



ciencia y fe:
¿relaciones de
complementariedad?

algunas cuestiones cosmológicas

manuel carreira, s.j.

Manuel Carreira, S.I. *Ciencia y fe: ¿relaciones de complementariedad?*

Voz de Papel
www.vozdepapel.com
Madrid, 2004

Capítulo 4 - El principio antrópico

El título de esta conferencia hace referencia a la palabra griega *anthropos* que significa «ser humano», hombre, en el sentido específico. El principio antrópico intenta encontrar respuesta a una pregunta que puede ser tal vez muy ambiciosa: ¿qué relación hay entre toda la enormidad del universo y nuestra existencia?

Parece que está de moda en los medios de comunicación de masas el decir —una y otra vez— que somos una especie de moho inconsecuente en una pequeña partícula de polvo cósmico que es la Tierra, y que no podemos tener importancia alguna en el universo. Pero es, curiosamente, desde el punto de vista de la física y de la astronomía desde donde se ha estado insistiendo —una y otra vez, desde hace más de cuarenta años— en que nuestra existencia tiene una relación tan íntima con las propiedades y la evolución del universo en su totalidad, que si uno quisiese cambiar cualquiera de esas propiedades en un grado, a veces mínimo, pero apreciable, no podríamos existir. Por tanto, ni es posible decir que a nosotros nos bastaría con que existiese el Sol y el planeta Tierra para

existir, ni tampoco suponer que puede haber otras formas de vida por el universo totalmente distintas de la nuestra aquí en la Tierra. No, el estudio de las leyes físicas, y el estudio de las propiedades de la materia indican que si uno exige que el universo pueda —en algún momento y en algún lugar— llegar a permitir la existencia de vida inteligente, no hay prácticamente posibilidad de modificación alguna.

Como lo ha expresado un científico moderno, podríamos decir que el universo estaba esperando a que apareciésemos nosotros, durante miles y millones de años. Que somos el resultado de un conjunto enorme de pequeñas «casualidades» —podríamos llamarlas así— sin las cuales la vida inteligente no podría darse. Y entonces hay que preguntarse: ¿por qué tiene el universo esas propiedades? ¿Por qué es el universo tal que permite que existamos?

Naturalmente esta pregunta ya se sale de la física, porque a la física —y a toda ciencia de la materia— la tenemos que limitar a responder a preguntas que puedan tener una comprobación experimental. Esto es lo que define a la ciencia en el sentido técnico que tiene hoy día la palabra. Solamente se puede hacer una pregunta dentro de la metodología científica si hay una posible respuesta experimental. Por tanto no le es posible a la física contestar por qué existe el universo. Tampoco es posible explicar desde la física por qué tiene las propiedades que tiene, porque lo único que puede hacer es describir la actividad de la materia ya existente, con las propiedades que experimentalmente se perciben en la materia.

Cuando hablamos de una relación que tiene que terminar siendo de tipo finalístico, ya pasamos de física a metafísica, «más allá de la física». ¿Es posible científicamente demostrar que la existencia de vida inteligente es la finalidad del universo? No hay ningún instrumento que pueda medir la finalidad, ni se puede calcular ésta con una ecuación matemática, y sin embargo, para nosotros, es lo que más nos

indica lo que algo es. Cuando un arqueólogo encuentra un artefacto raro en una tumba antigua, no le basta con que le diga un químico: está hecho de tales componentes, y que le diga un físico que tiene tanta masa y tanta densidad o dureza. Preguntará: ¿para qué era? Pues ese para qué no puede responderlo ningún experimento ni ninguna ecuación, y sin embargo la finalidad es parte obvia de nuestra vida diaria.

¿Cómo llegamos a inferir una finalidad? Yo puedo tener por ejemplo un vaso en la mano. ¿Cómo puedo inferir para qué está hecho? No basta con que se lo dé a un físico. No puede jamás demostrar que este recipiente está hecho para contener un líquido en lugar de estar hecho para servir de maceta o para poner bolígrafos en una mesa... ¿Cómo puedo yo saber la finalidad de algo? La única forma lógica de hacerlo es estudiar las consecuencias de que esto exista, y qué ocurriría si no fuese así. Pues esto mismo es lo que han hecho algunos físicos con respecto al universo; son físicos, no filósofos, los que se han preguntado acerca de las características del universo con relación al ser humano.

