

# La vida en el Universo

Antonio Lazcano Araujo

## La exobiología

La posibilidad de que exista vida extraterrestre ha inquietado a los hombres de ciencia y a los filósofos desde tiempos muy antiguos. En el siglo XVI, Giordano Bruno escribió una obra en la que afirmó que las estrellas no eran sino otros soles, en torno a los cuales también giraban planetas donde existían múltiples formas de vida. Las ideas de Bruno, demasiado avanzadas para su época, lo habrían de conducir a la muerte. Víctima de la intolerancia religiosa y de la superchería eclesiástica, en 1600 es llevado a la hoguera de la Inquisición en Roma.

Poco a poco se fueron extendiendo entre los hombres de ciencia concepciones similares a las de Bruno; Kepler, Newton y muchos otros más estaban seguros de que existía vida en otros planetas. En la mayoría de los casos, sin embargo, estas ideas no eran sino especulaciones que carecían de una base científica que pudiera resistir sólidamente una crítica cuidadosa.

La teoría de la panspermia de Arrhenius, por ejemplo, tiene implícita la noción de vida extraterrestre. Sin embargo, no fue sino hasta la formulación de la teoría de Oparin-Haldane, que explica satisfactoriamente el origen de los seres vivos en la Tierra, cuando los hombres de ciencia contaron con un marco de referencia adecuado que permitió fundamentar científicamente la posibilidad de que en otras partes del Universo se originasen y desarrollaran otras formas de vida.

El estudio científico de las posibilidades de la vida extraterrestre ha dado origen a la *exobiología*, disciplina que se apoya a su vez en los descubrimientos teóricos y observacionales de la astronomía, que han ido demostrando poco a poco que la formación de planetas y de estrellas similares al Sol es un evento relativamente frecuente en la galaxia; asimismo, el análisis de los meteoritos condriticos y la observación del medio interestelar han demostrado que los compuestos orgánicos que determinaron la aparición de la vida en la Tierra son extraordinariamente abundantes en el Universo y constituyen un ejemplo espectacular de la evolución química de la materia.

Por otra parte, el desarrollo de la exploración espacial nos ha permitido, por primera vez en la historia, tener acceso a otros cuerpos del Sistema Solar, así como examinar en forma directa las condiciones existentes en otros planetas.

El análisis de las muestras lunares fue en cierto sentido decepcionante; la Luna ha resultado ser un cuerpo prácticamente carente de atmósfera, en la cual la vida nunca se desarrolló y donde incluso no es posible encontrar moléculas orgánicas, como aminoácidos. La ausencia de estas moléculas en la superficie lunar se debe, sin duda alguna, al constante bombardeo que sufre por parte del viento solar, particularmente por protones que chocan contra la superficie a grandes velocidades.

Mercurio, el planeta más cercano al Sol, es aparentemente también un lugar poco adecuado para el origen y desarrollo de seres vivos. Posee una atmósfera de densidad bajísima, y las altas temperaturas que tiene en su superficie impiden que el agua se encuentre en estado líquido. En estas condiciones es razonable suponer que es un planeta estéril, al igual que la Luna.

## Venus y Marte

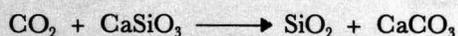
De todos los planetas que existen en el Sistema Solar, el más parecido a la Tierra es Venus. Los tamaños, las masas y las densidades de ambos planetas son muy similares; además, se encuentran situados a distancias del Sol que de alguna manera son comparables.

Esta similitud de características llevó a algunos científicos a suponer que en la superficie de Venus podrían existir organismos; sin embargo, la gran cantidad de nubes que existen en su atmósfera impedía el examen de su superficie y esta cuestión permaneció abierta durante mucho tiempo, hasta que descendieron en Venus satélites espaciales enviados por Estados Unidos y la URSS.

