

## El universo y la vida

Una sola espiga de trigo en un campo grande sería tan extraña  
como un único mundo en el espacio infinito.

Atribuido a METRODORO DE QUIOS

### Queremos creer

“I want to believe”. Esta es la icónica frase asociada a una de las series sobre extraterrestres más famosas de la historia de la televisión: *Expediente X*. En ella, los agentes Fox Mulder y Dana Scully investigan un conjunto de sucesos paranormales, relacionados con las posibles visitas a nuestro planeta de seres extraterrestres, que el gobierno de Estados Unidos intenta ocultar a la opinión pública. Ese halo de secreto y misterio es uno de los mayores alicientes de gran parte de la ficción construida en torno a la posibilidad de vida extraterrestre, y *Expediente X* no fue una excepción. Por un lado, queremos creer que esa vida existe, no solo para comprender cuál es nuestro lugar en el universo, sino también porque el hecho de que en otros mundos pueda haber seres similares a nosotros nos proporciona cierta ilusión para trascender lo limitado de nuestra existencia. Una ilusión que, sin embargo, no está exenta de temor ante la posible realidad de una civilización más avanzada que la nuestra que tuviera intenciones hostiles.

Un ejemplo de nuestras ganas de creer lo representa todo el imaginario construido en torno al fenómeno ovni

(objeto volador no identificado), sobre todo durante los años cincuenta y sesenta. Sin embargo, la realidad es que, hoy por hoy, el único ejemplo de vida que conocemos es la terrestre. Una vida, además, cuya comprensión se nos escapa en muchos aspectos y que no ha agotado su capacidad para sorprendernos. Todos somos libres de creer o no en seres extra-terrestres, pero las creencias son solo eso, creencias. Para ser consideradas certezas deben ser demostradas y, para ello, no nos queda más remedio que recurrir a la ciencia.

La ciencia que se ocupa del estudio de la vida es la biología. Cuando esta ciencia se aplica a la vida en un sentido amplio, incluyendo sus posibles manifestaciones en otros mundos, surge una nueva disciplina, la astrobiología, que intenta dar respuesta a varias de las grandes preguntas que el ser humano se ha hecho desde que tiene consciencia de su propia existencia: ¿cómo surgió la vida en la Tierra?, ¿cuáles son sus límites?, ¿qué número de planetas existen con capacidad para sostenerla?, ¿puede haber vida que sea diferente de la terrestre? Y, no menos importante, en caso de que encontremos otras vidas en el cosmos, ¿cómo nos relacionaremos con ellas? Las primeras respuestas a estas preguntas surgieron en el seno de las mitologías y las religiones, pero llegó un momento en que eso no fue suficiente y se dio paso a la lógica y la observación racional del mundo. Con el tiempo, los avances en la instrumentación y el desarrollo tecnológico permitieron que se diseñara el método científico, cuya implantación en el siglo XVII dio lugar a la ciencia moderna, la cual, como era de esperar, no ha sido ajena a la gran cuestión de si estamos solos en el universo.

La existencia de vida en otros mundos es una cuestión compleja para la que no existen respuestas simples que puedan ser aportadas por una única rama de la ciencia. En lugar de eso, la astrobiología requiere una aproximación que englobe e integre los conocimientos de diferentes disciplinas, incluyendo algunas que tradicionalmente no se han asociado con

el conocimiento de la vida. Entre ellas se encuentran la física y la química —ya que la vida no puede contradecir sus leyes—, la geología —porque cada entorno planetario tiene sus características peculiares que facilitan o no la existencia de vida—, la astrofísica —que amplía nuestro conocimiento del universo—, las matemáticas —que definen los principios universales de la naturaleza— y, aunque puedan no parecer esenciales en el momento inmediato, la ética y la filosofía que, en caso de encontrar otras vidas, nos ayudarán a relativizar la posición de la nuestra.

A pesar de nuestra insistencia en la búsqueda de respuestas basadas en la ciencia, cuando se habla de vida extraterrestre es importante no olvidarnos de la imaginación. A fin de cuentas, la astrobiología trata de entender algo que, de momento, ni siquiera sabemos si existe y que, en caso de que lo encontremos, puede que nos cueste identificarlo, limitados como estamos por lo que conocemos, la vida terrestre en este caso.

