

# La vida ¿se originó en la Tierra?

Maximino Aldana, Germinal Cocho y Gustavo Martínez Mekler

## Aquí mismo

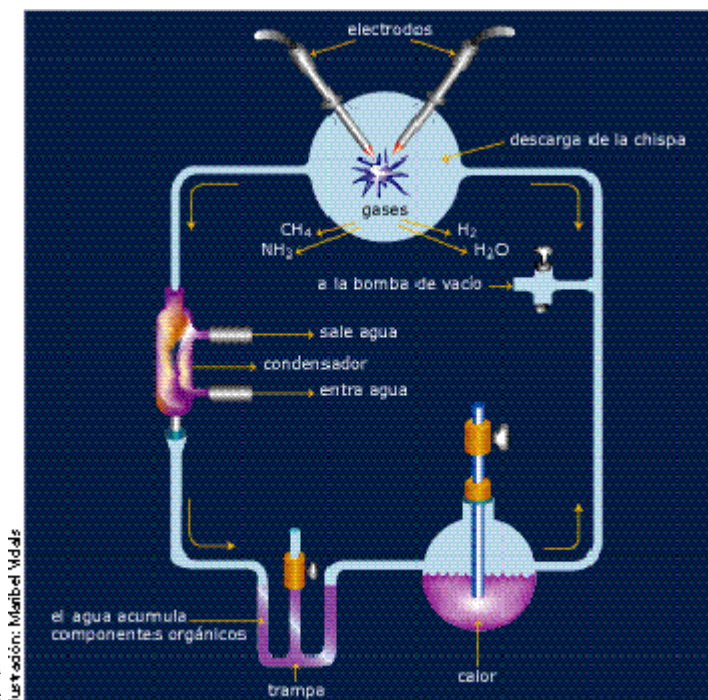
A lo largo de nuestra historia, se han dado múltiples explicaciones al origen de la vida, que varían en cada época y cultura, y van desde lo mitológico hasta lo científico. Sin embargo, aun cuando algunas pueden ser contradictorias, la mayoría tienen un aspecto en común: en general, se asume que la vida se originó en la misma Tierra. Por alguna razón, nos hemos sentido más cómodos suponiendo que nuestros orígenes tuvieron lugar aquí mismo, en nuestra propia casa. Por ejemplo, casi todas las corrientes mitológicas y religiosas asumen que "los cielos" están dominados por los dioses, mientras que la Tierra es el lugar destinado a "los mortales", ya sean plantas, animales o seres humanos, y que tales mortales fuimos "creados" aquí desde el principio.

Esta tendencia de suponer, o mejor dicho, de asumir que la vida en la Tierra se originó aquí no es particular de la religión o la mitología, también ha penetrado en las ideas científicas antiguas y modernas, a tal grado que se le ha dado un nombre: se le conoce como hipótesis endógena. Por ejemplo, en la década de los años treinta, A. I. Oparin en Rusia y J. B. S. Haldane en Inglaterra propusieron, cada uno por su cuenta, un escenario en el que las primeras moléculas orgánicas útiles para la vida se crearon en la superficie de la Tierra a partir de compuestos de carbono y nitrógeno relativamente simples. De acuerdo con el modelo de Oparin y Haldane, estos compuestos orgánicos adquirieron cada vez mayor complejidad, y eventualmente evolucionaron para dar origen a los primeros organismos unicelulares, en los mares primitivos de la Tierra.

## Mensaje en una botella

Años más tarde, las ideas de estos dos investigadores inspiraron a S. L. Miller y H. C. Urey de la Universidad de Chicago, a realizar un experimento en el que simulaban las condiciones primitivas de la Tierra en una botella de vidrio. Miller y Urey depositaron en la botella diversos compuestos simples como amoníaco, hidrógeno, agua y algunos otros, e irradiaron la mezcla con luz ultravioleta y rayos X, los cuales se suponía que existían en la superficie de la Tierra primitiva debido a la ausencia de oxígeno en la atmósfera. El resultado de este experimento fue sorprendente, ya que después de un tiempo se obtuvieron moléculas orgánicas complicadas, como algunos aminoácidos y bases nitrogenadas que son fundamentales para los organismos vivos. De esta manera, Miller y Urey mostraron que era perfectamente posible obtener moléculas orgánicas complejas a partir de compuestos químicos sencillos con relativa facilidad, lo cual representó una especie de confirmación de las ideas de Oparin y Haldane.