Los satélites revelaron una serie de datos sorprendentes acerca de las condiciones de la superficie de Venus. En primer lugar, demostraron que la temperatura superficial es de aproximadamente 600° K, con lo cual se confirmaron las observaciones que ya habían realizado los radioastrónomos. Por otra parte, se encontró que la presión atmosférica en la superficie de Venus es cerca de 100 veces mayor que la de la Tierra y, finalmente, que la composición química de su atmósfera es radicalmente diferente de la terrestre; el dióxido de carbono constituye entre 90 y 95% de los gases atmosféricos (comparados con solamente alrededor de 0.03% de CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre), además de contener pequeñas cantidades de vapor de agua y algo de ácido sulfúrico.

Una temperatura de 600° K como la que existe en Venus es capaz de fundir el plomo; también es capaz de destruir cualquier sistema celular tal como los conocemos en la Tierra. Aunque se ha sugerido que tal vez en Venus pudiera haber algunas formas de vida en los polos, donde la temperatura es aparentemente menor, o bien adaptada para vivir en las capas superiores de su atmósfera, estas posibilidades son muy discutibles y lo más seguro es que Venus carezca de vida.

No obstante, cabría preguntarse por qué Venus, siendo aparentemente tan parecido a la Tierra, posee una temperatura tal elevada. En realidad, lo que determina la temperatura superficial de los planetas es la cantidad de energía que reciben del Sol. A medida que la superficie de un planeta se ve calentando, reemite al espacio exterior la energía que ha recibido, radiando energía infrarroja. En la Tierra no toda la energía que se recibe del Sol es reemitida, sino que parte de ella es atrapada por el vapor de agua, el dióxido de carbono y el ozono que existen en la atmósfera. A pesar de que estos compuestos existen en cantidades minúsculas en nuestra atmósfera, absorben aproximadamente 90% del calor que es emitido por la superficie de la Tierra, y contribuyen de esta manera a elevar la temperatura del planeta. Este tipo de fenómeno, llamado "efecto invernadero", también existe en Venus. En este planeta, sin embargo, la gran cantidad de dióxido de carbono que existe en su atmósfera, si bien permite la entrada de la radiación solar, impide la salida de longitudes de onda mayores que son reemitidas por la superficie de Venus. De esta manera, la temperatura de Venus se ha ido elevando hasta alcanzar los altos valores que ahora presenta.



En el caso de la Tierra, la mayor parte de CO<sub>2</sub> que alguna vez tuvo en su atmósfera como resultado de procesos de degasamiento geológico, reaccionó con algunos minerales, dando origen a carbonatos que luego se disolvieron en los mares. Esta reacción, sin embargo, es muy sensible a la temperatura y a la distancia a la que se encuentra Venus del Sol, ésta fue desde un principio lo suficientemente alta para impedir que la formación de carbonatos se llevase a cabo, lo cual permitió la acumulación progresiva de dióxido de carbono en su atmósfera.

Marte, en cambio, es un planeta que se encuentra más lejano del Sol que la Tierra. Si bien su radio tiene un valor cercano a la mitad del valor del radio terrestre, su densidad es aproximadamente la misma que la de nuestro planeta. Por otra parte, Marte presenta una inclinación de 24° de su eje de rotación respecto al plano de su órbita, lo cual provoca la existencia de estaciones anuales.

Durante estas estaciones, es posible percibir cambios en los casquetes polares, que avanzan hacia el ecuador de Marte durante el invierno y retroceden en el verano. Estos casquetes están constituidos de agua, cubierta por una capa de CO<sub>2</sub> sólido. Durante la primavera es posible distinguir cambios en la coloración, que durante algún tiempo se pensó que podían deberse al desarrollo de formas de vegetación y que ahora se sabe son el resultado de cambios químicos en los componentes del suelo marciano.

La atmósfera de Marte es muy tenue; los satélites artificiales que han explorado este planeta revelan que al nivel del suelo su densidad es muy baja, comparada con la terrestre. Entre los gases que la forman se encuentran sobre todo CO<sub>2</sub>, pero también existen pequeñas cantidades de ozono, vapor de agua y nitrógeno, junto con cantidades minúsculas de algunos otros elementos como el argón.