¿Qué ocurriría si el universo tuviese una masa notablemente mayor que la que tiene? La masa del universo en términos físicos es de aproximadamente 10^{56} gramos. ¿Qué ocurriría si en lugar de esto fuesen 10^{57} ó 10^{55} ? Parece que poco importaría a nadie, excepto a los matemáticos. Pero cuando se calculan las consecuencias de ese cambio, se llega a una conclusión sorprendente: no podríamos existir.

Cuando estudiamos partículas elementales vemos que un protón, que es la unidad de carga positiva, tiene la misma carga que el electrón, la unidad de carga negativa, pero el protón es 1.836 veces más pesado que el electrón. ¿Por qué? ¿Qué ocurriría si en lugar de 1.836 fuese 2.000 ó 1.500? No estaríamos aquí.

En física se habla de cuatro fuerzas, y sólo cuatro. Toda la física tiene que explicarse como la actividad de cuatro fuerzas: la gravitatoria, la electromagnética, la nuclear fuerte y la

nuclear débil. Si yo comparo la fuerza electromagnética con la fuerza gravitatoria, encuentro que la interacción entre dos electrones —que se repelen, pero que se atraen por fuerza gravitatoria— es aproximadamente 1040 veces más intensa en su efecto de repulsión que en la atracción. La fuerza electromagnética es increíblemente más potente que la fuerza gravitatoria. ¿Podría cambiarlo y que fuese 1041 ó 1039? No estaríamos aquí.

La fuerza nuclear fuerte comparada con la fuerza electromagnética es 137 veces más intensa. Otro número raro. ¿Por qué? ¿Qué ocurriría si fuese 150? No estaríamos aquí.

Una vez que hemos hablado de las propiedades de la materia en sus actividades básicas: la masa del universo, la fuerza gravitatoria que estructura las galaxias, la fuerza electromagnética que produce átomos, moléculas, estructuras vivientes, la fuerza nuclear, que permite que haya elementos como el carbono, el oxígeno, el hierro, el calcio, todos los cuales son necesarios para la vida, podemos preguntar por el planeta Tierra y la estrella Sol. El Sol es una estrella un poquito mayor que la mayor parte de las estrellas: parece muy ordinaria. ¿Qué ocurriría si tuviese un 10% más masa? No estaríamos aquí. ¿Y si tuviese un 10% menos masa? Tampoco estaríamos aquí. ¿Y si el planeta Tierra estuviese a una distancia del Sol un 10% más cerca o más lejos? Tampoco estaríamos aquí. ¿Y si el planeta Tierra tuviese un 10% más masa o menos? Tampoco estaríamos aquí. ¿Y si no existiese la Luna? No estaríamos aquí...

Todo esto no es ciencia-ficción ni poesía, ni lo dice un filósofo que no tiene ni idea de ciencia. No, son los físicos y los astrónomos los que están demostrando esto con cálculos muy exactos. Para dar un ejemplo de algo llamativo que se ha determinado en años muy recientes: si no tuviésemos la Luna, la Tierra no sería habitable. Hay cuatro planetas «terrestres», tres además de la Tierra, que tal vez podrían haber sido habitados: Mercurio, Venus y Marte. Ninguno de ellos tiene un

satélite como la Luna, y tampoco tienen la misma masa que la Tierra. La Tierra tiene tanta masa como Mercurio, Venus, Marte y la Luna juntos. Y unos están demasiado cerca del Sol y otro demasiado lejos. Sólo la Tierra tiene este conjunto de propiedades. Y sólo la Tierra tiene ese gran satélite. ¿Por qué?

Cuando los astronautas fueron a la Luna por primera vez, su primera obligación era recoger rocas, y traerlas, porque los astrónomos querían resolver el problema de cómo se formó la Luna. Había tres hipótesis; en términos familiares: o la Luna es hija de la Tierra, o hermana de la Tierra, o esposa de la Tierra. Que fuese hija de la Tierra querría decir que se desprendió de la Tierra primitiva. Que fuese hermana significaría que se formaron simultáneamente donde están. Que fuese esposa querría decir que se formó en otro sitio aparte, y por una atracción mutua se quedaron enlazados ambos astros en el sistema Tierra-Luna.

