



# COMO HIJOS DEL VACÍO

Enrique Reina



Madrid, mayo de 2020

## ÍNDICE

	Página
El pre-universo -----	3
El origen del universo -----	11
El origen de la masa y la materia -----	17
El origen de la Tierra -----	22
El origen de la vida -----	27
EL origen y la evolución del hombre ---	33
El origen del ateísmo técnico -----	45
La evolución del ser -----	53
 Bibliografía -----	 56

## EL PRE-UNIVERSO

A veces he intentado retroceder en el tiempo para preguntarme qué podían pensar sobre el origen del hombre, digamos, por ejemplo, nuestros antepasados del siglo quince. Ciertamente, no podían salir de la teoría creacionista, según la cual el hombre había sido creado de forma directa por un agente divino. No tenían una alternativa racional a esa respuesta, que era la que habían escuchado durante toda su vida, y estaba avalada, además, por la autoridad eclesiástica. Otra explicación parecía imposible. En cuanto al origen y diversidad de los animales, ni siquiera se lo plantearían, pues si un agente divino se había entretenido en crear al hombre, con un poco más de esfuerzo podría haber hecho lo mismo con todos los animales que había por el mundo. El libro de Charles Darwin “El origen de las especies”, publicado en 1859, nos dio una respuesta racional y definitiva. Todos los animales y los hombres tenemos un origen común, que es el origen de la vida, desde el que venimos evolucionando hasta este momento.

Algo similar podemos decir del origen y la evolución del universo. Hasta el mismo Einstein, y estamos hablando de la primera treintena de años del siglo XX, creía que el universo era cerrado y fijo. Se planteara o no su origen, Einstein creía que el universo se mantenía siempre igual a sí mismo. El cambio fue radical cuando en 1929 el astrofísico Edwin Hubble descubrió que el universo estaba en expansión y que las galaxias se estaban alejando constantemente unas de otras. Se inició entonces una nueva etapa, que ha sido capaz de ofrecernos una explicación racional del origen del universo. El planteamiento era simple: si el universo está en expansión y siempre lo ha estado, yendo hacia atrás encontraremos su origen en un punto inicial, un punto de partida.

Gracias a los avances de la astrofísica desencadenados tras el hallazgo de Hubble, muchas personas saben que hace unos 13.800 millones de años ocurrió un hecho sin precedentes, una singularidad llamada big-bang, a partir de la cual se puede explicar con bastante rigor científico cómo ha evolucionado el universo desde entonces hasta ahora. Y también se pueden hacer predicciones de su evolución mirando hacia el futuro. Sobre ambas cosas existen infinitud de experimentos, medidas y teorías, y de ellas hablan los científicos con absoluta certeza. La influencia del descubrimiento del big-bang fue tan grande que dio lugar al mayor avance de la astrofísica conocido hasta entonces. Sin embargo, su misma grandeza se convirtió en un muro que impidió mirar hacia atrás, más allá de ese primer momento, más allá del big-bang. Por eso, de lo que hubo antes del big-bang, llamémoslo el pre-universo, no se sabe nada o casi nada, y lo poco que se cree saber, seguramente tiene más de especulación que de rigor científico. No obstante, se puede trazar un esbozo de lo que pudo ser el pre-universo siempre que sea compatible con los conocimientos actuales de la física.

A la mayoría de la gente nos lo han puesto tan difícil que pensar más allá del big-bang nos deja la mente en blanco, como si pensáramos en la nada. A veces intento imaginarme el pre-universo y lo hago situándome en el fondo de un océano inmenso y profundo, donde todo es quietud y sosiego, donde nada se mueve y donde todo es igual en cualquier dirección que miremos. Allí no hay nada que nos permita hablar del tiempo, ni del espacio. Tampoco hay nada que nos recuerde la luz o el sonido. Solo hay

inmensidad, la inmensidad silente y oscura de las profundidades del océano, la mayor inmensidad tomada de la naturaleza que uno pueda imaginar. Pero esa inmensidad, porque existe, no puede ser absoluta, porque nada es absoluto en este mundo. Entonces me parece que siento la presencia de algo. Algo muy pequeño, insignificante, lo mínimo que se puede sentir, pero que está allí, fuera de mí. ¿Y qué es lo mínimo que se puede sentir? Pues lo mínimo que se puede sentir allí, en el fondo del océano, es la presencia de unas burbujas minúsculas que aparecieran de pronto por aquí y por allá y que antes de que nos diéramos cuenta, fueran reabsorbidas de nuevo por el propio océano.

Naturalmente, esta imagen es pura ficción, pero es la que me viene a la cabeza cuando pretendo imaginar una inmensidad absoluta, una inmensidad callada y plena de quietud, pero que siempre me da alguna señal de que no se trata de la nada. Pero sigamos adelante. Supongamos ahora que a cada gota de ese océano inmenso le asignamos el valor de su temperatura y nos olvidamos del agua. En esta nueva situación, estaríamos sumergidos en lo que se llamaría un campo de temperaturas, representado por un número en cada lugar donde antes había una gota de agua. O bien, lo mismo que a cada punto le hemos asignado una temperatura, podríamos asignarle una fuerza, representada por una pequeña flechita que indicara el valor y el sentido de aplicación de esa fuerza, que podría ser, por ejemplo, la fuerza de la gravedad por unidad de masa en ese punto. En este caso, nos sentiríamos sumergidos en un campo de fuerzas. Generalizando un poco más, en vez de una temperatura o una fuerza, a cada punto le podríamos asignar una función matemática, una función matemática en el campo de los números reales o de los números complejos que, con un cierto grado de probabilidad, dependa o pueda depender, por ejemplo, de sus coordenadas. Entonces, lo que tendríamos a nuestro alrededor, no serían ni las gotas del océano, ni un campo de temperaturas, ni un campo de fuerzas. Estaríamos sumergidos en lo que se llama un **campo cuántico**, que es algo que puede estar ahí sin que nosotros lo percibamos de ninguna manera. Y lo mismo que en la profundidad del océano teníamos constancia de su existencia porque de vez en cuando aparecía una burbuja que era rápidamente reabsorbida, el campo cuántico nos hablaría de su existir porque en su seno se producirían pequeñas fluctuaciones, que lo mismo que las burbujas, serían reabsorbidas enseguida por el propio campo. Estas fluctuaciones reciben el nombre de fluctuaciones cuánticas. Pues bien, esto, es decir, un campo cuántico con sus correspondientes fluctuaciones cuánticas, que para nosotros tiene la apariencia del vacío, puesto que no lo podemos percibir, es lo que podría constituir lo que hemos llamado el pre-universo. Algo muy parecido a la nada, pero que no es la nada. Algo que no podemos ver pero que está ahí.

La alternativa a esta hipótesis sería que lo que hubiera antes del big-bang fuera la nada. La diferencia entre ambas hipótesis es que de la nada no puede surgir el big-bang, y de un campo cuántico sí, como veremos más adelante.

Y para seguir analizando este asunto, veamos lo que dice la física sobre la nada. Creo que los físicos cuando se refieren a la nada suelen decir el vacío, que es lo que queda en el interior de un recipiente cuando se ha extraído del mismo todo lo que había en su interior. Este vacío lo necesitan para algunos de sus experimentos y también lo han buscado expresamente, como objeto de su conocimiento y su afán de saber.