Durante algún tiempo se pensó que la superficie de Marte se encontraba literalmente cubierta por multitud de canales, y no faltó quien atribuyese su supuesta existencia a formas de vida inteligente. Si bien esto resultó falso, las fotografías de Marte tomadas por satélites artificiales que han orbitado a su alrededor han revelado la existencia de lo que parecen ser lechos secos de ríos y arroyos, y que tal vez fueron formados por agua líquida.

¿Existe vida en Marte? Esta es una pregunta que muchos se han formulado repetidamente. Es posible que la respuesta sea afirmativa. Marte es un planeta seco y frío, y ciertamente menos favorable para el desarrollo de la vida que la Tierra misma. Sin embargo, muchos experimentos muestran que diversas formas de vida vegetal como líquenes, musgos y varios tipos de microorganismos, pueden subsistir en condiciones semejantes a las existentes en la superficie de Marte, que son simuladas en el laboratorio.

Por otra parte, aunque la cantidad de radiación ultravioleta y de rayos cósmicos que constantemente llegan a la superficie de Marte es ciertamente letal para las formas de vida terrestre, algunos autores han sugerido que una posible biota marciana hubiera podido desarrollar, en el curso de su evolución, formas de protección similares a las que presentan las cianofíceas, que segregan mucilagos y sales de calcio.

Recientemente se han posado sobre la superficie de Marte dos naves exploradoras norteamericanas, las Viking I y II, dotadas de un instrumental científico que entre otras pruebas ha realizado una serie de experimentos diseñados para la detección de posibles microorganismos marcianos; sin embargo, los resultados obtenidos hasta octubre de 1976 son confusos y no han permitido concluir a los científicos si existe o no vida en Marte.

De existir organismos vivos en Marte, sin duda alguna son el resultado de procesos de evolución que se iniciaron en el pasado de este planeta, cuando los volcanes que presenta en su superficie exhalaban grandes cantidades de gases formando una atmósfera tal vez similar a la atmósfera secundaria de la Tierra, y con condiciones climatológicas comparables a las existentes en la Tierra primitiva. Las formas de vida que entonces hayan podido surgir, se tendrían que haber ido adaptando lentamente, mediante procesos de selección natural, a los cambios que ocurrían en la superficie de Marte.

De demostrarse la existencia de seres vivos en Marte, su conocimiento nos permitirá comprender mejor el surgimiento y la evolución de la vida terrestre. En caso de que la búsqueda de los satélites Viking dé resultados negativos, podremos igualmente obtener provecho de estas investigaciones, al estudiar un planeta que es comparable de alguna manera a la Tierra misma, y en cuya evolución los seres vivos no jugaron ningún papel. La comprensión de este proceso nos per-

*La perra-diosa,  
la hembra eterna que lleva  
en su ajetreado lomo las galaxias, el peso  
del Universo que se expande sin tregua.*

*Por un segundo ella es el centro de todo.  
Es la materia que no cesa. Es el templo  
de este placer sin posesión ni mañana  
que durará mientras subsista este punto,  
esta molécula de esplendor y miseria,  
átomo errante  
que llamamos la Tierra.*

*José Emilio Pacheco*



mitirá, sin duda, entender mejor la dinámica de los cambios que sufre la Tierra.

### *Los planetas exteriores*

Más allá de la órbita de Marte se encuentran, en el Sistema Solar, muchos otros cuerpos de interés para comprender los procesos de origen de la vida en la Tierra, y de posibles implicaciones exobiológicas; sin embargo, las temperaturas de esta parte del sistema planetario son aparentemente demasiado bajas para permitir la aparición y el desarrollo de organismos vivos.