Cuando volvieron los astronautas con las rocas y se analizaron, llegaron los astrónomos a la conclusión inesperada de que ninguna de las tres hipótesis era aceptable. Llegaron a decir —como broma— que la Luna debía ser un efecto óptico, una ilusión, porque no podía existir. Ahora se ha llegado a una nueva explicación que se refuerza con simulaciones de ordenador: tenemos la Luna gracias a un acontecimiento enormemente improbable. Hace unos 4.500 millones de años, cuando la Tierra ya se había formado con un núcleo de hierro y una capa de minerales más ligeros alrededor (el manto), otro planeta mayor que Marte, ya también diferenciado de esa manera, chocó con la Tierra primitiva, y chocó con un ángulo y una velocidad correctas para que se mezclasen los materiales de las capas exteriores de ambos. Una nube incandescente de esa mezcla volatilizada saltó al espacio, y de eso se formó la Luna, mientras los dos núcleos de hierro de los dos planetas se fundieron en uno. Ningún otro planeta ha tenido un episodio semejante en su formación.

La Tierra tiene ahora una tercera parte de su masa en un núcleo de hierro a la temperatura de 4.000 grados y este núcleo caliente (que gira, porque la Tierra gira rápidamente) produce un campo magnético alrededor, como una dinamo, y esto protege la superficie terrestre de partículas de alta energía que vienen constantemente del Sol y del espacio externo, los rayos cósmicos. Si no tuviésemos ese campo magnético, los rayos cósmicos estarían constantemente causando mutaciones nocivas en los seres vivos. El calor de ese núcleo produce una semifusión de la capa más externa, y —en períodos de millones de años— hay corrientes de roca semifluida que presionan contra la corteza terrestre rígida, y la rompen en placas. Los trozos se mueven dando lugar a la formación de montañas y a una renovación constante de la superficie terrestre y de la atmósfera (tectónica de placas).

Ni Venus, ni Mercurio, ni Marte, ni la Luna muestran este proceso de formar montañas, ni de rehacer la superficie y renovar la atmósfera. Todo ello da como resultado la dinámica de nuestro planeta.

Y la presencia de la Luna sigue siendo beneficiosa. Al principio la Tierra giraba muy deprisa, y una consecuencia del giro muy rápido era un movimiento general de la atmósfera en corrientes de vientos huracanados paralelos al Ecuador. Pero la Luna fue frenando el giro de la Tierra, porque la Luna causa mareas, primero en un océano de lava fundida que cubría la Tierra primitiva, luego en los océanos ya de agua, y ha ido frenando ese giro, dando a la Tierra una atmósfera mucho más tranquila y uniforme.

Las estaciones el año se deben a que el eje de giro de la Tierra no es perpendicular al plano de su órbita. Y unas veces es el hemisferio norte el que está apuntando hacia el Sol y otras veces es el hemisferio sur, y por eso cambian las estaciones, excepto muy cerca del Ecuador, y se distribuye el calor solar más uniformemente sobre toda la superficie terrestre. Porque si la Tierra tuviese el eje de giro vertical,

habría una franja central abrasada, dos franjas extremas siempre heladas y dos franjas que serían como dos mundos distintos incomunicados en las zonas centrales. Si no existiese la Luna, la inclinación del eje de la Tierra cambiaría de manera sistemática desde 0 grados hasta más de 60, con cambios de clima totalmente incompatibles con la evolución vital. Pero la Luna actúa como balancín, y mantiene la inclinación del eje casi con el mismo valor de 23,5 grados, cambiando apenas un grado en centenares de millones de años.

Viendo tantos factores en el universo que tienen importancia para nuestra existencia, nos es necesario confesar que realmente estamos aquí porque todo está ajustado con un cuidado extraordinario. Hace unos treinta y cinco años un científico soviético —Josif Shklovskii— escribió un libro (en colaboración con Carl Sagan) con el título *Vida inteligente en el universo* y sostuvo entonces que debía haber millones de planetas habitados, con inteligencia, sólo en la Vía Láctea. Diez años más tarde, en un congreso —en la todavía entonces Rusia soviética— dijo que, habiendo estudiado con más cuidado la cantidad de coincidencias inesperadas que habían permitido que existiese vida inteligente aquí en la Tierra, había llegado a la conclusión de que nuestra existencia era, literalmente, un milagro, y que probablemente somos caso único en el universo.