Este histórico experimento marcó un hito en el desarrollo de las teorías sobre el origen de la vida, ya que posteriormente muchos otros investigadores realizaron experimentos similares, aunque más sofisticados, para producir moléculas orgánicas más complicadas y en mayores cantidades que las que obtuvieron Miller y Urey, pero siempre con la idea de obtenerlas a partir de compuestos sencillos que se encontraran bajo condiciones físicas y químicas similares a las que prevalecían en la Tierra primitiva. En otras palabras, tanto Oparin y Haldane, como Miller y Urey, y muchos otros investigadores que les siguieron, han asumido que la vida en la Tierra se originó en la misma



Experimento de Stanley Miller, 1950. Descarga de una chispa eléctrica en una mezcla que él pensaba era semejante a la composición primordial de la atmósfera. En un recipiente de agua, diseñado para ser un modelo de un océano antiguo, aparecieron aminoácidos.

Tierra.

Solamente algunos escritores de ciencia ficción, y algunos científicos arriesgados (como Fred Hoyle), habían imaginado que los primeros procesos biológicos que eventualmente condujeron a los seres vivos, pudieron haberse llevado a cabo afuera, es decir, en el espacio exterior. Sin embargo, hasta antes de la década de 1980, estas ideas no habían sido más que especulaciones sin fundamento. Pero en los últimos veinte años se ha acumulado evidencia que sugiere que los primeros procesos que originaron la vida en la Tierra no se dieron aquí mismo, sino que tuvieron lugar fuera de nuestro planeta. Pero antes de que discutamos las razones por las que se cree que la vida pudo haberse originado en el espacio exterior y los aspectos a favor y en contra de esta nueva hipótesis, debemos definir qué entendemos por "origen de la vida".

### La información necesaria

Las unidades básicas de la vida son las células, ya que son los organismos vivos más pequeños a partir de los cuales todos los demás estamos contruidos. Las células están compuestas, a su vez, por diferentes tipos de moléculas, por ejemplo, los azúcares, que conforman la reserva energética, o los ácidos grasos (fosfolípidos) que sirven para construir la membrana celular. Hay dos tipos de moléculas que desempeñan un papel fundamental dentro de la maquinaria celular: las proteínas y los ácidos nucleicos. Las proteínas son los "obreros" celulares, es decir, son las moléculas encargadas de llevar a cabo todas las funciones metabólicas de la célula. Hay proteínas que se encargan de transportar oxígeno, que dirigen la construcción de membranas, que introducen nutrientes a la célula; otras degradan estos nutrientes extrayendo la energía química requerida, y otras más expulsan los desechos fuera de la célula. En fin, las proteínas son las encargadas de realizar, de manera orquestada y organizada, todo el trabajo celular.

Por otro lado, los ácidos nucleicos, el ADN y el ARN, contienen la información genética del metabolismo celular. Es decir, en estas moléculas se almacena la información de todas las proteínas que requiere la célula para subsistir. Cuando decimos, por ejemplo, que el ADN contiene la información del color de los ojos de las personas, a lo que nos referimos es a que en el ADN está contenida la información de las proteínas que le dan el color a los ojos. Esta información se pasa íntegramente de la célula madre a las células hijas en la división celular, lo que hace que se conserven las características genéticas de la especie. Las proteínas son fundamentales para que esto ocurra, ya que participan activamente en la re-plicación de la célula, suministrando, transportando y degradando todos los nutrientes químicos necesarios para la replicación, y acelerando reacciones químicas metabólicas que de otra forma no podrían realizarse.

La interrelación entre ácidos nucleicos y proteínas es muy estrecha y complicada. En el ADN y ARN está la información para construir a las proteínas, y a su vez las proteínas son fundamentales para la conservación y replicación del ADN y del ARN. Al parecer, sin proteínas, los ácidos nucleicos no se pueden construir ni mucho menos replicar y, sin ácidos nucleicos, la célula no cuenta con la información para fabricar las proteínas que necesita para estar viva.

### El meollo de la vida

Bajo esta perspectiva, el problema del origen de la vida consta de dos partes: Primero, ¿de qué manera se originaron moléculas orgánicas complicadas, como las proteínas y los ácidos nucleicos, a partir de compuestos de carbono, nitrógeno e hidrógeno relativamente sencillos? Y, segundo ¿cómo se llegó a esa interrelación tan estrecha entre ácidos nucleicos y proteínas que le permite a la célula subsistir y replicarse?