A pesar de las bajas temperaturas, algunos cuerpos como Júpiter y Titán (una de las lunas de Saturno), pueden ser el sitio donde estén ocurriendo procesos de evolución química similares a los que precedieron el origen de la vida en la Tierra. Júpiter es el más masivo de todos los planetas del Sistema Solar, y aunque un análisis somero podría suprimirlo como un sitio de interés desde un punto de vista exobiológico, debido al alto valor de su gravedad y a sus bajas temperaturas, su atmósfera está compuesta de metano, amoníaco, hidrógeno y agua, lo cual la hace comparable a la atmósfera secundaria que alguna vez poseyó la Tierra.

Las atmósferas de los planetas exteriores, en particular la de Júpiter, probablemente están compuestas por los gases que formaron parte de la nebulosa solar. A pesar de que las capas exteriores de la atmósfera de Júpiter seguramente están constituidas por una gran cantidad de hielos de amoníaco y otros compuestos, existe también un efecto de invernadero que eleva las temperaturas de las capas inferiores.

Ponnamperuma y sus colaboradores han realizado una serie de experimentos con los cuales han intentado simular en el laboratorio las condiciones físicas y químicas de Júpiter. Al aplicar descargas eléctricas a mezclas de gases cuya composición química es similar a la de Júpiter, han logrado sintetizar una serie de sustancias que son precursoras importantes de otras como los aminoácidos. Entre las moléculas que lograron sintetizar se encuentran el ácido cianhídrico, el acetileno y varios nitrilos, incluyendo gliconitrilo y propionitrilo. El gliconitrilo es a su vez precursor de la glicina, el más sencillo de todos los aminoácidos. Junto con estas sustancias se formaron también polinitrilos cuya coloración es muy similar a la que presentan la mancha roja de Júpiter y otras estructuras de su atmósfera, al igual que las reportadas para las atmósferas de Saturno y Titán.

Estos experimentos demuestran aparentemente que los planetas exteriores, y en especial Júpiter, pueden ser gigantescos reservorios de material orgánico de origen abiótico. Algunos científicos han sugerido que en las condiciones que existen en las capas internas de Júpiter podrían subsistir formas de vida adaptadas a las condiciones que allí se dan; sin embargo esta posibilidad parece ser bastante reducida. En todo caso, los experimentos de Ponnamperuma demuestran que el material orgánico necesario para la aparición de la vida en la Tierra se encuentra distribuido en los más variados ambientes de nuestro Universo, y que en condiciones adecuadas tal vez puede participar de un proceso de evolución que conduzca a la aparición de la vida.



*Nada que dure demasiado es agradable, ni siquiera la vida.*

*Vauvenargues, Reflexiones*

### *¿Bioquímicas exóticas?*

A pesar de la extraordinaria diversidad que es posible observar en el mundo vivo, existe una unidad bioquímica fundamental entre todos los organismos terrestres, que dependen, entre otros factores, de las propiedades químicas del carbón y de la utilización del agua como un solvente. Sin embargo, algunos autores han sugerido que en otras partes del Universo pudieran existir formas de vida con químicas totalmente diferentes de las de la vida terrestre, lo cual les permitiría soportar condiciones ambientales en las que la vida, tal como la conocemos, no se podría ni siquiera originar; una posibilidad que a veces se menciona, por ejemplo, es la de organismos que utilizarían como solvente el amoníaco, que tiene un punto de congelación más bajo que el del agua y que por tanto podría permanecer en estado líquido en planetas donde el agua sería un sólido; o bien, por el contrario, formas de vida basadas en el silicio o el azufre, que podrían resistir temperaturas mucho más altas que las que pueden soportar, sin carbonizarse, los organismos terrestres.

A pesar de lo interesante que son estas posibilidades, es poco probable que existan organismos con bioquímicas basadas en otros elementos diferentes al carbón. Al examinar las características de los elementos químicos que componen a los seres vivos, George Wald ha concluido no solamente que se cuentan entre los elementos más abundantes en el Universo, sino que además poseen una serie de propiedades que los vuelven particularmente "aptos" para incorporarse a las bio-

moléculas. En general, los *bioelementos* son los de menor número atómico en la Tabla Periódica, y pueden adquirir una configuración electrónica estable con la adición de solamente uno, dos, tres o hasta cuatro electrones. Más aún, pueden formar enlaces estables y múltiples. Estos últimos son particularmente importantes desde un punto de vista biológico, ya que dan al elemento gran flexibilidad y versatilidad para poder combinarse con otros átomos.