Muchas veces, cuando se trata este tema, hay alguien que me dice: «¡Pero el universo es tan enorme! Puede haber otros sitios donde se hayan dado las mismas circunstancias para que tengan también vida inteligente y que su evolución lleve a un desarrollo comparable o superior al nuestro». Sí, es posible, las leyes físicas no lo impiden, y todo lo que no es absurdo puede ocurrir. Pero les doy un ejemplo: si yo dejo caer un bolígrafo, ¿es posible según las leyes físicas que se me quede vertical sobre la punta? Sí, es posible, no hay ninguna ley física que lo prohíba. Pero, ¿es probable? Pues aplíquelo al caso de la vida.

Y así terminamos esta introducción con una frase de Einstein en los últimos años de su vida: «A mí ya no me interesa el espectro de un elemento o de otro; lo que yo realmente quiero saber es si el Creador tuvo alternativas cuando creó el mundo». Y son los físicos los que hoy dicen: si se pone como condición al Creador que el universo debe ser tal que permita que exista la vida inteligente, se puede decir que no hay alternativas. El universo tuvo que ser creado con un ajuste finísimo, hasta el decimal 50 de algunas de las constantes que definen las propiedades de la materia, para que —al menos en un lugar privilegiado— haya podido aparecer la vida inteligente, el hombre como animal racional.

Estamos rodeados de un universo enorme, con una cantidad increíble de estrellas a todo nuestro alrededor. Uno se siente tentado a decir que poquita cosa puede ser la Tierra, poquita cosa puede ser el Sol. Para entenderlo mejor vamos a ver dónde estamos dentro del universo. Nos encontramos dentro de una banda de estrellas llamada Vía Láctea, que parece sugerir que estamos en el centro de un disco, de tal manera que mirando en el plano del disco vemos muchas más estrellas que mirando en sentido perpendicular a él. Pero por el estudio de diversas estructuras que se han logrado descifrar (determinando sus distancias) en los primeros veinte años del siglo XX, hemos llegado a la conclusión de que la Vía Láctea sí es un disco en forma de remolino, pero que el Sol, con sus planetas, está en la periferia, a unas $3/5$ partes del radio del centro. De manera que el principio copernicano — que la Tierra no es el centro del sistema Solar— también se aplica al Sol, que no es el centro de la Vía Láctea.

Y gracias a Dios que no lo es, porque estudios recientes indican que en la parte próxima al centro de la galaxia la vida no podría darse, porque hay una cantidad enorme de energía producida por un núcleo activo donde hay probablemente un agujero negro con una masa equivalente a tres millones de veces la del Sol. Y la cantidad de energía producida en ese

entorno hace que toda posible vida dentro de esa zona esté sujeta a una cantidad de radiación nociva que posiblemente sólo permitiría que hubiese —tal vez— microbios. Tampoco puede haber vida en la periferia más lejana de la Vía Láctea, porque para la vida hacen falta elementos pesados como el calcio, el carbono, el hierro, el fósforo, el oxígeno, etc., y las estrellas de esta zona periférica apenas tienen elementos pesados, y por lo tanto es muy poco probable que haya un planeta como la Tierra que está hecho casi todo de elementos pesados.

La Vía Láctea es una de muchas «vías lácteas», de muchas galaxias. La más cercana a nosotros (aunque cercana es un vocablo poco utilizable en términos astronómicos, porque la luz tarda dos millones y cuarto de años en venir hasta aquí desde ella) es la Gran Galaxia de Andrómeda, nuestra vecina más próxima de tamaño comparable. Encontramos luego grupos de galaxias que —finalmente— tienen centenares o miles de galaxias. Y cuando miramos el universo en la escala máxima vemos enormes bandas filamentosarias de galaxias que forman como un tejido que llena todo el universo de una manera uniforme. Para recordar un poco mejor esta estructura y sentirnos abrumados por su grandeza, pensemos que empezamos desde el planeta Tierra, que es uno de los nueve planetas alrededor de la estrella Sol; el Sol es una de las millones de estrellas en el borde de la Vía Láctea, que contiene aproximadamente cien mil millones de estrellas, y al alcance de nuestros telescopios hay cien mil millones de «vías lácteas».