El meollo del problema del origen de la vida radica en contestar estas dos preguntas. Vemos entonces que no estamos tratando de explicar cómo surgieron seres tan complejos como los dinosaurios o los tigres dientes de sable. Ni siquiera estamos tratando de explicar el origen de las células, las cuales ya de por sí son sistemas muy complejos y organizados, en los que muchas partes están interactuando unas con otras sin que sepamos bien a bien cómo lo hacen.

El origen de la vida tiene que ver con los primeros procesos físicos y químicos que eventualmente condujeron a las células. Estos procesos pueden clasificarse en dos tipos: el primero consiste en los procesos encargados de la formación de moléculas complejas a partir de moléculas sencillas (primera pregunta), y se llaman procesos prebióticos; ya Miller y Urey nos dieron algunas pistas de cómo se llevan a cabo. El segundo tipo de procesos son los que conducen a la interrelación entre proteínas y ácidos nucleicos que le permite a la célula realizar todas sus funciones metabólicas de subsistencia y replicación (segunda pregunta), y se conocen como procesos protobióticos.

Cuando decimos que hay evidencia de que la vida se originó en el espacio exterior, a lo que nos referimos es a que se ha descubierto que tanto los procesos prebióticos como los procesos protobióticos -ocurren en superficies cometarias, en meteoritos y en polvo interestelar. Esta evidencia de ninguna manera significa que existen "marcianos" con inteligencias super desarrolladas, civilizaciones con tecnologías más avanzadas que la nuestra o cosas por el estilo.

### Las primeras pistas

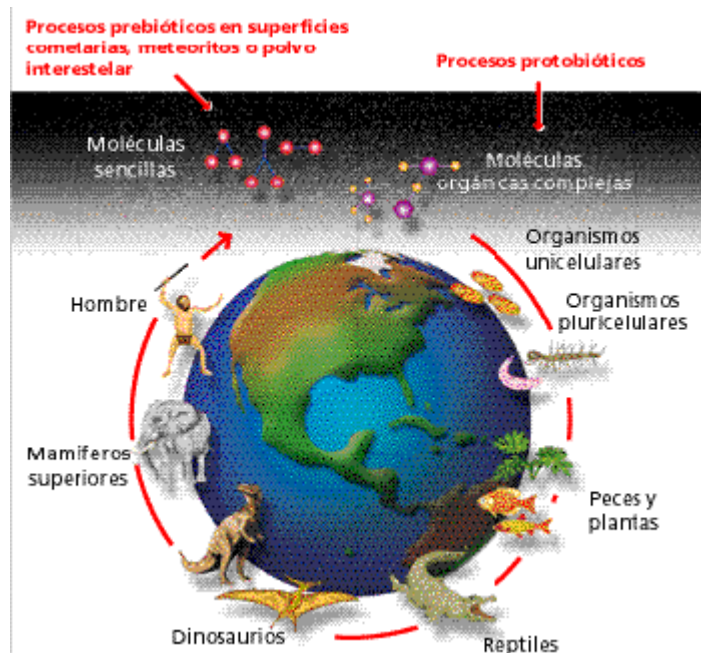
En 1864 cayó un meteorito en el pueblo de Origueil, cerca de Mountauban, Francia. Éste era particularmente extraño por su alta concentración de carbono y arcilla, lo que indujo a los geoquímicos a realizar análisis muy cuidadosos sobre su composición química. En 1963, I. R. Kaplan raspó un poco de polvo de la superficie del meteorito y lo analizó, encontrando una multitud de aminoácidos que, hasta entonces, se consideraban particulares de los organismos vivos (los aminoácidos son las moléculas con las que se construyen las proteínas, y los que encontró Kaplan en el meteorito fueron glicina, alanina, valina, prolina, ácido aspártico y ácido glutámico). De hecho, los encontró incluso en mayores cantidades que las que se obtienen en experimentos de tipo Miller-Urey. Además, encontró dos de las cuatro bases nitrogenadas que conforman al ADN y al ARN (alanina y guanina).