Cuando comparamos el átomo de carbón con el de silicio, podemos advertir que a pesar de que este último elemento es aproximadamente 146 veces más abundante en la corteza terrestre, y de que al igual que el carbón puede formar cuatro enlaces covalentes, la energía de enlace entre dos átomos de carbón (C-C) es casi la doble de la correspondencia para dos átomos de silicio (Si-Si), lo cual aparentemente da una cierta ventaja al carbón sobre el silicio. Por otra parte, el carbón se puede unir al oxígeno y formar dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que se disuelve en el agua, en tanto que el compuesto equivalente del silicio, el  $\text{SiO}_2$ , forma largas cadenas que constituyen al cuarzo. En tanto que el átomo de carbón se puede unir a otros átomos iguales y formar largas cadenas o bien compuestos cíclicos estables, los enlaces de Si-Si son inestables en presencia del agua, del amoníaco o del oxígeno.

Bernard y Alberte Pullman han señalado otra propiedad de los compuestos de carbón que tiene una gran relevancia: muchas de las moléculas que forman a los seres vivos exhiben una propiedad conocida como *deslocalización electrónica*; es decir, en las biomoléculas los electrones no están rígidamente reducidos a cierta configuración geométrica, sino que, como podemos observar en los ácidos nucleicos, en las proteínas, enzimas y fosfatos, los electrones se encuentran formando una nube difusa alrededor del esqueleto de carbón del compuesto. Esta propiedad, de acuerdo con los trabajos de los Pullman, permite que las moléculas puedan resonar entre formas diferentes, y en última instancia se traduce en una mayor estabilidad del compuesto.

Todas estas propiedades de los compuestos orgánicos sin duda alguna fueron determinantes en los procesos biopoyéticos en la Tierra, y nos dan un marco de referencia para especular sobre otras bioquímicas posibles en el Universo, que después de todo es bastante probable que sean básicamente similares a la de los organismos terrestres.

### *¿Otros sistemas planetarios?*

Si bien durante mucho tiempo se pensó que la formación del Sistema Solar había sido el resultado de algún evento relativamente poco frecuente en la galaxia, como el choque de dos estrellas, hoy en cambio los astrónomos se inclinan a creer que el origen de los sistemas planetarios como el nuestro puede ser un proceso común en la evolución de las nubes densas del material interestelar.

¿Cuántos sistemas planetarios existen en la Vía Láctea? Esta es en realidad una pregunta difícil de responder; a diferencia de las estrellas, que emiten luz, los planetas únicamente reflejan la que reciben del Sol. Esto se traduce en dificultades casi insuperables para poder observar directamente planetas asociados a otras estrellas, aunque sí los podemos detectar in-



directamente a partir de perturbaciones gravitacionales en el movimiento de las estrellas alrededor de las cuales girasen. En la vecindad del Sol existen varias estrellas que parecen tener asociados compañeros oscuros cuyas masas son comparables a las masas de Júpiter y Saturno, y quizá podrían existir otros cuerpos de dimensiones comparables a las de nuestro planeta.

Un gran número de estrellas de la galaxia se encuentra formando los llamados sistemas múltiples, en donde de existir planetas difícilmente se podrían desarrollar sistemas biológicos. Un planeta asociado a un sistema múltiple tendría seguramente órbitas muy complejas que lo alejarían o lo acercarían demasiado a las estrellas, lo cual provocaría grandes variaciones en su temperatura, que impedirían la aparición y desarrollo de la vida.