## **El debate sobre la pluralidad de mundos (habitados o no)**

Basta con echar un vistazo a nuestro alrededor para darnos cuenta de que el ser humano no es la única manifestación de la vida y que nuestro planeta no es lo único que existe en el universo. En particular, una simple mirada al cielo nos hace sentir pequeños ante todo lo que parece haber ahí arriba. Si a eso se añaden la gran cantidad de fenómenos que escapaban a la comprensión de los primeros representantes de nuestra especie, no es de extrañar que, desde hace milenios, la fantasía humana haya situado en los cielos a seres dotados de poderes extraordinarios que regían nuestros destinos. En cierto sentido, podría decirse que esos dioses antiguos fueron los primeros extraterrestres. Es muy probable que gran parte de

la fascinación que ejerce sobre nosotros la posibilidad de vida fuera de la Tierra se deba a las mágicas propiedades atribuidas a esos seres fantásticos imaginados por nuestros antepasados. Poco a poco, las fuerzas sobrenaturales atribuidas a los dioses fueron sustituidas por interpretaciones más racionales de lo que sucedía en el universo. Así, ya en la Grecia clásica, se inició un debate sobre la existencia de otros mundos y sus posibles moradores. Desde entonces, ese debate ha mantenido ocupadas algunas de las mentes más prestigiosas de todos los tiempos.

Anaximandro, que vivió en Mileto entre los siglos VII y VI a. C., propuso una idea revolucionaria en su tiempo y es que la Tierra es un cuerpo que flota en un vacío infinito, en el que los conceptos de arriba y abajo o izquierda y derecha solo tienen sentido si hay un observador que proporcione un punto de referencia. Algo más adelante, los filósofos denominados *atomistas*, y cuyos más reconocidos representantes fueron Demócrito y Leucipo (ambos nacidos en el siglo V a. C.) introdujeron la idea de que el mundo está compuesto por una infinidad de diminutas partículas, los átomos. Esas partículas se mueven al azar, chocando unas con otras hasta dar lugar a la formación de todo lo que existe. Si los átomos son infinitos, no hay ningún límite para lo que puede surgir a partir de ellos, abriéndose así la posibilidad de la existencia de mundos diferentes al nuestro, que incluso podrían estar habitados.

Anaxágoras hablaba de las semillas de la vida, dando así pie a que, en ocasiones, haya sido considerado el padre de la hipótesis de la panspermia, la idea de que la vida se originó en algún lugar del espacio desde el cual viajó a la Tierra y quizás también a otros lugares del universo. Se cree que la propuesta de las semillas de la vida fue inspirada por la frase de otro filósofo, Parménides, quien afirmaba que “de la nada, nada sale. Todo sale del ser”. Esta reflexión llevó a Anaxágoras a pensar que la materia es divisible hasta el infinito y que cada cosa está constituida por partes de todas las cosas. La forma en

que, a partir de una materia que contiene todo, pueden originarse entidades concretas, capaces de ser reconocidas claramente como animales, rocas, agua o personas, es algo que no queda claro en la filosofía de Anaxágoras. Sin embargo, la idea, con ciertas variaciones, de que la vida en la Tierra surgió inicialmente a partir de semillas procedentes del cielo se ha mantenido hasta nuestros días, con cierta razón, como veremos en los capítulos siguientes.

Epicuro, durante los siglos IV-III a. C., hizo suya la idea de la pluralidad de mundos, y aunque muchos de sus escritos han desaparecido, otro filósofo posterior, Lucrecio, se encargó de mantener vivas sus reflexiones en su libro *De rerum natura* o *Sobre la naturaleza de las cosas*, construido en forma de un bello y largo poema. En él también habla de semillas, cuyo fruto en otros mundos podría dar lugar a otras razas de hombres y otras generaciones de la naturaleza, una reflexión que concuerda muy bien con nuestra visión actual de que, en caso de existir, la vida fuera de la Tierra no tendría por qué ser igual a la que conocemos.