### Hipótesis endógena

Quedaba la posibilidad de que, sobre la superficie de la Tierra y guardado durante muchos años en un museo de París, el meteorito se hubiera contaminado con moléculas orgánicas provenientes de nuestro planeta. Sin embargo, K. A. Kvenvolden, otro geoquímico, realizó análisis fisicoquímicos de las moléculas orgánicas del meteorito, y demostró contundentemente que estas moléculas no

provenían de la Tierra, sino que fueron sintetizadas en el espacio exterior. Lo que Kvenvolden hizo fue tomar dos muestras de aminoácidos, unos provenientes del meteorito y otros de la Tierra, y comparar sus propiedades físicas y químicas: ¡encontró que los aminoácidos del meteorito tenían propiedades físicas muy diferentes de las correspondientes propiedades de los aminoácidos terrestres! Si los aminoácidos del meteorito hubieran sido producto de una "contaminación terrestre", era de esperar que no se encontraran diferencias entre las dos muestras.



Hipótesis extraterrestre

Después de esto, algunos astrónomos y astroquímicos se dedicaron particularmente a la búsqueda de materia orgánica en otras partes del espacio exterior, y encontraron que en las nubes de polvo interestelar y en los cometas también hay concentraciones de materia orgánica, en particular de aminoácidos y de bases nitrogenadas (con las que están hechos el ADN y ARN). Evidentemente, ningún astrónomo o astroquímico viajó a los confines del espacio exterior para tomar muestras de polvo interestelar o de cometas, regresando después a la Tierra para estudiarlas. Lo que hicieron fue analizar la luz proveniente de las estrellas lejanas y de los cometas, utilizando técnicas de análisis muy bien comprendidas y muy precisas, pertenecientes al área de la física denominada espectrometría. Encontraron en dicha luz (más precisamente, en los espectros de absorción y de emisión) la huella inequívoca de la presencia de materia orgánica, en particular, de aminoácidos y bases nitrogenadas.

El punto importante es que quedó demostrado, fuera de toda duda, que en el espacio exterior también existen las condiciones para la formación de moléculas orgánicas que en la Tierra encontramos íntimamente ligadas a la vida. Este hecho, por sí solo, no decía nada sobre el origen de la vida en la Tierra. Es decir, el que haya moléculas orgánicas en el espacio exterior no significa que la vida en la Tierra provenga del espacio exterior. En todo caso, lo único que demuestra es que los procesos prebióticos de síntesis de moléculas orgánicas se pueden dar en otras partes del Universo, tanto en nuestro confortable planeta como fuera de él. Sin embargo, la semilla de la duda estaba sembrada y, ahora sí, con bases muy firmes.

### ¿Qué fue primero?

Conforme las investigaciones continuaron, se presentaron algunos problemas serios con la teoría de Oparin-Haldane y con los experimentos de tipo Miller-Urey, lo que condujo a algunos científicos a pensar que los procesos prebióticos y protobióticos no pudieron llevarse a cabo en la Tierra primitiva. Por un lado, tanto el modelo de Oparin-Haldane como los experimentos de tipo Miller-Urey suponían que el medio ambiente en el cual se llevaban a cabo las reacciones químicas de formación de moléculas orgánicas, era reductor, es decir, con mucho hidrógeno y poco (o casi nada) de oxígeno. Lo anterior obedece a que el oxígeno es un elemento muy reactivo químicamente, reacciona con casi todo lo que le pongan enfrente; en presencia de oxígeno libre las reacciones químicas que forman proteínas y ácidos nucleicos no se pueden llevar a cabo, porque el oxígeno "bloquea" dichas reacciones, impidiendo que se realicen. Así, la atmósfera primitiva de la Tierra debía ser reductora para permitir la formación de las moléculas orgánicas con las que estamos contruidos los seres vivos.

Sin embargo, algunos modelos teóricos recientes de la formación de la Tierra sugieren que, en lugar de reductora, la atmósfera primitiva era medianamente oxidante (con algo de oxígeno). Esto parece estar parcialmente confirmado por observaciones recientes realizadas en yacimientos volcánicos al norte de África que datan de hace más de 4000 millones de años, en los que se ha encontrado abundante "oxígeno prehistórico" (es decir, con composición isotópica muy diferente a la observada actualmente), atrapado en los minerales que conforman dichos yacimientos. Aparentemente, la atmósfera primitiva no albergaba las condiciones reductoras para que se llevara a cabo la formación de moléculas orgánicas complejas y, por lo tanto, para que surgiera la vida.