Uno de los experimentos donde los físicos necesitan hacer el vacío, es en el experimento más grande que se está haciendo hoy día en el mundo, que se lleva a cabo en el centro denominado CERN, donde se toma un haz de protones y se acelera hasta que alcanza la velocidad de la luz. Esto es muy difícil de realizar, pero, afortunadamente, es

fácil de entender. El protón es el núcleo de un átomo de hidrógeno, y para obtenerlo basta quitarle al átomo el electrón que le sobra, lo que se puede hacer con un campo eléctrico. Como el hidrógeno es el elemento más abundante que tenemos a nuestro alrededor, disponer de un haz de protones no parece difícil. Este haz de protones se acelera en un circuito cerrado empleando para ello campos magnéticos muy fuertes, hasta alcanzar una velocidad a la que, en términos de porcentaje, solo le falta una millonésima de punto para llegar a la velocidad de la luz. Y para evitar que el haz de protones pueda chocar con nada, en ese tubo hay que hacer el vacío. Pues bien, a pesar de los avances de la física experimental, ese vacío absoluto que allí se necesita no se ha conseguido nunca. Y no por falta de recursos materiales y humanos, ya que este experimento es el de mayor presupuesto del mundo y en él trabajan más especialistas altamente cualificados que en ningún otro.

Además de que para algunos experimentos se necesiten condiciones de vacío, la búsqueda de este vacío también ha sido objeto de experimentación en sí misma. Se entiende que el vacío total dentro de un recipiente se alcanza cuando en su interior no hay nada, y por lo tanto la presión que ejercería el contenido del recipiente sobre sus paredes tendría que ser igual a cero. Esto nunca se ha logrado. La presión más baja alcanzada jamás ha sido del orden de una centésima de una billonésima parte de una atmósfera, siendo una atmósfera la presión que hay a la orilla del mar.

¿Y qué es lo que hay dentro de un recipiente en esas condiciones? El experimento más conocido y más fácil de entender es el de un físico holandés llamado Hendrik Casimir, que en 1948 introdujo dos placas metálicas, paralelas entre sí y casi juntas, en el interior de un recipiente donde se había hecho el máximo vacío posible, y pudo comprobar que las dos placas experimentaban una fuerza de atracción mutua. Esta fuerza de atracción solo se puede explicar, considerando que en el interior del recipiente existe un campo cuántico cuyas fluctuaciones dan lugar a la fuerza de atracción medida, que es directamente proporcional a la constante de Planck, a la velocidad de la luz y a la superficie de las placas, e inversamente proporcional a la cuarta potencia de la distancia que había entre las placas. El vacío de Casimir no era absoluto, pero lo que había allí dentro no era la nada. Se puede concluir por lo tanto que cuando buscamos un estado de vacío, extrayendo toda la materia posible de un recipiente, lo que encontramos es un campo cuántico en un estado de mínima energía, en el que aparecen y desaparecen miles de fluctuaciones de forma completamente errática. Estas fluctuaciones son la energía de vacío.

La existencia de la energía de vacío también se pone de manifiesto cuando se estudian los niveles energéticos de los electrones en los átomos. Sucede entonces, que a veces surgen algunas discrepancias entre los valores calculados y los valores medidos, y que estas diferencias desaparecen cuando se introducen en los cálculos los efectos debidos a la existencia de la energía de vacío. A este efecto se le conoce con el nombre de efecto Lamb. Todos estos resultados nos llevan a desechar la hipótesis de que el pre-universo era la nada y mantener, como habíamos dicho, que en el pre- universo lo que había era un campo cuántico con sus correspondientes fluctuaciones y su energía de vacío. Sigamos por lo tanto por este camino y hablemos de las fluctuaciones.

Las fluctuaciones de un campo cuántico pueden ocurrir en cualquiera de sus puntos o en muchos simultáneamente por la acción de pares de partículas que aparecen de pronto y que inmediatamente vuelven a desaparecer. Estas partículas tienen que desaparecer para que se cumpla el principio de conservación de la energía, y tienen que

sumar una carga eléctrica nula para no alterar el estado neutro inicial del sistema. Esto quiere decir que pueden ser, por ejemplo, pares de fotones, que son partículas sin carga eléctrica, o pares de partículas-antipartículas. Recordemos que una partícula y su antipartícula solo se diferencian en que sus cargas eléctricas son iguales y opuestas entre sí. Estas formaciones de pares de partículas que surgen de manera espontánea y desaparecen de la misma manera, suponen la aparición y desaparición de una determinada cantidad de energía. Si las partículas son, por ejemplo, un electrón y su antipartícula el positrón, que los dos tienen la misma masa, su propia masa es ya una forma de energía. Si son dos fotones, que son partículas sin masa, su energía será igual al producto de su frecuencia por la constante de Planck. A este fenómeno de creación y desaparición de pares de partículas es a lo que se llama fluctuación cuántica.

En una primera aproximación intuitiva parecería que la creación de un par partícula-antipartícula, sería algo fácil de ver, pues bastaría con aplicar un campo eléctrico, para que el electrón y el positrón salieran disparados en sentidos contrarios. La realidad es muy distinta. Para conseguir esto habría que aplicar unos campos eléctricos tan grandes que, en las condiciones en las que habría que hacer este experimento, aún no son posibles.

Las fluctuaciones cuánticas tienen una característica importante, que consiste en que el producto de la energía de la fluctuación multiplicado por su duración tiene un valor finito que tiene que estar por encima de un valor dado, por lo cual, si el tiempo es muy largo la energía puesta en juego tiene que ser pequeña, pero si el tiempo de la fluctuación es muy pequeño la energía puede ser muy alta. Esta propiedad no tiene limitaciones, por lo que si el tiempo tiende a cero la energía tiende a infinito. Como en física no existe el infinito, digamos simplemente que puede ser grandísima.

En la vida ordinaria la energía de cualquier sistema físico se mantiene constante mientras que desde el exterior no se le aporte o se le reste ninguna energía. En el mundo cuántico también existe este principio de conservación de la energía, pero admitiendo las mencionadas fluctuaciones, con la condición de que toda la energía puesta en juego en una fluctuación sea reabsorbida por el campo en su totalidad. Sin embargo, en un campo en situación de vacío, como el campo al que nos estamos refiriendo, si se producen simultáneamente miles y miles de fluctuaciones, durante el tiempo que están en activo dan lugar a la aparición de una energía importante en valor medio que se denomina energía de vacío.

Si pensamos en el principio de conservación de la energía de un sistema clásico, podemos representarlo por una línea recta horizontal, que indica que no hay cambios en el tiempo y que todo se mantiene constante, o, mejor, la podemos representar por un plano horizontal, una superficie plana en la que nada cambia y nada se mueve. Para darle validez a esta representación en el mundo cuántico solo hay que añadirle las fluctuaciones, que las podemos representar por unos conos geométricos de distinto tamaño, que aparecen y desaparecen sobre dicha superficie. Los conos son todos desiguales entre sí. Unos son de base grande y poca altura y otros de base muy pequeña y muy altos. Los primeros corresponden a fluctuaciones de larga duración y poca energía y los segundos a un repunte de energía muy grande durante un tiempo pequeño. En esta imagen todos los conos pueden aparecer y desaparecer en cualquier momento y en cualquier punto de la superficie. Si hiciéramos un video de esta representación, tendríamos una buena imagen de lo que era el pre-universo: una superficie limpia, tersa y sin límites sobre la que aparecen y desaparecen sin cesar pequeños conos que representan fluctuaciones de

energía. Esta imagen es ya o pretende serlo, un poquito más técnica que la del fondo del océano con la que comenzamos el capítulo.