Einstein llegó a la conclusión, con su Teoría de la relatividad generalizada de 1916, de que el universo se puede representar de una manera imperfecta (en una dimensión menos) como una especie de globo en cuya superficie están las galaxias como motas de polvo, y que este globo tiene que estar o en expansión o en contracción. En 1929 Hubble estudió la luz de galaxias cada vez más lejanas y encontró que

su luz aparecía cada vez más enrojecida, indicando que se alejan de nosotros (es el mismo efecto que permite a la Policía saber que un automóvil se aleja a una velocidad o a otra) porque el universo se expande. Si todo el universo está en expansión entonces antes era más pequeño, más denso, más caliente, y hace 15.000 millones de años toda la masa del universo estaba en un único punto, tal vez más pequeño que un átomo.

Esa conclusión está bien establecida experimentalmente: el Big Bang ya no es discutible. Un científico ruso de prestigio (Yacob Zeldovich) lo ha dicho así taxativamente: «Esta descripción del comienzo del universo es parte tan firme de la ciencia moderna como pueda serlo la mecánica de Newton». No hay alternativa. Sabemos que hubo esa gran hoguera porque se ha encontrado su resplandor, y se han encontrado las cenizas. Una ceniza muy común: el hidrógeno; otra: el helio. Cada vez que nos bebemos un vaso de agua, el hidrógeno del agua procede de esa gran explosión primitiva, de hace 15.000 millones de años.

Una vez que tenemos el universo con su comienzo explosivo, la expansión enfría los gases —hidrógeno y helio— hasta que 300.000 años más tarde ya la temperatura es suficientemente baja para que se formen átomos neutros, y de ahí se condensarán luego galaxias y estrellas, entre ellas la Vía Láctea, con todas las demás galaxias formadas probablemente en los primeros mil millones de años de existencia del universo.

Dentro ya de la Vía Láctea y de las otras galaxias se formaron estrellas. Algunas mucho mayores que el Sol, pero la mayoría de una masa inferior. Casi todas las estrellas que vemos a simple vista son mayores que el Sol, y mucho más luminosas. Algunas son de color azul, indicando que tienen una temperatura superficial de unos 30.000 grados. El sol tiene 6.000, y las que son de color rojo solamente 3.000. Todas las estrellas son reactores nucleares que producen

energía sintetizando elementos cada vez más pesados a partir de los más ligeros.

¿Cómo se forma una estrella? Por el juego de las cuatro fuerzas que admite la física. La gravedad condensa los gases, y al condensarlos se calientan. Una vez que alcanzan la temperatura suficiente (diez millones de grados) los núcleos atómicos (átomos ionizados por la temperatura tan elevada) chocan con suficiente velocidad para vencer la repulsión electromagnética de cargas eléctricas del mismo signo y aproximar los núcleos hasta el radio de acción de las fuerzas nucleares: entonces se dan reacciones mediante la fuerza nuclear débil y la fuerza nuclear fuerte.

Así tenemos una explicación de la composición actual del universo. Todavía es casi todo (en un 98% de los átomos) hidrógeno y helio. Lo poquito que hay de lo demás es el resultado de reacciones nucleares en las estrellas, que exigen que la fuerza nuclear sea 137 veces más intensa que la electromagnética para que puedan ocurrir, y que exigen que la fuerza nuclear débil sea tan débil como es, pero no más, si ha de poder formarse un planeta como la Tierra.