Contrariamente a los atomistas, Platón argumentaba que solo hay un creador y, por tanto, solo puede haber un mundo. Sin embargo, el principio de plenitud formulado por él mismo, y según el cual no se puede restringir el poder de ese creador único, fue utilizado en épocas posteriores para argumentar la existencia de otros mundos. Aristóteles, discípulo de Platón, desarrolló una cosmología que fue ampliamente aceptada por la Iglesia católica y que no fue rebatida hasta la época en que científicos como Nicolás Copérnico, Galileo Galilei, Johannes Kepler o Isaac Newton demostraron claramente que, a pesar de su capacidad explicativa, el modelo aristotélico distaba mucho de ser correcto.

Según Aristóteles, el universo, cuyo centro es la Tierra, se compone de dos partes bien diferenciadas separadas por la esfera en la que se sitúa la Luna. Todo lo que existe bajo la esfera de la Luna estaría formado por cuatro elementos:

tierra, aire, agua y fuego, que combinados en la forma adecuada podían dar lugar a todas las manifestaciones de la materia. La parte del universo situada por encima de la esfera de la Luna sería un lugar especial, cuyos objetos estarían formados por un único elemento, al que Aristóteles denominó *quintaesencia*, *quinto elemento* o *éter*. Estos objetos no se desplazarían en dirección al centro de la Tierra, sino en forma paralela a su superficie, de modo que el movimiento de cada uno de ellos definiría una esfera independiente de la del resto. Como vemos, en la cosmología aristotélica no había cabida para la existencia de otros mundos similares a la Tierra, ya que los cuerpos celestes estaban formados por un elemento diferente a los que existen en la materia terrestre. Esa peculiaridad probablemente era lo que justificaba el lugar privilegiado de nuestro planeta en el universo y la existencia de vida en él.

Las ideas de Aristóteles encajaban bien con el relato del Génesis, el cual no dejaba lugar para la existencia de otros mundos. Posteriormente, el Nuevo Testamento introdujo la figura de Jesucristo, el salvador de la humanidad. Creer en otros mundos habitados habría hecho necesaria la existencia de otros salvadores para los pobladores de esos mundos, algo que planteaba conflictos a los teólogos y que mantuvo viva la idea de un único mundo habitado en el que había una gran diversidad de especies, pero solo una, el ser humano, había sido creada a imagen y semejanza divinas, lo que justificaba que todo el resto de seres vivos estuviera a nuestro servicio.

Sin embargo, ni siquiera todo el mundo en el seno del cristianismo en plena Edad Media aceptaba sin dudar las ideas aristotélicas. En 1277, el obispo de París, Étienne Tempier, publicó una lista de 219 proposiciones a rechazar, entre las que, basándose en el principio de plenitud de la filosofía platónica que ya hemos mencionado, se encontraba la idea de que Dios no pudiera haber creado otros mundos diferentes al nuestro. Más adelante, en 1440, el cardenal Nicolás de Cusa, en su obra *De docta ignorantia*, apoyaba de forma

elocuente la idea de la pluralidad de mundos, defendiendo además que no había diferencia entre la materia terrestre y la celeste. A De Cusa se le atribuye una frase que se podría considerar precursora de las ideas actuales sobre el cosmos: “Para un observador situado en cualquier lugar de la esfera terrestre le parecerá que ese lugar es el centro del universo”. Parece por tanto lógico que, para otros observadores situados en otras esferas, el centro del universo sería la posición por ellos ocupada.

Los avances tecnológicos que acompañaron la revolución científica del Renacimiento proporcionaron el caldo de cultivo apropiado para que las ideas sobre la existencia de otros mundos similares al nuestro quedaran demostradas de forma irrefutable. El gran punto de inflexión en el pensamiento de la época tuvo lugar gracias a las contribuciones científicas realizadas por Nicolás Copérnico en el siglo XVI, quien, basándose en cálculos y observaciones, propuso que la Tierra no era el centro del universo conocido, sino que este era el Sol, alrededor del cual nuestro planeta se movía describiendo una órbita similar a las del resto. También argumentó que la Tierra posee un movimiento de rotación alrededor de sí misma, que la Luna gira alrededor de ella y que el universo debía tener un tamaño mucho mayor que el que se creía hasta entonces.