Al llegar a este punto, alguien pudiera pensar que esto de la energía de vacío está muy bien, que es una teoría muy bonita y que nos sirve, como hemos hecho, para plantearnos como pudo ser el pre-universo, pero que esta energía no tiene nada que ver con nosotros. Quien así pensara cometería un gran error, porque la energía de vacío que acabamos de ver en relación con el pre-universo, juega también un papel importantísimo en el mundo actual, donde está presente en cantidades gigantescas. Veamos dos ejemplos. Al medir la expansión del universo se ha comprobado que no lo hace a velocidad constante sino a una velocidad cada vez mayor. Para explicar esta expansión acelerada, que hoy día se puede medir con bastante precisión, hay que contar con una energía hasta ahora desconocida, que por ese motivo se ha llamado energía oscura, cuya fuerza expansiva supere con creces las fuerzas gravitatorias que se oponen a esta expansión. El valor de esta energía no es ninguna bagatela, pues supone alrededor del setenta por ciento del balance global de energía-masa de todo el universo conocido. Actualmente se cree que esta enorme cantidad de energía es energía de vacío, similar a la energía de vacío del pre-universo.

Y junto a este ejemplo que afecta al universo en su totalidad, es decir, a lo más grande que existe, otro que afecta a algo muy pequeño, a los protones. Los protones no son partículas simples, sino que se componen de tres partículas, denominadas quarks, aglutinados en su interior por una fuerza enorme, tan grande que se llama fuerza fuerte, debida a un campo cuyas partículas se llaman gluones. Lo mismo que en el caso anterior, si se hace balance de la energía-masa de un protón, nos encontramos con que la masa propiamente dicha de un protón, es decir, la suma de las masas de los tres quarks, supone solo un uno por ciento del total, por lo que el resto se atribuye a energía de vacío, aportada por un campo en estado de vacío en el que pululan como en una sopa miles de quarks y gluones. Nuestro cuerpo y todo cuanto nos rodea está lleno de protones, por lo que el valor de la energía de vacío en el mundo actual es tan grande que resulta casi imposible de calcular.

Por todo lo anterior, la teoría de que el pre-universo consistía en un campo cuántico en estado de vacío, parece completamente compatible con la física cuántica actual, máxime si se tiene en cuenta, como veremos después, que este campo en estado de vacío cuántico pudo ser la causa del big-bang.

Y ya que lo tenemos definido, pensemos un poco en este pre-universo, en su extensión y en su contenido.

Lo primero que hay que decir es que si lo tuviéramos delante no veríamos nada, los campos cuánticos ni se ven ni se pueden medir. Se pueden detectar, como en el citado experimento de Hendrik Casimir, o se pueden medir sus intercambios de energía con otros campos, pero eso es diferente. Si nos pudiéramos asomar al pre-universo a través de la ventana de nuestro cuarto, no veríamos nada, absolutamente nada.

No veríamos nada, pero tenemos que intentar interpretarlo. Por ejemplo, hablemos del tiempo. Se ha dicho muchas veces que hablar del tiempo antes del big-bang no tiene ningún sentido, porque el tiempo comienza precisamente con el big-bang. Esto se ha repetido hasta la saciedad, y yo creo que no es verdad. Lo que se producía entonces, después del big-bang, eran sucesos separados unos de otros, uno aquí, otro allí, uno ahora y otro después. La noción del tiempo no comienza con el big-bang, la noción del tiempo comienza con el hombre, porque uno de los existenciales del hombre es, según Heidegger,

la temporeidad, ese percibir que en cada instante de su existir se unen futuro, presente y pasado, ya que su quehacer diario es un cierto mirar hacia adelante, bregando con los entes que comparten el mundo con él, y ateniéndose a la situación en que se encuentra debido a su pasado. Esta temporeidad, que es un existencial del hombre, empieza a tomar cierto aire de objetividad cuando el hombre, observando los fenómenos cíclicos que tiene a su alrededor, utiliza frases como “nos vemos cuando salga el sol”, o “cuando florezcan los almendros saldremos a cazar de nuevo”. De esta manera el existencial que el hombre lleva dentro va generando un tiempo aparentemente objetivo medido por fenómenos naturales, como la rotación de la Tierra o su órbita alrededor del Sol, que le resulta de gran utilidad. De ese existencial surge así una métrica del tiempo, y se crea lo que ahora llamamos tiempo, como si fuera algo externo al hombre. Con el avance de la ciencia se crea igualmente un patrón para la unidad de tiempo, y con ese patrón podemos medir la duración de cualquier fenómeno, que será su tiempo propio si se hace desde su mismo sistema de referencia, o un tiempo relativo si se mide desde otro sistema. Como quiera que estos patrones los hemos aplicado a muchos fenómenos que ocurrieron a partir del el big-bang, incluso para decir que este fenómeno ocurrió hace 13.800 años, nos hemos acostumbrado a decir que el tiempo empezó con el big-bang sin que ello sea correcto. Pues bien, si estos patrones de tiempo son los que hemos utilizado desde el big-bang hasta ahora, ¿qué nos impide aplicarlos al pre-universo que dio origen al big-bang? Nada.

Pues bien, si aplicamos este tiempo métrico al pre-universo, para preguntarnos desde cuando estuvo allí el campo cuántico que era lo único que allí había, no tenemos nada más que una respuesta: El campo cuántico que era el pre-universo estuvo allí desde siempre, y eso es lo único que hubo allí hasta el big-bang. No decimos eternamente hacia atrás porque esta palabra solo la emplearíamos si habláramos de religión. Tampoco decimos infinitos años hacia atrás porque esta palabra solo tiene un significado matemático. Con decir “siempre” es suficiente. Para nosotros, pensar en ese campo del pre-universo es como pensar en la nada, ya que no resulta perceptible para nuestros sentidos. Solo la energía lo ocupaba todo, pero eso no tiene que extrañarnos, porque eso es lo que también ocurre en nuestros días, ya que todo el universo conocido ahora es también solo energía. Energía hecha materia, energía gravitacional, energía cinética y, por supuesto, como entonces, energía de vacío.

Acabamos de decir que ese campo lo ocupaba todo. ¿Cuánto es ese todo? A juzgar por lo que tenemos ahora, es difícil imaginar un pre-universo pequeño, pues si fuera pequeño tendría límites, y los campos no tienen límites. Hay campos cuyos efectos, aunque pequeños, tienen un alcance teóricamente infinito, y campos cuyos efectos se desvanecen enseguida, pero ninguno de ellos tiene límites. Por eso hay que pensar que el pre-universo era ilimitado, es decir, sin límites. Pero, ¿era necesario que fuera ilimitado, tanto para ser él mismo como para que de él surgiera el big-bang, con la potencialidad de dar lugar y albergar al universo actual? Seguramente no, pero viendo que el universo actual no es un modelo de economía de medios sino todo lo contrario, ya que todo en él es despilfarro inútil, es muy probable que el pre-universo tampoco fuera un modelo de economía de medios, y que este universo innecesariamente inmenso en el que nosotros vivimos surgiera en el seno de un pre-universo también innecesariamente inmenso.