Las estrellas muy masivas aparentemente no tienen planetas asociados, cuya presencia es posible deducir indirectamente por la velocidad con que giran las estrellas. En el caso del Sol, éste gira lentamente, en tanto que los planetas poseen la mayor parte del momento angular total del Sistema Solar; por otra parte, los tiempos de evolución de las estrellas muy masivas son relativamente cortos, ya que rápidamente transforman su hidrógeno en helio, lo cual impide el surgimiento de seres vivos al sufrir la estrella una serie de cambios

*Me fui al bosque porque deseaba vivir deliberadamente, afrontar solo los hechos esenciales de la vida, y ver si podía aprender lo que ella podía enseñarme, y así no descubrir, en el instante de mi muerte, que no había vivido.*

Henry Thoreau, Walden

violentos durante su evolución. Las estrellas poco masivas, en cambio, emiten tan poca energía que los planetas asociados a ellas difícilmente podrían disponer de la radiación necesaria para la aparición y el desarrollo de la vida.

A pesar de todas estas restricciones, solamente en nuestra galaxia parecen existir aproximadamente  $2.5 \times 10^{11}$  estrellas cuyas características son semejantes al Sol, en torno a las cuales podrían existir planetas donde pudiera originarse la vida.

Este número tan grande de estrellas de tipo solar ha llevado a muchos científicos a preguntarse en cuántos planetas de la galaxia pudo haber surgido la vida y evolucionar hasta la aparición de sociedades cuyo grado de desarrollo fuera comparable o aun mayor que el alcanzado por las sociedades humanas en la Tierra.

¿Existen otras formas de vida inteligente en el Universo? Hoy son muchos los científicos que responden afirmativamente a esta pregunta, y que creen que es válido intentar comunicarnos con ellas. Ciertamente, las distancias que separan a las estrellas entre sí parecen anular toda posibilidad de contacto directo; pero sería posible, en principio, detectar mensajes interestelares enviados en las bandas de radio que pueden captar los radiotelescopios terrestres. Los pocos intentos efectuados hasta ahora han dado resultados negativos, lo cual no es sorprendente.

¿Cómo comunicarse con otras formas de vida inteligente que existan en nuestra galaxia? ¿Hacia dónde escuchar? ¿Cómo reconocer e interpretar un mensaje interestelar que eventualmente llegásemos a captar? En realidad, son preguntas para las cuales pueden existir muchas respuestas. Los mensajes que ya se han enviado de la Tierra hacia el espacio exterior utilizando radiotelescopios fueron diseñados bajo el supuesto de que cualquier civilización extraterrestre con un grado de desarrollo tecnológico les permitiera captarlos e interpretarlos correctamente.

A bordo de dos satélites artificiales enviados a estudiar Júpiter y Saturno, los Pioneer 10 y 11, se colocaron otro tipo de mensajes: dos placas metálicas grabadas en las cuales se da la posición del Sistema Solar en el espacio y en el tiempo, y donde aparecen también una mujer y un hombre desnudos.

Estos dos satélites artificiales son los primeros objetos hechos por el hombre que abandonarán el Sistema Solar para viajar por el espacio interestatal. Durarán seguramente más que el hombre mismo, cientos y quizá hasta miles de millones de años.

¿Alguna vez serán recogidos e interpretados estos mensajes por miembros de alguna comunidad inteligente que exista en otra parte de la galaxia en tiempos aún por venir? No lo sabemos; pero en estas placas va un mensaje que trata de anunciar al Universo entero la existencia de nuestra especie y sus esfuerzos constantes por conocer y transformar la naturaleza. ♦

El doctor Antonio Lazcano Araujo había aceptado participar en esta sección monográfica sobre la vida, escribiendo un artículo especial sobre su origen. Desafortunadamente, una grave enfermedad le impidió hacerlo, pero a cambio nos autorizó a reimprimir este capítulo de su libro *El origen de la vida. Evolución química y evolución biológica*. México, Editorial Trillas, 1977. Hacemos votos por la pronta y completa recuperación de nuestro buen amigo.