Intuyendo lo revolucionario de las ideas heliocéntricas, Copérnico no permitió que estas se publicaran hasta el año de su muerte, fecha en que su obra *Sobre la revolución de las esferas celestes* pudo finalmente ver la luz. Giordano Bruno no fue tan cauteloso como Copérnico. Además de hablar de la pluralidad de mundos, en sus obras expresó abiertamente que al menos algunas de las estrellas son soles que poseen sus propios planetas, muchos de los cuales podrían estar habitados. Si tenemos en cuenta que el primer planeta extrasolar que gira alrededor de una estrella similar al Sol no se descubrió hasta el año 1995, es fácil darse cuenta de lo revolucionario del pensamiento de

Giordano Bruno, el cual rápidamente entró en conflicto con las doctrinas de la Iglesia católica, que lo condenó a morir en la hoguera. Sin lugar a dudas, este es uno de los episodios más tristes de la historia de la ciencia, en el que se muestra lo difícil que es cuestionar los dogmas establecidos y las consecuencias fatales que esto puede acarrear.

Los descubrimientos de los años posteriores no dejaron duda a la existencia de otros mundos. Galileo Galilei pronto anunció el descubrimiento de montañas en la Luna y la existencia de cuatro cuerpos celestes que orbitaban alrededor de Júpiter, formando lo que parecía ser un sistema solar en miniatura. Si ya Copérnico nos había hecho ver que la Tierra era un planeta más, Galileo nos mostraba que otros planetas podrían ser incluso más importantes que el nuestro, ya que podían poseer un número mayor de satélites. Para Johannes Kepler, este fue un descubrimiento crucial, ya que cualquier planeta lo suficientemente poderoso para tener lunas también lo sería para tener vida sobre él.

El debate científico sobre la pluralidad de mundos inspiró una amplia literatura a medio camino entre la divulgación científica y la ciencia ficción, como *El descubrimiento de un mundo en la Luna* (1638), de John Wilkins, que trata sobre los hipotéticos habitantes de nuestro satélite, los selenitas, y de los beneficios que obtendríamos de comerciar con ellos. ¡Mucho antes de conocer la existencia de recursos minerales en los asteroides o en la Luna, ya se pensaba en los posibles beneficios económicos que se podrían obtener de la explotación de otros cuerpos planetarios! En *Conversaciones sobre la pluralidad de los mundos* (1686), Bernard Le Bovier de Fontenelle relata una serie de diálogos entre una marquesa y un filósofo en los que se tratan temas como el modelo heliocéntrico o la posibilidad de vida extraterrestre. Las conversaciones, además, se adornan con descripciones sobre los rasgos de personalidad más probables que tendrían los habitantes de cada planeta particular. Así, los habitantes del cálido Venus estarían



siempre alegres y pensando en fiestas, mientras que los del frío Saturno serían mucho más serios y reflexivos. Casi dos siglos después, Camille Flammarion, en su obra *La pluralidad de los mundos habitados* (1862), expuso de forma mucho más rigurosa sus ideas sobre las condiciones de habitabilidad de los cuerpos celestes, teniendo en cuenta los conocimientos de la época sobre astronomía, fisiología y filosofía de la naturaleza. Por último, para completar esta breve revisión literaria, no podemos olvidarnos de Micromegas, el gigante alienígena ideado por Voltaire en la obra del mismo título publicada en 1752. Micromegas procedía de un planeta que giraba alrededor de la estrella Sirio. Viajando en un cometa, y tras hacer una breve parada en Saturno, consigue llegar a la Tierra para observarnos. Desde su inmensa altura y aguzada percepción, los humanos le parecemos seres insignificantes, con muy escasa inteligencia. Probablemente esta sea una de las primeras veces que se plantea explícitamente la posibilidad de vida extraterrestre superior a nosotros.

Casi un siglo después de la publicación de *Micromegas*, en 1835, el periódico neoyorquino *The Sun* informaba de que el reputado astrónomo sir John Herschel había observado una gran variedad de especies en la Luna, entre las que se encontraban seres humanos con alas, unicornios azules, manadas de bisontes... Evidentemente, todo resultó ser un engaño del periodista que escribió la noticia. Aunque leer esto actualmente pueda hacernos sonreír, lo cierto es que refleja muy bien cómo en el imaginario colectivo ya se había hecho fuerte la posibilidad de que hubiera vida extraterrestre.