¿Y la temperatura? ¿Cuál era la temperatura del pre-universo? Naturalmente nadie lo sabe. Los campos que conocemos parece que no están influenciados por la temperatura. El campo gravitatorio no creo que cambie con la temperatura, pues nadie nos ha dicho que un objeto pese más o menos según se pese durante el día o durante la noche. Lo



mismo ocurre con el campo eléctrico creado por un electrón, y tampoco tenemos noticias de que una emisora de radio, salvo interferencia exteriores, se oiga mejor o peor en invierno que en verano. Sin embargo, puestos a elegir entre alta o baja temperatura hay que inclinarse por la segunda opción, ya que el proceso energético del pre-universo tuvo que ser muy lento, de evolución casi imperceptible, y eso es más compatible con una temperatura baja que con una temperatura alta. Además, los que se atreven a hacer previsiones sobre el futuro de nuestro universo, lo ven como algo oscuro y frío, por lo que si el pre-universo fuera frío, tendríamos una imagen global de un todo frío, donde los campos se desenvuelven a su antojo y donde nuestro universo aparecería como una anécdota aislada, como una burbuja, en medio de una inmensidad fría por delante y otra por detrás, ambas sin principio ni fin. Algo que somos incapaces de imaginar.

Y hay que añadir también, que el valor del campo cuántico que era el pre-universo podría ser igual a cero, pues, como veremos en el capítulo siguiente, los campos cuánticos pueden presentar un estado, llamado de falso vacío, en el cual, pueden tener actividad energética a pesar de que el valor del campo sea nulo.

Y, ¿cómo evolucionó este campo con el transcurrir del tiempo? Todos los sistemas físicos que conocemos evolucionan creando desorden a su alrededor. A este desorden los físicos lo llaman entropía, por lo que utilizando ya esta palabra podemos decir que todo evoluciona de tal manera que la entropía del universo siempre va en aumento. Pensemos en nosotros mismos y en cómo vamos contaminando los océanos y todo cuanto nos rodea. Ahora que pretendemos reducir este desorden a límites sostenibles, tenemos que tener presente que, aunque detengamos la velocidad de crecimiento de la entropía, lo que nunca podremos conseguir es que este crecimiento sea nulo. Volviendo al campo cuántico del pre-universo, tenemos que imponerle la condición de que el valor de su entropía tuvo que mantenerse constante, pues, aunque su crecimiento hubiera sido mínimo, como quiera que el campo estuvo allí desde siempre, habría alcanzado valores insostenibles. Así pues, el campo cuántico del pre-universo tuvo que mantenerse en una situación completamente estable, de orden absoluto, y sin dar cabida a ningún tipo de desorden, con una entropía que podríamos calificar de entropía durmiente. Una situación tan equilibrada que solo pudo romperse por algo infinitamente improbable, pero que llegó a suceder llevándose por delante lo que siempre había estado allí.

Con estos datos tenemos ya bastante definido cómo imaginamos que podría haber sido un pre-universo compatible con la ciencia: como un campo cuántico donde las partículas emergen y desaparecen en miles de fluctuaciones cuánticas generando energía de vacío; imperceptible para nosotros aunque hubiéramos estado allí, y por tanto con un aspecto muy parecido a lo que imaginamos cuando pensamos en la nada; que estuvo allí siempre, porque no hay ninguna otra cosa que le dispute su sitio, ni cabe entender que tuviera límite alguno; y que ocupaba todo el espacio.

Pero de allí, donde nada podía sugerirnos ninguna posibilidad de vida, procede este universo que conocemos, y eso es un hecho. Por lo tanto, se puede decir que en aquel pre-universo ya estábamos nosotros de manera potencial, digamos que, asomando la cabecita en cada una de esas fluctuaciones, en cada una de esos millones de fluctuaciones que se daban por doquier y eran necesarias para mantener la actividad del pre-universo. Sin embargo, creo que Aristóteles no nos permitiría decir que nosotros estábamos allí en potencia, porque la relación entre la potencia y el acto, supongo que requiere un vínculo de unión fuerte, y relacionar con sentido de causalidad este pre-universo con la vida, y no

digamos ya con la vida inteligente, tiene una probabilidad de acierto tan pequeña que hay que identificarla con probabilidad cero.

## EL ORIGEN DEL UNIVERSO

Para entender lo que le pasó al pre-universo, que parecía algo tranquilo que había estado allí por siempre, en un transcurrir más o menos equilibrado, con sus fluctuaciones y su energía de vacío, hay que explicar algo más sobre los campos cuánticos.

Cuando un sistema físico se abandona a sí mismo sin aportaciones exteriores de energía, tiende siempre a ocupar su estado de mínima energía. Cualquier objeto que tengamos en las manos tiene una energía potencial debida a la gravedad, simplemente por su posición dentro del campo gravitatorio. Por eso, si lo soltamos caerá sobre la superficie de la Tierra entregándonos, si sabemos aprovecharla, esa energía potencial. Ya en el suelo seguirá sometido a la acción de la gravedad, pero de ahí ya no puede pasar. Ha alcanzado el nivel de mínima energía dentro del campo gravitatorio donde se encontraba.

El estado de mínima energía de un campo cuántico es de suma importancia, hasta el punto de que los campos cuánticos, que pueden ser de dos tipos, se diferencian, precisamente, por su estado de mínima energía, llamado normalmente estado de vacío. El modelo de campo más sencillo es el de los campos electromagnéticos. Si estuviéramos en una habitación cerrada completamente aislados, y con una lámpara estuviéramos leyendo una novela, todo el haz luminoso sería un campo electromagnético, que en cada punto tendría un valor y una energía. Si apagáramos la luz, el campo valdría cero y su energía valdría también cero. Si con un regulador hiciéramos que el haz de luz fuera muy tenue, el valor del campo sería pequeño y el de la energía también. Si aumentáramos la intensidad de la luz, aumentarían los valores del campo y de la energía. Tenemos pues, que cuando el campo vale cero, la energía también es cero, y cuando el campo toma cualquier valor, la energía toma el valor que por ese campo le corresponde. Esto es sencillo. Al punto de vacío le corresponde un valor del campo igual a cero y un valor de la energía igual a cero. Y si el campo fluctuara alrededor de ese valor nulo, también fluctuaría la energía.

Sin embargo, en la física cuántica las cosas casi nunca son tan sencillas ni están al alcance de nuestra mente racional. Por eso antes de hablar del segundo tipo de campos cuánticos conviene hacer algunos comentarios generales. La física cuántica es tan compleja que algunos dicen de ella que fue un lío en el que nos metieron unos señores llamados Borh y Heisengerg, del que todavía no hemos sabido salir. El físico Richard Feynman decía que la física cuántica es así porque nos muestra la naturaleza tal cual es, es decir, absurda. Aunque nadie sabe en su totalidad como funciona un ordenador cuántico, lo cierto es que ya hay varios funcionando por el mundo. En mi opinión lo mejor es tomarse la física cuántica con un poco de fe, con sentido de su utilidad y con cierto sentido del humor.

