquellos encontrados en jaspes de origen asociados a fuentes hidrotermales del fondo oceánico fanerozoicos (541 millones de años de edad hasta la actualidad). También son similares a aquellos formados por bacterias oxidantes de hierro, en fuentes hidrotermales modernas de bajas temperaturas. También fueron encontrados tubos cilíndricos, cuya composición y forma son consistentes con aquellos hallados en otros jaspes formados en este tipo de ambientes, que ya han sido atribuidos a restos fósiles de bacterias oxidantes.

Figura 7. Tubos de hematita en el jaspe del cinturón rocoso de Nuvvuagittuq, en Quebec, Canadá. Crédito: tomada de Dodd et al., 2017 [14].

No se conoce ningún mecanismo no biológico que permita el crecimiento de tubos y filamentos con estas características tan particulares durante procesos diagenéticos (formación de la roca) o metamórficos (deformación de la roca). Adicionalmente, la presencia de calcopirita nos indica que no existió ningún otro proceso de oxidación posterior a la formación de la roca que hubiese podido influir en la formación de tales estructuras. Por estas razones, existe una alta probabilidad de que realmente se trate de restos fósiles de bacterias.

El descubrimiento de las fuentes hidrotermales en su momento amplió nuestra visión acerca de los ambientes "aptos" para el desarrollo de la vida. Ahora sabemos que la vida puede generarse en ambientes donde nunca antes habíamos imaginado. Esto nos da pie para pensar que si se ha encontrado vida en lugares nunca antes explorados ¿por qué no podría ocurrir algo similar si exploramos otros planetas? De hecho, recientemente se reportó la presencia de

hidrógeno molecular en Encélado, la luna de Saturno, que podría indicar la existencia de procesos hidrotermales [17]. Aunque sería sensato pensar que este tipo de ambientes no existan en la actualidad fuera de la Tierra, eventualmente se podría encontrar algún tipo de evidencia en las rocas que proporcione indicios sobre la posible existencia de vida en el pasado.

Toda esta evidencia fósil podría ayudar a los científicos a explorar la existencia de vida en otros planetas, bien sea ahora o en el pasado. En Marte, por ejemplo, actualmente las bajas temperaturas y la nula precipitación podría ser el ambiente ideal para que algunos microorganismos puedan sobrevivir. Si la vida pudo existir en la Tierra en etapas tempranas de su formación y bajo unas condiciones muy diferentes a las actuales, es posible pensar que también haya podido surgir en Marte, e incluso, que para el momento en que en la Tierra surgió la vida, en Marte ya existiera algún tipo de vida más complejo.

Los diferentes rovers enviados a Marte han comprobado la presencia de rocas sedimentarias, las cuales se forman bajo la presencia de cuerpos de agua como mares, lagos, etc. Aunque nuestro conocimiento es muy limitado en lo que al concepto de vida se refiere, principalmente porque nuestro planeta es el único lugar del universo donde hasta ahora sabemos que existe vida, lo que sí es común encontrar es que la vida está estrechamente relacionada con la presencia de agua líquida. El hecho de haber encontrado rocas sedimentarias en Marte indica que en el pasado existieron cuerpos de agua líquida en su superficie, y por qué no, haber albergado algún tipo de vida. Debido a que la actividad tectónica de Marte se remonta a tiempos muy tempranos [18], esta evidencia de vida en el pasado podría encontrarse bien preservado en forma de registro fósil en las rocas marcianas.

Las rocas guardan importante evidencia acerca de los procesos que han ocurrido en la Tierra durante miles de millones de años. Son como libros que nos cuentan la historia de nuestro planeta. Imaginen cuántas historias más esperan por ser descubiertas en otros planetas. De allí que este tipo de descubrimientos sean tan relevantes no sólo para ahondar en el conocimiento de nuestro planeta, sino de nuestro vecindario cósmico.