Por otro lado, seguramente ya habrás observado una dificultad con la interrelación entre proteínas y ácidos nucleicos a la que nos hemos referido antes. Decíamos que sin proteínas no hay ácidos nucleicos, y viceversa, sin ácidos nucleicos no hay proteínas. Entonces, ¿qué fue primero, las proteínas o los ácidos nucleicos? Esta pregunta perturbó durante muchos años a los investigadores del origen de la vida. Al principio se creía que los dos tipos de moléculas evolucionaron juntos, unas dependiendo de las otras. Pero la interrelación entre ácidos nucleicos y proteínas es tan compleja, que parece poco probable (o acaso imposible) que tal evolución simultánea se haya dado. Resulta que en los últimos treinta años, un grupo de investigadores, entre los que destacan T. R. Cech, H. F. Noller y W. Gilbert, han encontrado una respuesta satisfactoria a esta interrogante, guiados por las propuestas de F. Crick, R. Orgel y C. R. Woese. Cech y Noller demostraron experimentalmente que el ARN es una molécula muy versátil, que puede reproducirse a sí misma, que puede autocatalizarse y catalizar otras reacciones químicas con otras moléculas, que puede construir proteínas o degradarlas; es decir, que la molécula sola de ARN puede realizar muchas reacciones metabólicas ¡sin la ayuda de ninguna proteína!

Estos descubrimientos llevaron a Walter Gilbert a proponer "el mundo primitivo de ARN", esto es, un mundo en el cual los principales procesos de síntesis y replicación de moléculas orgánicas estaban basados en la química del ARN. De acuerdo con Gilbert, a este mundo de ARN se le incorporaron después las proteínas, estableciéndose una interrelación cada vez más complicada entre éstas y los ácidos nucleicos. De este modo, el problema de qué fue primero quedaba resuelto: primero fueron los ácidos nucleicos (ARN y ADN) y después fueron las proteínas.

### ¿Y el agua?

Si la hipótesis del mundo primitivo de ARN efectivamente es cierta (y cada vez hay más evidencia a favor de que sí lo es), entonces tenemos otro problema con el origen terrestre de la vida. Lo que ocurre es que el ARN es una molécula en extremo susceptible a la hidrólisis, lo que significa que se descompone en agua con mucha facilidad. De hecho, los investigadores que trabajan con ARN consideran al agua como su enemigo natural y tratan de mantenerla lo más lejos posible de sus experimentos. Por lo tanto, si las primeras moléculas orgánicas de importancia para la vida fueron de ARN, entonces no pudieron haberse formado en la Tierra primitiva, ya que ésta, en sus orígenes, era un planeta rebosante hasta el tope de agua. La idea de Oparin y Haldane, de una Tierra primitiva con sus mares llenos de materia orgánica (la "sopa orgánica" de Oparin), parece entonces ser falsa.

### ¿Y el tiempo?

Existen otros problemas como los anteriores, que surgen cuando suponemos que la vida en la Tierra se originó en la Tierra misma. Las investigaciones recientes -sobre el origen de la vida que tienen que ver con los procesos prebióticos y protobióticos, hacen ver que en la Tierra primitiva no existían las condiciones para que dichos procesos se llevaran a cabo. No tenemos espacio aquí para discutir a fondo todos y cada uno de los problemas con los que se han enfrentado los investigadores. Basta con mencionar, como un último ejemplo, el denominado "problema del tiempo".

Hasta hace no mucho se creía que los primeros organismos vivos (organismos unicelulares como bacterias), aparecieron sobre la Tierra hace apenas 600 millones de años. Esta creencia estaba basada en la edad de los fósiles de bacteria más antiguos que se habían encontrado. Pero en 1992, los paleontólogos encontraron, en Sudáfrica y en el oeste de Australia, en los estromatolitos más antiguos del planeta, fósiles de cianobacterias (organismos unicelulares llamados algas verdes y azules) de aproximadamente 3600 millones de años de antigüedad. Más aún, en Isua, Groenlandia, en rocas volcánicas se encontraron vestigios de actividad biológica, ¡que datan de hace 3900 millones de años!