Dentro de la mecánica cuántica hay varias cosas interesantes, o desconcertantes, relacionadas con el número **dos**. El haz luminoso del que hablábamos antes, puede interpretarse de **dos** maneras: como una lluvia de fotones que viaja desde el foco de luz al libro, o como una propagación ondulatoria. En unas condiciones dadas, cuando **dos** fotones salen de una determinada fuente en direcciones opuestas, cada uno de ellos sabe lo que está haciendo el otro. Esta propiedad cuántica se llama entrelazamiento. Un sistema

físico puede evolucionar superponiendo simultáneamente sus **dos** o más estados posibles. Esta propiedad cuántica se denomina superposición. Una de las propiedades cuánticas de los electrones es que pueden presentarse bajo **dos** apariencias distintas. Pues bien, el segundo tipo de campos cuánticos al que queríamos referirnos, puede incluirse también en este grupo, porque se caracteriza y se diferencia de los campos electromagnéticos, en que tiene **dos** estados de vacío: un estado de vacío llamado falso vacío, en el que la energía tiene un determinado valor, y otro, llamado vacío verdadero, o vacío absoluto, en el que la energía del campo es igual a cero. Como vemos, esta propiedad que, en principio, podría parecernos un poco rara, está en sintonía con otras singularidades del mundo cuántico.

¿De qué tipo era el campo cuántico del pre-universo? El campo del pre-universo era de este segundo tipo, y se hallaba en situación de falso vacío, por lo que su energía media tenía un determinado valor, sobre el que tenían lugar las fluctuaciones originadas por la energía de vacío, que, como ya se ha dicho, consistía en la aparición de pares de partículas, o pares de partículas y antipartículas, que aparecían por miles por todas partes y eran reabsorbidos inmediatamente por el propio campo. Estas fluctuaciones, como sigue ocurriendo en los campos cuánticos que ahora conocemos, ponían en juego durante un tiempo una determinada cantidad de energía, con la característica de que el valor de la energía y su tiempo de acción correspondiente eran inversamente proporcionales. Por lo tanto, si, matemáticamente, el tiempo tendía a cero, la energía podía ser muy grande.

En el largo transcurrir del pre-universo probablemente hubo fluctuaciones de todo tipo, con energías pequeñas, medianas y grandes, sin que ninguna de ellas fuera suficiente para hacer salir al campo de su estado de falso vacío. Hasta que un día sí ocurrió, y una fluctuación fue lo suficientemente grande para que el campo en ese punto tuviera que abandonar su estado de falso vacío, que era poco estable, sin otra opción que ir a buscar el vacío absoluto, donde el valor de la energía tenía que ser igual a cero.

Y ahí empezó todo lo que ahora conocemos. Al pasar del falso vacío al vacío absoluto, cuya energía tenía que ser cero, quedó disponible la energía del falso vacío, que se sumó a la energía de la fluctuación, dándose ese fenómeno en un tiempo infinitesimal y en un punto o espacio también infinitesimal. El resultado de todo ello es lo que ahora llamaríamos una explosión, que, como ocurriría con la explosión de una bomba actual, generó una onda expansiva y una elevación de la temperatura enorme. Al producirse esta explosión en un punto, se desencadenaron explosiones similares en otros muchos, dando lugar al fenómeno conocido como big-bang. La expansión provocada se vio además favorecida porque en la transición del falso vacío al vacío absoluto existía una zona de lo que ahora se llama gravedad repulsiva. Aunque se escapa a nuestra capacidad de imaginación, cuando hemos hablado de un tiempo infinitesimal, podríamos estar hablando de diezmilésimas de trillonésimas de trillonésimas de trillonésimas de segundo, es decir, del orden de cuarenta ceros. Al decir que se elevó la temperatura, en grados actuales también habría que poner treinta o cuarenta ceros, pero en la parte entera del número en lugar de la decimal. Finalmente, para calcular la expansión tendríamos que multiplicar por un factor que tendría del orden de cuarenta cifras.

Aunque todos estos valores son muy disparatados, a partir de este momento la física puede explicar todo lo que ha ocurrido en el universo desde entonces hasta nuestros días, incluso contando el tiempo en años a partir de ese instante cero. Esta cronología es muy interesante y de ella se han escrito libros enteros explicando solo el primer segundo o los tres primeros minutos de la vida de ese universo naciente. Aquí vamos a considerar

que esta fase inicial duró trescientos ochenta mil años, ya que hasta ese momento la cosa no empezó a despejarse, y el universo no empezó a parecerse a lo que ahora conocemos.

La expansión del universo que se inició entonces dura hasta nuestros días, aunque no fue descubierta hasta el año 1929, cuando el astrónomo estadounidense Edwin Hubble, al observar las galaxias, se percató de que la luz sufría un corrimiento hacia el rojo, que es lo que ocurre cuando algo se aleja, pues las ondas se van separando y la longitud de onda aumenta. La deducción estuvo clara: las galaxias se están alejando y por lo tanto el universo está en expansión. En sus primeros años la expansión no fue uniforme. Casi toda la expansión desde el big-bang hasta ese límite que nos hemos marcado de 380.000 años, tuvo lugar durante los primeros instantes, y es conocida como expansión inflacionaria. A continuación, el ritmo de la expansión fue muchísimo más lento, con una desproporción enorme entre ambos períodos. Hoy día la expansión del universo continúa, se mide con bastante facilidad, y se sabe que las galaxias más distantes de nosotros se alejan a mayor velocidad que las más cercanas. Precisamente, esta expansión continua del universo fue lo que hizo pensar en una posible singularidad, conocida ahora como big-bang, pues alguien dedujo que, si el universo estaba en expansión, yendo hacia atrás tendríamos que ir contrayéndonos hasta encontrar el origen donde todo empezó.

Durante aquel derroche energético se crearon también cuatro campos, que son la base de las cuatro fuerzas que gobiernan el universo actual. Estas cuatro fuerzas ahora están separadas, pero probablemente surgieron como una fuerza única. Una de ellas es la fuerza gravitatoria, que da lugar a la ley de la gravedad que casi todos conocemos. Otra es la fuerza electromagnética, que es la que se manifiesta en fenómenos tan populares como las telecomunicaciones, la luz eléctrica o los rayos X. La tercera es la llamada fuerza débil, de la que dependen las reacciones nucleares y por lo tanto la radiactividad, en la que se basan las bombas atómicas y las centrales eléctricas nucleares. Y finalmente, la denominada fuerza fuerte, gracias a la cual, los tres quarks que forman los protones y los neutrones permanecen allí ubicados juntos y bien amarraditos. Esta fuerza fuerte es muy grande, pero de muy corto alcance, quedando confinada en el interior de los neutrones y los protones, por lo cual no se encuentran manifestaciones suyas en la vida ordinaria. Además de los cuatro campos a los que se deben las cuatro fuerzas citadas, se creó un quinto campo llamado campo de Higgs, del que nos ocuparemos muy especialmente en el capítulo siguiente, al tratar de los orígenes de la materia.