Vemos que, poco a poco, las investigaciones en astronomía consiguieron desplazar a la Tierra de su lugar privilegiado en el universo, acercándola a una posición que no se diferencia en nada, a nivel de jerarquía, del resto de planetas que giran alrededor del Sol. A nivel popular ya se consideraba como muy probable que alguno de esos planetas estuviera habitado. ¿Qué sucedía mientras tanto en las investigaciones

sobre la vida y, en particular, sobre la posición del hombre respecto al resto de las criaturas terrestres?

## **El debate sobre el origen y la evolución de la vida**

En paralelo al debate en astronomía sobre la pluralidad de mundos, en biología se libraba otro similar con respecto al origen de la vida. La mayoría de las religiones siempre han otorgado a una entidad divina la capacidad de la creación de la vida. Todas las especies fueron creadas por un dios y, a partir de ese momento, se reprodujeron a través de distintas estrategias. Sin embargo, las enormes diferencias entre las propiedades de la materia viva y la inerte pronto animaron a los pensadores y filósofos de diversas culturas a intentar identificar qué era aquello que hacía que la vida se comportara de forma tan distinta a como lo hacía la materia no viva.

Retrocedamos de nuevo a la Grecia clásica para conocer qué opinaban sus filósofos sobre este tema. Según Anaximandro, la vida tenía su origen en procesos naturales que daban lugar a una naturaleza cambiante, a pesar de la sensación de inmutabilidad que solemos apreciar en el curso de nuestra corta existencia. Para él, los primeros animales surgieron del agua o del barro calentado por el sol y de allí pasaron a la tierra, dando lugar a una transición de especies que puede considerarse una anticipación de las teorías de la evolución biológica posteriores. En esa época, encontrar restos de seres vivos más semejantes a rocas que a la materia que compone la vida —los fósiles— en lugares que aparentemente no eran su lugar natural (por ejemplo, restos de peces y moluscos en las laderas de una montaña) fue una cuestión difícil de resolver. La interpretación resultaba todavía más difícil cuando las características morfológicas de esos seres vivos no coincidían con las de ninguna de las especies biológicas existentes, algo que condujo a hipótesis sobre su origen que estaban llenas de fantasía.

Aristóteles, aun manteniendo la idea de una naturaleza cambiante, inspiró una interpretación para los fósiles que hoy sabemos que no es cierta. Según este filósofo, la materia viva adquiría sus propiedades especiales gracias a una fuerza generativa natural que denominó *entelequia*. Para sus seguidores, los fósiles pasaron a ser fracasos de la acción de esa fuerza que, en ocasiones, actuaba creando formas que se parecían a la vida, pero que no lograban adquirir sus propiedades. Tuvieron que pasar cientos de años para que los fósiles pasaran a ser considerados restos de seres vivos. Quedaban todavía por explicar las razones de su desaparición y su presencia en lugares que parecían no corresponderles.

Una de las explicaciones más en boga hasta bien entrado el siglo XVII afirmaba que los fósiles representaban restos de especies que no consiguieron sobrevivir al diluvio universal. Esta idea también fue cuestionada, dadas las enormes distancias a las que aparecían algunos fósiles respecto a los lugares en los que vivían sus parientes vivos más cercanos. Poco a poco, los estudios de Niels Stensen, Georges Louis Leclerc, Charles Lyell y Georges Cuvier, entre otros, lograron establecer la idea de que esos restos petrificados pertenecían a especies extinguidas, aunque no necesariamente por el diluvio universal, sino por una alternancia de procesos catastróficos y graduales que se habían sucedido a lo largo de la historia de la Tierra, moldeando sus características. Como consecuencia, a finales del siglo XVIII, el germen de la idea de que los seres vivos actuales en realidad podían proceder de la transformación de otros que vivieron en el pasado ya estaba plantada.

La creencia en la existencia de una fuerza en la materia viva que estaba ausente en la materia no viva dio origen a una de las teorías que más han perdurado en la historia de la humanidad. Nos estamos refiriendo a la teoría de la generación espontánea, según la cual algunos pequeños organismos eran capaces de originarse a partir de la materia inerte, sobre todo si esa materia había estado viva en algún momento. La teoría,

que nunca fue demostrada, tiene su origen en la observación directa, sobre todo del hecho de que algunos pequeños animales o plantas parecían surgir de la materia orgánica en descomposición. Aunque estas ideas actualmente puedan parecernos descabelladas, tardaron siglos en refutarse, siendo el proceso un claro ejemplo de lo cuidadoso que se debe ser al aplicar el método científico cuando se trata de cuestionar “verdades” aceptadas por una gran parte de la sociedad.