Por otro lado, sabemos que la edad de la Tierra es de aproximadamente 4500 millones de años. Sin embargo, en sus inicios estaba muy caliente y era un lugar totalmente inhóspito para la vida. De hecho, hay evidencia de que la superficie de la Tierra fue bombardeada por meteoritos y asteroides

durante los primeros 500 millones de años de su existencia. Estos impactos contribuían a mantener la temperatura de la superficie de nuestro planeta lo suficientemente alta como para abortar cualquier intento de formación de moléculas orgánicas (a temperaturas arriba de los 200 °C casi todas las moléculas orgánicas se deshacen). Para que los procesos prebióticos y protobióticos pudieran llevarse a cabo, la superficie de la Tierra debió enfriarse lo suficiente como para no romper, por medio del calor, las moléculas orgánicas que se hubiesen formado. No se sabe exactamente cuando se llegó a una temperatura aceptable, pero sí sabemos que durante sus primeros 500 millones de años la Tierra no contenía ninguna molécula orgánica complicada. Por lo tanto, en nuestro planeta las condiciones para la vida no aparecieron sino hasta hace 4000 millones de años, cuando mucho.

Los datos anteriores nos hacen ver que la vida en la Tierra apenas si tuvo tiempo de crearse, ya que entre que el planeta se enfrió y aparecieron las primeras bacterias, pasaron a lo más 100 millones de años. Esto quiere decir que si los procesos prebióticos y protobióticos se hubiesen llevado a cabo en nuestro planeta, entonces en tan sólo 100 millones de años se pasó de una "sopa" de compuestos inertes simples, como metano, amoníaco e hidrógeno, a una "sopa" de bacterias auto replicantes, con ácidos nucleicos, proteínas, azúcares, membranas, y todo lo demás, y con un metabolismo extraordinariamente complejo que incluso en la actualidad no entendemos del todo. Creemos que 100 millones de años es muy poco tiempo para que se formaran organismos vivos, aunque fueran unicelulares, a partir de compuestos químicos simples (tan sólo los dinosaurios dominaron la Tierra durante 180 millones de años, más o menos). Nadie duda que se haya dado esta evolución que condujo a la vida; lo que se duda es que haya ocurrido en tan poco tiempo.

### ¿Casualidad, accidente u origen extraterrestre?

Las consideraciones precedentes hacen ver al origen de la vida en la Tierra más como una casualidad que como una consecuencia de la interacción y organización de la materia orgánica, ya que para que los procesos prebióticos y protobióticos se llevaran a cabo en la Tierra primitiva, se requeriría de condiciones físicas y químicas muy improbables: una (auto) organización muy rápida de la materia orgánica; un ambiente químico reductor; temperaturas muy bajas; ausencia de agua, etc. Algunos autores han sugerido que tales condiciones pudieron haberse dado por "accidente" hace 4000 millones de años en algún nicho escondido de la Tierra, tal como una burbuja atmosférica atrapada en algún yacimiento mineral submarino, o cosas por el estilo. Sin embargo, otros científicos consideran que la vida es mucho más que un mero "accidente".

Pero entonces, ¿cuál es la alternativa? Si los procesos prebióticos y protobióticos no se pudieron dar en nuestro joven planeta, ¿qué otro lugar queda? La respuesta salta a la vista inmediatamente: el espacio exterior. Ya hemos visto que hay evidencia contundente de que en el espacio exterior (cometas, meteoritos, polvo interestelar) se forman algunas de las moléculas orgánicas indispensables para los seres vivos. Pero, además, el llevar el origen de la vida fuera de la Tierra, hacia el espacio exterior, resuelve también algunos de los problemas que se presentan cuando suponemos que la vida se originó aquí mismo:

- o En el espacio exterior el oxígeno libre existe en cantidades muy pequeñas, mientras que el hidrógeno es el elemento más abundante. Por lo tanto, las condiciones reductoras requeridas para la formación de proteínas y ácidos nucleicos sí se dan "allá afuera".
- o En el espacio exterior no abunda el agua, y la poca que hay está congelada, por lo que el mundo del ARN que propuso W. Gilbert sí puede existir fuera de la Tierra.
- o En el espacio exterior la temperatura es muy baja (entre -260 y -270° C), por lo que las moléculas orgánicas pueden formarse sin ningún problema.
- o Los materiales arcillosos con los que están hechos los cometas sirven como catalizadores (aceleran reacciones químicas) para la formación de proteínas y ácidos nucleicos.
- o En el espacio exterior se tiene muchísimo tiempo para que se lleven a cabo los procesos prebióticos y protobióticos, y no sólo los 100 millones de años (o tal vez menos) disponibles en la Tierra. En el espacio exterior disponemos de 10 mil millones de años para la realización de estos procesos, que era la edad del Universo cuando la Tierra se formó.