El Sol, a 15 millones de grados en su centro, está todavía sintetizando helio a partir de hidrógeno. Éste es el combustible que permite a las estrellas brillar durante el 90% de su existencia. Pero si buscamos luego reacciones que exigen mayor temperatura que la reacción que produce el helio, tenemos que ir a estrellas más calientes que el Sol que pueden alcanzar 100, 200 millones de grados para sintetizar carbono, oxígeno y neón, y sólo las estrellas de mayor masa, tal vez 10, 20, 50 veces más que el Sol, pueden —a 3.000 millones de grados— sintetizar hierro. Y son esas estrellas de más masa las que, gracias a la fuerza nuclear débil, terminan con una explosión gigantesca que lanza al espacio todos los elementos necesarios para formar un planeta como la Tierra. De no existir esas explosiones estelares, las supernovas, no existiría el planeta Tierra, no habría vida.

Hace unos 5.000 millones de años una supernova explotó en uno de los brazos de la Vía Láctea. La explosión comprimió una nube que era, sobre todo, hidrógeno y helio, pero que ya tenía polvos opacos de materiales más pesados. Al comprimirse la nube formó un remolino en forma de disco, con remolinos menores en toda su extensión, y en el centro se condensó en la estrella Sol, mientras en el disco de gas y polvo se fueron aglomerando pequeños residuos de materiales pesados, que todavía llegan a la Tierra de vez en cuando — como muestras de aquella época— en forma de meteoritos.

Muchos choques entre cuerpos de diverso tamaño fueron eliminando gran cantidad de proto-planetas, hasta que quedaron los nueve planetas con sus satélites. Por el choque más importante para nosotros, el de un planeta mayor que Marte que chocó con la Tierra primitiva, la mezcla de las capas externas de ambos cuerpos produjo la Luna, y los núcleos de ambos dieron a la Tierra una tercera parte de su masa en forma de hierro. La Luna todavía está totalmente cubierta de cráteres, acribillada por todos los impactos de su formación. Allí no hay erosión, no hay agua, no hay viento, no hay aire, por lo tanto sólo se borra un cráter cuando se hace otro mayor encima. Pero la Tierra primitiva tuvo que ser así: estuvo probablemente cubierta por un océano de lava, con la Luna muy cerca, produciendo un efecto de marea tremendo que fue frenando la rotación de la Tierra. Se ha podido medir la duración del día hace 400 millones de años, porque al contar los anillos de crecimiento de corales fósiles, se puede notar un cambio que indica el paso de los años, y cambios más pequeños que indican el paso de los días. Hace 400 millones de años el día tenía unas 20 horas y había 400 días en el año, y antes el día era más corto todavía.

El núcleo de hierro y níquel de la Tierra a 4.000 grados causa las corrientes de convección de roca semisólida en el manto; esto rompe en placas la corteza terrestre y donde chocan dos placas se forman cordilleras. También hay

actividad volcánica, y de los gases emitidos por los volcanes se formó la atmósfera primitiva. Al principio la Tierra no tenía agua ni tenía océanos, pero la caída de millones de cometas nos dio el agua que bebemos. Cada cometa tiene un núcleo de 10 a 20 km de diámetro, que es prácticamente una bola de nieve y hielo y polvo. Todo ello pues, ha ido conformando el planeta Tierra.

La atmósfera retiene parte del calor del Sol: es el efecto invernadero. Sin él, no estaríamos aquí. Porque sin efecto invernadero la temperatura típica de la Tierra sería de -20°C , pero como la atmósfera retiene el calor del Sol, la temperatura típica es 20°C . Claro que puede llegar un momento en que el efecto invernadero aumente la temperatura a extremos nocivos, pero no por ahora.

Para retener una atmósfera, un planeta necesita suficiente masa, y necesita también no tener una temperatura demasiado elevada. La Tierra tiene tanta masa como Venus, Marte, Mercurio y la Luna juntos. Mercurio no tiene atmósfera alguna, la Luna tampoco, Marte sólo menos de la centésima parte de la presión atmosférica terrestre: son todos cuerpos con masa insuficiente. Venus tiene masa adecuada, pero está más cerca del Sol, y está tan abrasado que las rocas no pueden reaccionar con los gases de la atmósfera, y un efecto invernadero exacerbado eleva la temperatura de la superficie de Venus a 500°C . De modo que de todos los posibles planetas de tipo terrestre sólo la Tierra tiene el conjunto de propiedades de masa, órbita, composición, etc., para que podamos nosotros estar aquí.