#### Referencias:

- [1] Tully, R. B., Courtois, H., Hoffman, Y., & Pomarède, D. 2014. The Laniakea supercluster of galaxies: <http://www.nature.com/nature/journal/v513/n7516/full/nature13674.html> (<http://www.nature.com/nature/journal/v513/n7516/full/nature13674.html>)
- [2] Oparin, A. I. 1953. *The Origin of Life*. Dover Publications, New York.
- [3] Head, J. J., Bloch, J. I., Hastings, A. K., Bourque, J. R., Cadena, E. A., Herrera, F. A., Polly, P. D. & Jaramillo, C. A. 2009. Giant boid snake from the Palaeocene neotropics reveals hotter past equatorial temperatures. *Nature*, 457(7230): 715-717.
- [4] Walter, M. R., Buick, R. & Dunlop, S. R. 1980. Stromatolites 3,400–3,500 Myr old from the North Pole area, Western Australia. *Nature* 284: 443–445.
- [5] Van Kranendonk, M. J., Philippot, P., Lepot, K., Bodorkos, S. & Pirajno, F. 2008. Geological setting of Earth's oldest fossils in the c. 3.5 Ga Dresser Formation, Pilbara craton, Western Australia *Precambrian Research*, 167: 93–124.
- [6] Riding, R. 2007. The term stromatolite: towards an essential definition. *Lethaia* 32(4): 321–330.
- [7] Cabrol, N. A., McKay, C. P., Grin, E. A., Kiss, K. T., Ács, E., Tóth, B., Grigorszky, I., Szabó-Taylor, K., Fike, D. A., Hock, A. N., Demergasso, C., Escudero, L., Galleguillos, P., Grigsby, B. H., Román, J. Z. & Tumbleby, C. 2007. Signatures of habitats and life in Earth's high-altitude lakes: Clues to Noachian aqueous environments on Mars. En M. Chapman (Ed.), *The Geology of Mars: Evidence from Earth-Based Analogs*. Cambridge Planetary Science, pp. 349-370.
- [8] Fleming, E. D., and L. Prufert-Bebout (2010), Characterization of cyanobacterial communities from high-elevation lakes in the Bolivian Andes, *Journal of Geophysical Research*, 115(G00D07): 1-11, doi:10.1029/2008JG000817
- [9] Gischler, E., Gibson, M. A. & Oschmann, W. (2008), Giant Holocene Freshwater Microbialites, Laguna Bacalar, Quintana Roo, Mexico. *Sedimentology*, 55: 1293–1309
- [10] Parker, B., Simmons, G., Love, F., Wharton, R., & Seaburg, K. 1981. Modern Stromatolites in Antarctic Dry Valley Lakes. *BioScience* 31(9): 656-661.

[11] Andersen, D. T., Sumner, D. Y., Hawes, I., Webster-Brown, J. & McKay, C. P. 2011. Discovery of large conical stromatolites in Lake Untersee, Antarctica. *Geobiology* 9: 280–293. doi:10.1111/j.1472-4669.2011.00279.x

[12] Nutman, A. P., Bennett, V. C., Friend, C. R., Van Kranendonk, M. J., & Chivas, A. R., 2016. Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. *Nature* 537(7621): 535-538. doi:10.1038/nature19355.

[13] World's Oldest Fossils Discovered Due to Climate Change: <http://news.nationalgeographic.com/2016/09/worlds-oldest-fossils-stromatolites-discovered-climate-change/> (<http://news.nationalgeographic.com/2016/09/worlds-oldest-fossils-stromatolites-discovered-climate-change/>)

[14] Dodd, M. S., Papineau, D., Grenne, T., Slack, J. F., Rittner, M., Pirajno, F., O'Neil, J., & Little, C. T. 2017. Evidence for early life in Earth's oldest hydrothermal vent precipitates. *Nature* 543(7643): 60-64. doi:10.1038/nature21377

[15] Baker, E. 2017. Exploring the ocean for hydrothermal venting: New techniques, new discoveries, new insights. *Ore Geology Reviews*. In press.

[16] Sylvan, J. B., Toner, B. M., & Edwards, K. J. 2012. Life and Death of Deep-Sea Vents: Bacterial Diversity and Ecosystem Succession on Inactive Hydrothermal Sulfides. *mBio* 3(1): e00279-11. doi:10.1128/mBio.00279-11.

[17] Waite, J. H., Glein, C. R., Perryman, R. S., Teolis, B. D., Magee, B. A., Miller, G., Grimes, J., Perry, M. E., Miller, K. E., Bouquet, A., Lunine, J. I., Brockwell, T., & Bolton, S. J. 2017. Cassini finds molecular hydrogen in the Enceladus plume: Evidence for hydrothermal processes. *Science* 356(6334): 155-159.

[18] Yin, A., 2012 Structural analysis of the Valles Marineris fault zone: Possible evidence for large-scale strike-slip faulting on Mars. *Lithosphere* 4(4): 286-330.

#### Autores

Catalina Suárez (1,2,3,6), David Tovar (4,6) y Camilo Delgado-Correal (5,6).

1. Museo de La Plata, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina.
3. Smithsonian Tropical Research Institute.
4. Department of Earth and Environmental Sciences, University of Minnesota.
5. Università degli Studi di Ferrara, Italia. IRAP.
6. Grupo de Ciencias Planetarias y Astrobiología - GCPA, Universidad Nacional de Colombia.

Ver toda la revista (<https://innovacionciencia.com/revista/92>)

#### Compartir

8

2

#### Sobre nosotros

- ¿Quiénes somos? ([https://innovacionciencia.com/quienes\\_somos](https://innovacionciencia.com/quienes_somos))
- Historia de la revista (<https://innovacionciencia.com/historia>)
- Contáctanos (<https://innovacionciencia.com/contactanos>)