Vemos entonces que la hipótesis del origen extraterrestre de la vida no sólo cuenta con evidencia experimental, sino que además resuelve algunos de los problemas con los que se habían estado enfrentando los científicos sin tener éxito. Queremos insistir en que no estamos hablando de marcianos o de seres de otros mundos. Ni siquiera queremos dar a entender que del espacio exterior hayan caído bacterias o virus a nuestro planeta. Simplemente sabemos que, con alta probabilidad,

los procesos prebióticos y protobióticos también ocurren en el espacio exterior, mientras que en la Tierra primitiva la ocurrencia de dichos procesos presenta serias dificultades.

Por otra parte, se tienen indicios de que quizá la vida existe o existió en el espacio exterior. En 1996, D. S. McKay y su grupo de la NASA estudiaron un meteorito que cayó de Marte en la Antártida hace 13 mil años y encontraron estructuras carbonatadas de forma globular que podrían ser fósiles de bacteria, de más de 3600 millones de años de antigüedad. Estas estructuras son similares a las que se encontraron en los estromatolitos de Australia.

Si los glóbulos carbonatados del meteorito efectivamente resultaran ser fósiles de bacteria, es claro que tales bacterias no provendrían de la Tierra. Por lo tanto, no sólo habría evidencia de que los procesos prebióticos y protobióticos se dan en el espacio exterior, sino también de que la vida misma puede surgir fuera de nuestro planeta. Hay que señalar, sin embargo, que existen serias dudas sobre la naturaleza de las estructuras globulares y para despejarlas posiblemente tengamos que esperar hasta el 2008; para entonces, una sonda robot, que la NASA contempla lanzar en el 2005, traerá a la Tierra muestras de la superficie de Marte.

### No todo está resuelto

Aún cuando el escenario extraterrestre del origen de la vida presenta ciertas ventajas respecto del escenario terrestre, no es definitivo. Quedan todavía bastantes problemas que resolver y existe mucha controversia en la comunidad científica al respecto. Por ejemplo, no se sabe de qué manera la materia orgánica en los meteoritos, cometas o polvo interestelar, bajó a la Tierra sin destruirse, y cómo fue que los procesos prebióticos y protobióticos que albergaban los meteoritos, cometas o asteroides proliferaron por toda la superficie de la Tierra dando lugar a la vida que ahora conocemos. Otro problema radica en que en el espacio exterior no se han encontrado todos los tipos de moléculas que utilizan los seres vivos en la Tierra, así que se tendrá que investigar cómo, a partir de las moléculas extraterrestres que se conocen, se originaron o se incorporaron todas las demás que nosotros utilizamos. El origen de la vida no está resuelto, ni con el escenario terrestre ni con el extraterrestre, y hace falta mucho trabajo todavía para llegar a la respuesta definitiva. Como te puedes dar cuenta, esto no es algo que pueda solucionar una sola persona, o un solo grupo de personas. En este tema han participado químicos, físicos, biólogos, astrónomos y geoquímicos, entre otros científicos de todo el mundo. Probablemente, a lo más que lleguemos sea a proponer modelos plausibles de cómo se originó la vida que después proliferó por toda la Tierra, sin que seamos capaces de saber, a ciencia cierta, qué fue lo que pasó realmente hace 4000 millones de años en nuestro joven y primitivo planeta. Sin embargo, de las investigaciones actuales una cosa nos ha quedado clara, y es que la hipótesis endógena no es la única alternativa posible, sino que, con alta probabilidad, la vida también se puede originar en otros lugares.

---

Maximino Aldana González estudió el doctorado en física en la UNAM, asociado al Centro en Ciencias Físicas y al Instituto de Física de la UNAM. Actualmente se dedica a la investigación de los sistemas complejos en biología.

Germinal Cocho Gil es médico y físico egresado de la UNAM con doctorado en física de la Universidad de Princeton. Es investigador del Instituto de Física de la UNAM. Promotor del estudio de los sistemas complejos en México, se dedica fundamentalmente al desarrollo de la biología teórica, en particular el origen de la vida y la dinámica inmunológica.

Gustavo Martínez Mekler, físico de la UNAM, con maestría en matemáticas de la Universidad de Warwick y doctorado en física de la Universidad de Manchester, es investigador del Centro de Ciencias Físicas de la UNAM en Cuernavaca. Su área de trabajo se relaciona con los sistemas no lineales, la física estadística y complejidad, con un enfoque interdisciplinario entre física, biología y matemáticas.

---