En 1668, el médico italiano Francesco de Redi demostró que los insectos no surgían espontáneamente de la putrefacción, sino que en algún momento los insectos adultos depositaban sus huevos o larvas sobre la materia en descomposición. Casi simultáneamente a estos experimentos se descubrió que, además de los seres vivos cuya visión es accesible de forma directa, existe todo un universo de seres microscópicos, invisibles a nuestros ojos. El descubrimiento de los microorganismos fue realizado por Anton van Leeuwenhoek en el siglo XVII, gracias a los avances ópticos que hicieron posible la aparición de los primeros microscopios. El reconocimiento de toda esta inmensidad de nuevos seres tuvo, y sigue teniendo, un gran impacto en nuestra concepción de la vida, en las formas en que esta puede manifestarse y en la consideración de la importancia relativa de unas especies sobre otras.

Aunque los experimentos de De Redi consiguieron refutar la teoría de la generación espontánea aplicada a pequeños animales y plantas, la idea de que los microorganismos tampoco se generaban de esa forma precisó nuevas pruebas para ser aceptada. En 1769, Lazzaro Spallanzani logró demostrar que el caldo de carne, calentado a una temperatura lo bastante elevada como para matar a los posibles microorganismos que pudieran existir en él y sellado herméticamente después, no permitía la aparición de nuevos microorganismos. Sin embargo, la teoría de la generación espontánea permaneció todavía vigente en gran parte de la sociedad. La razón que se esgrimía era que el sellado de los recipientes impedía la

entrada de aire, algo necesario para que pudieran surgir los microorganismos. No fue hasta la década de 1860 cuando Louis Pasteur, utilizando matraces de cuello alargado y curvado que permitían el paso del aire, pero no de los microorganismos, consiguió demostrar de forma irrefutable que ni siquiera estos nacen espontáneamente de la materia inerte. Toda la vida procede de la vida, pero eso es en el mundo actual. Hemos de precisar que, al menos una vez en su historia, la vida tuvo que surgir de la materia inanimada. Pero eso fue un proceso lento y progresivo, que duró cientos de millones de años y no los pocos días que parecían ser suficientes para la aparición de seres por generación espontánea.

Los experimentos de Pasteur, junto con la síntesis de la urea llevada a cabo por Friedrich Wöhler en 1828, quien mostró por primera vez que las moléculas que forman parte de la vida pueden obtenerse mediante reacciones químicas que no implican la actuación de los seres vivos, lograron frenar la expansión de la hipótesis del vitalismo, que adquirió cierto auge en el siglo XVIII. Este, aunque separado de las ideas de la generación espontánea, proponía que los organismos poseen una fuerza vital que no está sujeta a las leyes fisicoquímicas universales y que explicaría las propiedades tan especiales de la materia viva, algo que recuerda a la idea de la entelequia de Aristóteles y que actualmente sabemos que es totalmente incierto. Posteriormente, los numerosos experimentos de química prebiótica, realizados sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo pasado, han mostrado claramente que hay vías posibles para el paso de la materia inorgánica a la orgánica. Lo que desconocemos es cómo son esas vías exactamente y en qué orden se deben producir para que se produzca la transición entre la química y la biología. La extraordinaria complejidad de los seres vivos puede hacernos caer en la tentación de creer en fuerzas inespecíficas que, en algunos casos, puedan ser denominadas *alma* o *espíritu*. Pero nos estamos olvidando de un ingrediente

fundamental, la evolución biológica, al que daremos paso en el siguiente apartado.