Ya hemos dicho que los campos cuánticos no los podemos ver. Esto tiene la excepción de los campos electromagnéticos correspondientes a la luz visible. También resulta que no los podemos medir. Sabemos de ellos porque interaccionan unos con otros intercambiando energía. Estos intercambios de energía no se pueden hacer de cualquier forma, y siempre tienen lugar en pequeños paquetes de energía llamados cuantos, de la misma manera que, por ejemplo, una máquina expendedora de azúcar no lo haría a granel sino en pequeños paquetitos. A estos cuantos de energía se les denomina partículas y cada campo tiene asociada una o varias partículas, a través de las cuales se estudian las interacciones y se llevan a cabo los cálculos matemáticos correspondientes.

Las más populares de todas las partículas son los fotones, que son las partículas asociadas a los campos electromagnéticos. Las asociadas a la fuerza fuerte se denominan gluones. La fuerza débil tiene asociadas tres partículas, dos de ellas se representan por la letra W y la tercera por la letra Z. Cuando nos refiramos a ellas escribiremos WWZ. Finalmente, a la gravedad se le ha asignado una partícula llamada gravitón, que aún no se

ha descubierto. Hay que tener mucho cuidado en no confundir estas partículas con las que componen la materia, que son los electrones y los quarks.

Durante la primera diezmilésima de segundo de la vida del universo pasaron muchas cosas y todas ellas son igualmente increíbles:

- La temperatura descendió desde cien billones de trillones de grados hasta solo un billón de grados.

- De las cuatro fuerzas fundamentales que nacieron juntas, la gravitatoria y la fuerza fuerte se separaron, quedando unidas las otras dos con el nombre de fuerza electrodébil. Estas dos fuerzas, la electromagnética y la fuerza débil, también se separarían en seguida.

- Aparecen los quarks, los electrones y los gluones

- Se creó la masa. Es importante recordar que la materia no nació con el big-bang, sino unos instantes después, como veremos en el capítulo siguiente.

- Con la bajada de la temperatura, los quarks ya no tienen energía suficiente para andar por libre, son atrapados por la fuerza fuerte y empiezan a formarse los primeros protones o núcleos de hidrógeno.

- Acto seguido se forman también núcleos un poco más pesados, con un protón y un neutrón, como el del deuterio o con dos protones y uno o dos neutrones como los isótopos del helio. Lo que no existen todavía son los átomos. Los protones de los núcleos tienen carga positiva y los electrones carga negativa, dando un balance total de carga eléctrica nula.

Al cabo de 100 segundos empiezan a formarse algunos protones y neutrones más pesados, pero desde este momento hasta que pasen 380.000 años, el universo es como una sopa de partículas como los electrones y los quarks que no cesan de moverse y chocar entre sí; y campos cuánticos interactuando entre ellos de forma ininterrumpida. Superada la expansión inflación inflacionaria, la expansión es ahora lenta y la temperatura sigue descendiendo, pero siendo lo suficientemente alta para que no se puedan formar combinaciones estables. Si unos quarks se juntan formando un protón, su energía es tan elevada que vuelven a separarse. Si a un electrón se le ocurriera orbitar alrededor de un protón que casualmente encontrara por ahí, volvería a escaparse rápidamente. Y esa sopa es como una masa que va creciendo, pero de la que nada puede escapar. Ni un fotón puede escaparse de allí. Por eso, de esos 380.000 años no tenemos ninguna información. Qué buen laboratorio de partículas habría sido esa sopa enorme para algunos físicos, como por ejemplo Ludwig Boltzmann, que reescribió la termodinámica a partir de la mecánica estadística que él mismo había contribuido a desarrollar. Sin embargo, por la vía experimental, de ese período largo y opaco no sabemos nada, salvo que durante su transcurrir apareció toda la materia inerte que hoy compone nuestro universo, que a partir de ese instante empezará a tomar la forma que hoy conocemos.

Pasado ese tiempo, cuando ya la temperatura había bajado lo suficiente, un protón recibió la visita de un electrón, el cual ya no tenía energía suficiente para escapar, y se encontró tan a gusto que se quedó orbitando a su alrededor. Había nacido el átomo de hidrógeno. El big-bang quedaba ya lejos y olvidado. Empezaba una nueva era. El universo dejó de ser un bebé y empezó a comportarse según leyes racionales. Empezó a pasar lo que tenía que pasar.

Pero cuando ese período opaco, y cerrado de 380.000 años termina, el universo se hace transparente, se abre al mundo y nos manda una fotografía de cómo era en ese momento. Esta fotografía se recibe en la tierra 13.800 millones de años después en

formato de “radiación de fondo de microondas”. Es importante y merece la pena recordarlo.

En el año 1964, dos ingenieros estadounidenses del laboratorio Bell de New Jersey, llamados Arno Penzias (alemán de nacimiento) y Robert W. Wilson, estaban trabajando con una antena para detectar ondas de radio y microondas, cuando se dieron cuenta de que la antena recogía un ruido de fondo que nada tenía que ver con las radiaciones con las que ellos estaban trabajando. Pensando que este ruido podía ser causado por la suciedad dejada por algún pájaro en el interior de la antena la limpiaron cuidadosamente. Al ver que el ruido persistía orientaron la antena en otras direcciones y comprobaron que recibían ese mismo ruido desde cualquier otro punto. Estudiándolo con más detalle llegaron a la conclusión de que no se trataba de un ruido sino de una señal que se ubicaba dentro del espectro electromagnético. Se trataba de una radiación de fondo del universo, que empezó a propagarla en sus comienzos y que desde entonces se estaba expandiendo para llegar a nosotros como un auténtico fósil de otra época. Este fondo de microondas se conoce hoy por sus siglas en inglés CMB. Por este descubrimiento Penzias y Wilson recibieron el premio Nobel en 1978.

En los años noventa la NASA lanzó el satélite COBE con la misión de analizar esta radiación, y se comprobó que correspondía a una radiación de un cuerpo negro a 2,73 °K (grados kelvin), con un coeficiente de correlación prácticamente de uno, que es la máxima correlación posible que se puede dar entre dos fenómenos.

La importancia de este descubrimiento de la radiación de fondo de microondas es enorme, pues nos plantea las siguientes cuestiones: ¿Cuándo empezó a propagarse esta radiación? ¿Cuál era la temperatura del universo en ese momento? ¿Por qué no hay otra radiación anterior a ésta? Estudiando la propia radiación, cómo ha venido expandiéndose desde su origen y aplicando el Modelo Estándar a la evolución del universo desde su nacimiento, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La radiación de fondo de microondas se produjo 380.000 años después de iniciada la vida del universo.
- En ese momento la temperatura del universo era de 3.000 °K.
- No existe ninguna radiación anterior porque hasta ese momento el universo era opaco a las radiaciones que podían emitir las partículas cargadas.
- Como el universo fue opaco a las radiaciones hasta los 380.000 años después de su aparición, ese momento marca para nosotros una pared negra que nos impide seguir mirando hacia atrás.