La Luna sigue manteniendo el eje de la Tierra con una inclinación constante con respecto al plano orbital, distribuyendo el calor por todo el planeta y evitando cambios climáticos extremos en períodos de millones y miles de millones de años.

Para estudiar cómo apareció la vida en la Tierra sólo podemos buscar restos en las capas sedimentarias, pero no

sabemos ni dónde ni cuándo ni cómo apareció la vida. Sólo podemos decir que la vida exige el estado líquido. Y también exige una molécula gigantesca capaz de almacenar toda la información genética. En la célula tiene que encontrarse toda la información para que de una generación a otra, durante miles de generaciones, se mantenga el mismo tipo específico pero que no haya nunca dos individuos totalmente idénticos hasta el último átomo. Para almacenar toda esa información hace falta una molécula con miles de millones de átomos, porque sólo a nivel atómico se puede almacenar tanto dato en el núcleo de una célula que sólo se ve al microscopio.

El único elemento capaz de formar tales moléculas es el carbono, y así la vida se basa en la química del carbono, en un medio líquido compatible con su actividad. Sólo el agua tiene las propiedades adecuadas y es cósmicamente abundante. Por tanto, dondequiera que haya vida en todo el universo, sólo puede basarse en la química del carbono y en el agua en estado líquido. Y sólo la Tierra, de todos los planetas del sistema solar, ha tenido agua en estado líquido, ininterrumpidamente, durante 3.500 millones de años. Marte tuvo algún período de lluvias torrenciales que probablemente duró unos cientos o miles de años. Si hubo un conato de desarrollo de vida allí a nivel microscópico no pudo prosperar. ¿Por qué? Porque Marte tiene demasiada poca masa y no retiene atmósfera suficiente para que el agua pueda existir como líquido: necesariamente se evapora o se sublima a partir del hielo.

En la Tierra, hace 3.500 millones de años, aparece ya en rocas sedimentarias gran cantidad de carbono, que atribuimos a seres vivientes unicelulares, pero no sabemos cómo se formó la primera célula. Una célula es bastante más complicada que todas las galaxias juntas. No tenemos ni idea de cómo se va de materia no viviente a una célula que funciona. ¡Es tan difícil explicar la vida!

Pero una vez que apareció la vida, empieza la evolución. Pequeños cambios en el material genético van dando lugar a otras formas ligeramente distintas. Los microbios fueron la única forma de vida en la Tierra durante 3.000 millones de años. Si tuvieron que pasar 3.000 millones de años de desarrollo de vida microscópica antes de poder llegar ni siquiera a un gusanillo, eso quiere decir que cualquier estrella que no mantenga la temperatura de un planeta prácticamente constante durante miles de millones de años no puede tener un planeta habitable, y cualquier estrella que tenga un 10% más masa que el Sol ya no dura lo suficiente. Y si el planeta está alrededor de una estrella con un 10% menos masa que la del Sol, la luminosidad de la estrella se reduce, el planeta tiene que estar más cerca para tener agua en estado líquido, y entonces se da el fenómeno que llamamos de rotación sincrónica, que es el que hace que veamos a la Luna siempre con la misma cara hacia la Tierra. Un planeta así tendría un hemisferio siempre helado y otro abrasado.

En la Tierra, hace unos 2.500 millones de años, se dio una mutación totalmente inesperada —que no hay razón alguna de suponer se ha de dar en otro caso— que permitió que unas algas unicelulares adquiriesen un pigmento verde que utiliza la energía del Sol para unir moléculas de anhídrido carbónico y de agua, produciendo hidratos de carbono y eliminando oxígeno. Hasta este momento la vida no utilizaba el oxígeno; apenas había en la atmósfera, y era un veneno para los seres vivientes anaeróbicos. Pero una vez que aparece este fenómeno de fotosíntesis, empieza a aumentar la cantidad de oxígeno en la atmósfera. Y hace 2.000 millones de años ya casi el 20% de los gases de la atmósfera eran oxígeno, que todavía era un veneno para la vida, limitada a seres unicelulares microscópicos.