## **Y entonces llegó Darwin**

Además de los ya mencionados experimentos que consiguieron refutar la teoría de la generación espontánea, en el siglo XVIII los estudios sobre la edad de la Tierra ya hablaban de centenares de millones de años, en lugar de los miles deducidos de la interpretación literal de la Biblia. Actualmente sabemos que la Tierra tiene miles de millones de años, pero pasar de unos pocos miles a centenares de millones fue un gran salto que provocó enormes cambios en el pensamiento. Además, los estudios sobre los fósiles y su distribución en los diferentes estratos de las rocas sugerían que había habido momentos en los que se habían producido grandes extinciones de especies y otros en los que había sucedido lo contrario, una explosión de nuevas formas de vida que no existían en los estratos inferiores. Los ingredientes para desarrollar una teoría de la evolución de la vida estaban servidos.

A la vista de las notables diferencias que existían tanto entre especies distintas como entre los individuos de cada una de ellas, lo que faltaba era encontrar un mecanismo que explicara las razones por las que unas especies e individuos lograban predominar sobre otros, llegando a desplazarlos y provocando esa sucesión de especies que se observaba en el registro fósil. En 1809, Jean-Baptiste Lamarck aportó una de las primeras teorías evolutivas, basada en la herencia de los caracteres adquiridos durante la vida de los individuos. El ejemplo clásico para explicar las teorías de Lamarck es el de las jirafas. Estos animales, inicialmente con cuello corto, estirarían el mismo para lograr alcanzar las hojas de los árboles, algo que a lo largo de la vida del animal provocaría que su cuello se fuera haciendo cada vez más largo. Esta característica era

capaz de transmitirse a la descendencia, de modo que el cuello de las jirafas se iría alargando hasta alcanzar una longitud óptima para su modo de vida. Pocos años antes de la muerte de Lamarck, nacería Gregor Mendel, quien introdujo el concepto de *gen* como unidad de la herencia, algo que podría haber desvinculado esta de los caracteres adquiridos durante la vida si entonces se hubiera sabido más sobre cómo se almacenaba la información en estas entidades, cuya base física era desconocida en la época.

Charles Darwin fue contemporáneo de Mendel, aunque no está claro si llegaron a intercambiar sus ideas. La gran genialidad de Darwin fue reunir sus propias observaciones sobre la distribución de especies y fósiles (sobre todo las obtenidas en el famoso viaje del Beagle) y ponerlas en el contexto de las teorías gradualistas de Charles Lyell para los procesos geológicos y de las de Thomas Malthus para la economía, las cuales defendían que el crecimiento más rápido de las poblaciones frente al de los recursos imponía un límite al número de individuos capaces de sobrevivir.

Todo ello le llevó a publicar en 1859 su obra más famosa, *El origen de las especies*, cuya aportación más relevante fue la de establecer cuál era el mecanismo o fuerza que promovía la evolución de las especies. Esta fuerza no es otra que la *selección natural* de las variantes que mejor compiten por los recursos disponibles para la subsistencia. La selección natural actúa sobre la variación existente, favoreciendo que los individuos que mejor se reproducen en un ambiente concreto sean los que dejen más descendientes, de modo que, con el paso del tiempo, lleguen a ser los mayoritarios en las poblaciones. En el ejemplo ya formulado de las jirafas, no se heredaría la mayor longitud del cuello producida por el estiramiento para alcanzar las hojas; en su lugar, de forma natural, habría algunas jirafas con el cuello más largo. Estas se alimentarían mejor y conseguirían reproducirse de forma más eficiente, de modo que pasarían ese carácter, no adquirido en

vida, a sus descendientes. Se heredan las características “escritas” en los genes, aunque entonces no se supiera de qué estaban formados y por qué había diferencias entre ellos.

La evolución opera sobre lo ya construido. Darwin fue muy lejos en sus teorías, hasta llegar a afirmar que toda la vida que existe en la Tierra tiene su origen en una (o unas pocas) formas iniciales que, gracias a la evolución, se fueron diversificando. El resultado es una relación de parentesco entre todos los seres vivos de nuestro planeta, algo muy hermoso, pero que nos hace plantearnos una cuestión de gran trascendencia: si toda la vida que existe en la Tierra tiene un único origen, ¿será esta un fenómeno tan poco común que no habrá ocurrido en ningún otro lugar del universo? Por el momento desconocemos la respuesta. Hay quien piensa que somos producto del azar y quien piensa todo lo contrario, que la aparición de la vida es un imperativo cósmico, una consecuencia inevitable de la evolución del universo. En los próximos capítulos incidiremos con mayor profundidad en estas cuestiones.