En el año 2009 La Agencia Espacial Europea, ESA, lanzó el satélite Planck para estudiar la radiación de fondo de microondas, y con los datos que obtuvo se trazó un mapa de temperaturas. Este mapa muestra la diferencia entre la temperatura de cada punto y la temperatura media, diferencia que no es igual en todo el universo, debido a las fluctuaciones cuánticas producidas antes de esa frontera de los 380.000 años. El mapa está elaborado en colores, y no es una mancha uniforme. En él se aprecian zonas diferentes, marcadas por sus contenidos: zonas que indican nubes de hidrógeno y helio, zonas más densas que indican la localización de las galaxias, y zonas que se precian vacías. Pero estas manchas están repartidas de forma homogénea por todo el mapa, manifestando así que el universo es bastante homogéneo según cualquier dirección que tomemos para hacer nuestras observaciones. Miremos para donde miremos, el universo es bastante igual en todas direcciones.

¿Y qué ocurrió después de estos 380.000 años? Pues que las partículas tenían ya menos energía para escaparse cuando de alguna manera quedaban atrapadas. Y entonces se forma el primer átomo de hidrógeno, el universo empieza ya a salir del caos que era aquella sopa informe, y da comienzo a una etapa nueva hacia el ordenamiento que supone la creación de átomos y de materia. La temperatura ya ha bajado hasta tres mil grados y el universo empieza a hacerse transparente a las radiaciones, hasta el punto de que estas primeras radiaciones ya se han podido detectar. Es entonces cuando desde el caos y el desorden pasamos al orden. Y entonces surge la pregunta de si esto no va en contra de lo que nos dice el segundo principio de la termodinámica, según el cual, un sistema aislado, como el universo, no puede evolucionar hacia estados cada vez más ordenados, sino que tiene que hacerlo hacia estados cada vez más desordenados y de forma irreversible. El ya citado aumento de la entropía.

Esto ha planteado algunas dudas, que pueden deberse a situaciones más aparentes que reales. Ahora que ha surgido esta cuestión, veámoslo desde el principio. Recordemos que la situación del pre-universo tuvo que ser completamente estable. A pesar de su carácter aleatorio y no determinista, la energía de vacío de aquella inmensidad salpicada de fluctuaciones, precisamente debido a esa inmensidad casi infinita de fluctuaciones, tuvo que ser constante en valor medio. Sin embargo, su sentido sí era irreversible, pues la creación de partícula-antipartícula y su reabsorción posterior no puede hacerse en sentido contrario. Por eso, el pre-universo evolucionaba siempre hacia adelante, sin posible retorno, pero sin que creciera su grado de desorden, en un estado físico que hemos llamado de entropía durmiente. Pero, un buen día, este estado se rompió. Probablemente una fluctuación de duración infinitesimal y muy alta energía, como ya hemos dicho, desencadenó el big-ban, lo cual no fue quizás necesario, ni esperado, ni predecible, pero ocurrió.

No parece que pueda haber dudas, de que el big-bang y el período de 300.000 años que le siguió, cumplen ambos con las dos condiciones indicadas, de ser irreversibles e ir hacia desórdenes crecientes. Es casi evidente. Las dudas han surgido al decir que a continuación entrábamos en un período en el cual el universo empezaba a ordenarse y a coger la forma que ahora conocemos. Esto es verdad, pero es más aparente que real. En efecto, pronto empezarán a formarse las primeras estrellas y las primeras galaxias, y eso, evidentemente, son signos de mayor ordenamiento; sin embargo, tanto unas como otras solo ocupan una mínima parte del espacio total, estando el resto lleno de polvo interestelar y del material de desecho y los escombros que han ido dejando en su formación, con un balance global que revela un mayor desorden y un proceso irreversible. En definitiva, una entropía creciente. A esto habría que añadir también el grado de desorden que supone la muerte de una estrella, que es algo que supongo que ocurre todos los días. En consecuencia, podemos concluir que el universo que nosotros conocemos sí cumple con el segundo principio de la termodinámica, aunque cuando miramos al cielo lo veamos todo tan ordenado y bien organizado en estrellas y galaxias que nos olvidamos de la entropía.



## EL ORIGEN DE LA MASA Y LA MATERIA

Tras la explosión del big-bang ninguna de las partículas que allí se crean tiene masa. Esto es lo que exigen los modelos matemáticos que explican la evolución del universo desde entonces hasta ahora, modelos aceptados universalmente como buenos por la comunidad científica. Estos modelos se suelen citar con el nombre global de Modelo Standard. ¿Cuándo y cómo apareció la masa de la que deriva la materia que hoy conocemos, de la que está hecho todo cuanto nos rodea, y de la que estamos hechos también nosotros mismos? Y lo que es más importante, ¿qué es la masa? Veamos algo de esto, y veámoslo despacio, porque no tiene una explicación sencilla.

Lo primero que conviene recordar es que, por lo que se refiere a los temas de los que nos estamos ocupando, hay dos clases de partículas con masa: las que forman la materia que llena el universo, y las que están asociadas a algún tipo de campo, pero no forman parte de la materia.

Las que forman parte de la materia son los quarks y los electrones, ya que los primeros son los componentes de los protones y neutrones, y éstos, junto con los electrones, forman los átomos de los que está hecho todo cuanto conocemos. Las partículas que están asociadas a algún campo, pero no forman parte de la materia son las que hemos llamado WWZ, que son las partículas asociadas a la fuerza débil, y la partícula denominada bosón de Higgs, asociada al campo del mismo nombre. Curiosamente, las partículas que forman parte de la materia tienen una masa muy pequeña, y las que no forman parte de la materia tienen una masa muy grande. De los fotones y los gluones, partículas asociadas respectivamente a los campos electromagnéticos y a la fuerza fuerte, no nos ocuparemos ahora porque no tienen masa.

De todas estas partículas, las que participan en la formación de la materia, como hemos dicho, son los electrones, los protones y los neutrones, éstos dos últimos formados por quarks. Las más populares de todas las partículas son sin duda los electrones y los fotones. Sin embargo, la más mediática es el bosón de Higgs, que acaparó prensa y telediaros en todo el mundo hace unos años, después de haberse convertido en leyenda durante décadas. Todo sucedió porque en los años sesenta del siglo pasado, el Modelo Estándar predijo que al inicio del big-bang las partículas no podían tener masa. Entonces surgió la teoría de que la masa sería consecuencia de la aparición de un campo hasta entonces desconocido, llamado campo de Higgs. Si esta teoría era correcta, antes o después tendría que detectarse en algún sitio el bosón de Higgs, que es una de las partículas asociadas a este campo. Cuando el bosón de Higgs fue detectado en el CERN, la noticia se difundió en la prensa y los telediaros de todo el mundo el 4 de julio de 2012. Este descubrimiento confirmó la teoría de que la aparición de la masa se debe al campo de Higgs, y eso es lo que vamos a explicar a continuación.

El responsable de todo esto, que como ya sabemos es el campo de Higgs, tiene asociadas cuatro partículas y las cuatro participan en la creación de la masa. Son la denominada bosón de Higgs, que se designa con la letra H y otras tres que se designan con las letras H1, H2 y H3. El campo de Higgs aparece con el big-bang, pero no se hace

notar porque con las altas temperaturas iniciales todos sus valores posibles son igualmente probables y su valor promedio es cero. Sin embargo, cuando baja la temperatura ya no ocurre lo mismo, y el campo de Higgs, termina en su estado de vacío absoluto y se manifiesta mostrándose como un campo que lo impregna todo, cuyo valor ya no es ni será nunca igual a cero. Se trata de un campo sumamente activo, que interactúa con todos los campos que encuentra a su alrededor, pero de forma distinta con cada uno de ellos. El campo de Higgs es el responsable de la aparición de la masa, y al conjunto de fenómenos que lo hacen posible se le llama Mecanismo de Higgs. Cuando ocurre esto, han transcurrido diez mil millonésimas de segundo desde el big-bang, y la temperatura ha descendido hasta los mil billones de grados.