Otra mutación, también poco probable, hace unos 600 millones de años permitió que algunos microorganismos utilizaran el oxígeno como fuente de energía. Y como el

oxígeno es una fuente de energía mucho más eficiente, ya puede la vida hacerse más compleja y aparecen los seres pluricelulares que aprovechan la gran cantidad de oxígeno de la atmósfera. Encontramos primero pólipos y medusas en los océanos, seres sin esqueleto. Otra mutación da lugar a seres con esqueleto externo. ¿Por qué? ¿No podían sobrevivir los que no tenían esqueleto? Todavía existen pólipos y medusas en abundancia y la evolución de seres sin esqueleto nos ofrece hoy su resultado más llamativo en el pulpo, que puede aprender trucos mejor que un perro, y tiene unos ojos más complejos que los de la mayor parte de los vertebrados. Tan complejos como el ojo humano.

Muchas veces se habla de la evolución sugiriendo que es un fenómeno que ocurre porque las formas antiguas no sobreviven, y las nuevas y mejores las suplantán. No es verdad como descripción de la trayectoria de especies y géneros. Cada uno de nosotros todavía tiene en el aparato digestivo más microbios que habitantes ha habido en la Tierra en toda su historia, ni desaparecieron los animales con esqueleto externo cuando aparecieron los vertebrados.

Pero una vez que tenemos vertebrados (los peces) aparecen anfibios y reptiles. Éstos fueron los reyes de la Tierra —los dinosaurios— durante 150 millones de años. ¿Podrían haber durado otros 60 millones de años o estaban ya en camino de extinguirse? La única razón de que no existan hoy es que hace unos 65 millones de años les cayó encima un peñasco de unos 10 km de diámetro, que causó una onda de altísima temperatura con incendios de escala planetaria, y luego, al chocar con la superficie, llenó la atmósfera de polvo y humo, de tal manera que durante años no llegó la luz del Sol. Las plantas se murieron, se murieron los animales, y el 80% o más de todos los seres vivientes de la Tierra desaparecieron. Y ésa es solamente la última de cinco grandes extinciones: en algunas de ellas se perdieron más del 90% de todos los seres vivientes. Y de no haber habido esas extinciones, no

estaríamos aquí. Una vez más, ¿puede uno predecir que en algún sitio ha de ocurrir todo esto así, porque sí?

Cuando los mamíferos proliferan, ya sin el peligro de los dinosaurios, son los primates los que más llaman la atención por su desarrollo. Hace 3,5 millones de años aparecen las huellas de un primate que caminaba sobre dos patas en el centro de África, en Laetoli.

Finalmente tenemos que buscar una indicación de que hay inteligencia. ¿Cuándo? Cuando hay un ser que se preocupa por algo que no tiene valor alguno para la supervivencia. Porque una cueva protege a uno del frío igual si está decorada que si no lo está. Y un hacha corta lo mismo si el mango es muy bonito o si no lo es. El ser humano tiene la necesidad de buscar Verdad, Belleza y Bien, aunque no tenga valor alguno para la supervivencia.

Siguen sobreviviendo muy bien contemporáneos de los dinosaurios, desde las tortugas a los insectos. No podemos fundar la evolución en una progresión que se basa sólo en la supervivencia.

Creo que lo dicho es suficiente para dar una base muy sólida a la afirmación de que todo está hecho, como dice la Biblia, con número y medida. Que todo está hecho con una finalidad, que es que pueda darse la vida inteligente.

¿Y por qué es el universo así? ¿Por casualidad? El decir que es por casualidad es lo mismo que decir porque sí. La casualidad en ciencia solamente puede calcularse de una manera: se calculan las probabilidades de diversos modos de ocurrir algo y entonces se dice que ocurre por casualidad de una forma u otra con mayor frecuencia. Cuando sólo hay un caso, como es el universo (porque hablar de otros universos es hablar de ciencia-ficción) uno no puede hablar de casualidad. Entonces, ¿qué queda? El universo es como es por una decisión finalística en que el Creador —que es responsable de que el universo exista— crea con un fin, porque todo aquél que actúa inteligentemente actúa por un

fin, y el fin lo podemos inferir precisamente de toda esa serie de ajustes que permite que nosotros existamos:

¿Por qué es el universo como es?

Porque está hecho para el hombre.