Al igual que Lamarck, Darwin desconocía el origen de la variabilidad de los seres vivos. Hoy sabemos que ese origen reside en los cambios que ocurren en el ADN, la molécula en la que se almacenan las propiedades de la vida y las instrucciones para su funcionamiento, lo que conocemos como *información genética*. Los cambios en el ADN pueden ser de pequeña magnitud o involucrar grandes variaciones en el contenido o la disposición de su material. A veces no tienen ninguna trascendencia, pero en otras ocasiones dan lugar a modificaciones en las características observables de los individuos (el denominado *fenotipo*) que pueden condicionar su mayor o menor éxito.

Los cambios en el ADN se denominan globalmente *mutaciones*, las cuales frecuentemente se producen de forma natural a lo largo de la vida. En ocasiones, los cambios implican la actuación de otras entidades biológicas, como los virus o



las bacterias, que son capaces de movilizar fragmentos de material genético entre especies. No es nuestra intención hacer una descripción exhaustiva de los mecanismos evolutivos, pero sí que queríamos incidir en su enorme potencial para crear diversidad biológica, permitir que la vida se adapte a la enorme pluralidad de condiciones ambientales que existen en nuestro planeta y aumentar el grado de complejidad que poseen los sistemas vivos.

### **Tres buenas razones para creer en extraterrestres**

La teoría heliocéntrica consiguió demostrar que la Tierra es un planeta más entre los que componen el sistema solar, mientras que la teoría de la evolución nos mostró que el hombre no es el objetivo último de la evolución de la vida. Esta tiene su causa primera en el azar (esos cambios en el material genético de los que hemos hablado) y está sujeta a múltiples contingencias que condicionan la acción de la selección natural. Todo esto lo que nos muestra es que el ser humano podría no haber surgido nunca, algo inquietante para la especie que se ha creído dueña y señora de todo el universo. Estas dos lecciones de humildad nos llevan de forma casi inmediata a la siguiente reflexión: si la Tierra no es el centro del universo y nosotros no somos los reyes de la creación, ¿por qué no puede haber otras Tierras habitadas por seres similares o diferentes a nosotros?

Como hemos indicado al principio, la única vida que conocemos es la terrestre, pero nos atreveríamos a afirmar que hay fuertes argumentos a favor de la existencia de vida extraterrestre. A modo de aperitivo para lo que viene más adelante, citaremos solo los tres que nos parecen más relevantes:

1. El universo es mucho más grande de lo que predijeron Copérnico, Galileo y los grandes padres de la astronomía

citados al hablar del debate sobre la pluralidad de los mundos. No solo es que existan otras Tierras, sino que existen otros muchos sistemas planetarios similares a nuestro sistema solar y otras muchas galaxias repletas de estrellas, la mayoría con planetas asociados. Aunque el argumento pueda parecer meramente estadístico, con tantos escenarios, ¿cómo es posible que no exista vida en alguno de ellos?

2. La vida es mucho más robusta de lo que pensábamos hace unas décadas. Se han descubierto microorganismos capaces de desarrollar sus funciones vitales en condiciones ambientales que antes considerábamos totalmente incompatibles para la vida. Que existan seres capaces de vivir a más de 100 °C, bajo los hielos de la Antártida o en condiciones de radiación y sequedad extremas (por citar solo algunos ejemplos) ha ampliado enormemente nuestras expectativas de que pueda existir vida en lugares del cosmos diferentes de nuestra Tierra. La dificultad estriba en si sabremos reconocer esa vida que ha surgido y evolucionado en condiciones tan distintas de la vida que conocemos.
3. Algunos de los ingredientes básicos de la vida son comunes en el universo, en los meteoritos, los cometas o las nubes de polvo interestelar. También pueden ser sintetizados en condiciones abióticas en el laboratorio. Parece que el problema del origen de la vida no es la falta de materiales para construir sus estructuras, sino el ensamblaje correcto de los mismos en condiciones que permitan el gran número de interacciones a todos los niveles que existen en los sistemas vivos. Necesitamos una visión más holística de la vida para comprender las grandes transiciones que han hecho posible su emergencia y su evolución en nuestro planeta y, posiblemente, también en otros.