Las dos partículas de las que está hecha la materia, los electrones y los quarks, tienen un atributo cuántico que consiste en su capacidad para mostrarse bajo dos apariencias distintas, que se han denominado izquierda y derecha. Así, se habla de electrones zurdos y electrones diestros. No se trata de dos estados cuánticos superpuestos, sino de dos estados distintos, dos estados en los que podemos pillar a un electrón cuando lo atrapamos. Cuando un electrón interactúa con un campo de Higgs, si lo ha pillado en el estado diestro pasa al zurdo y viceversa. Por lo tanto, cuando el electrón va avanzando va saltando de un estado a otro como si caminara en zigzag, como si avanzara serpenteando lo mismo que avanzan las serpientes. Por ese motivo, aunque en su ir en zigzag alcance la velocidad de la luz, su velocidad de avance en el sentido de la marcha tiene que estar por debajo de ese valor, que es lo que ocurriría si tuviera masa. Recordemos que ningún cuerpo con masa puede ir a la velocidad de la luz. Por eso se dice que la masa del electrón se debe a su interacción con el campo de Higgs.

Lo mismo les ocurre a los quarks, con la diferencia de que la frecuencia del zigzag es mayor y en consecuencia su masa es también mayor que la de los electrones. La reacción de estas interacciones sobre el bosón de Higgs es que él mismo también se frena y en consecuencia se comporta como si tuviera masa. Como tiene mucha tarea con los electrones y los quarks, se frena mucho y por eso su masa es bastante grande. Para explicar este fenómeno del frenado de los electrones y los quarks, se suele poner el siguiente símil: Antes de la aparición del campo de Higgs, los electrones y los quarks son como personas que atravesaran un salón vacío a la velocidad de la luz; la aparición del campo de Higgs equivale a llenar de invitados ese salón; cuando esto sucede, si alguien quiere atravesar el salón, tendrá que hacerlo zigzagueando para no chocar con los invitados; en consecuencia su velocidad en el sentido de la marcha ya no podrá ser igual a la velocidad de la luz.

El proceso por el cual las partículas WWZ, que son las partículas asociadas a la fuerza débil, adquieren masa es algo distinto. Cuando estas partículas se mueven en una determinada dirección, lo hacen con un movimiento vibratorio que tiene tres componentes: una en el sentido de la marcha, que las hace vibrar hacia adelante y hacia atrás; otra que las hace vibrar de derecha a izquierda; y otra que las hace vibrar hacia arriba y hacia abajo. Estas tres componentes suponen tres grados de libertad, que son los que ellas necesitan. Antes de que estas partículas tuvieran masa, se veían privadas de la primera de estas vibraciones, pues viajando a la velocidad de la luz, no podían oscilar hacia adelante porque superarían esta velocidad y eso es imposible. Cuando aparece el campo de Higgs, sus partículas H1, H2 y H3 interactúan con las tres partículas WWZ de la fuerza débil, frenándolas en el sentido de la marcha, para que recobren ese tercer grado de libertad que necesitan, pues al quedar frenadas ya pueden oscilar hacia adelante

sin superar la velocidad de la luz. Es como si quisiéramos probar la respuesta de un coche a un toque de acelerador: tendré que conducir por debajo de la velocidad de la luz, ya que, si voy conduciendo a la velocidad de la luz, el coche no responderá de ninguna manera. Habré perdido mi condición de ser libre para probar cómo acelera mi coche en condiciones extremas.

Estos dos procesos en virtud de los cuales aparece la masa en el universo componen lo que se denomina Mecanismo de Higgs, que es muy bonito, es complejo y satisface todas las ecuaciones que le afectan. No obstante, hay algo aquí que no nos deja satisfechos. Es cierto que la masa y la energía son equivalentes, sobre todo a efectos de cálculo, teoría y ecuaciones. Sin embargo, cuando pensamos en la masa, pensamos en algo que tiene cierta solidez, que se puede tocar o, incluso, que se podría pesar colocándolo encima de la báscula que tenemos en el cuarto de baño. En cambio, a lo que hemos asistido aquí es a algo que solo es una partícula sin masa sometida a la acción de un freno. Cuando pensamos en una masa, aunque sea pequeña, pensamos en algo que, si se suma con otras masas también pequeñas, puede llegar a darnos, si son muchos los sumandos, la solidez de una piedra, y cuesta pensar que se pueda conseguir la solidez de una piedra, frenando partículas para que no viajen a la velocidad de la luz.

Sí podemos entender, en cambio, que esta masa de algunas partículas, cuya creación o nacimiento es el que acabamos de explicar, responda más bien a un concepto abstracto de masa, derivado de la ecuación de Einstein, que establece la equivalencia entre masa y energía y limita la velocidad de los cuerpos por debajo de la velocidad de la luz a un valor que es tanto más pequeño cuanto mayor es su masa. Pero, dejando aparte estas consideraciones teóricas, cuesta creer que, si una partícula nació sin masa y podía moverse a la velocidad de la luz, escapando de la gravedad en un sentido amplio, por el hecho de frenarla se vuelva sensible a las acciones de esa misma gravedad. Esto requiere, al menos, algunos comentarios tratando de diferenciar los conceptos de masa y materia.

Ya hemos dicho que desde el big-bang hasta que transcurren trescientos ochenta mil años, las partículas con masa y las que no la tienen forman una sopa caótica, que sería sin duda un magnífico laboratorio de partículas para su estudio por parte de los científicos, pero, durante todo ese tiempo no se forma ni un solo átomo. Tenemos masa, pero no tenemos materia. Si acaso, estamos en la antesala de la materia. Si pretendemos tener una idea más clara de lo que es la materia tenemos que salir de este período, entrando en un período nuevo que se inicia con la formación de un átomo de hidrógeno y continúa con la formación de los demás átomos que conocemos y la forma en que todos ellos se van uniendo entre sí. Pasaremos así de un período de gran desorden a uno nuevo en el cual el orden roto por el big-bang reaparece de nuevo dando al universo, poco a poco, la forma que ahora conocemos.

Para avanzar en el conocimiento de la materia hay que conocer ante todo qué es un átomo y cómo se unen los átomos entre sí para formar las moléculas. Una visión ligera pero muy intuitiva de lo que es un átomo, diría en primer lugar, que se compone de un núcleo formado por protones y neutrones alrededor del cual orbita un determinado número de electrones. Los electrones son partículas simples. Los neutrones y los protones son partículas compuestas por quarks. Todas estas partículas son partículas con masa, en el sentido definido anteriormente. Los neutrones no tienen carga eléctrica, los protones tienen una carga eléctrica positiva y los electrones la tienen negativa y de igual valor que los protones, de donde resulta que, visto desde fuera, la carga eléctrica global de un átomo es cero.

El segundo punto a considerar es cómo orbitan los electrones alrededor del núcleo. Los electrones se disponen en capas definidas por varios números cuánticos, de los cuales el más importante es el que define su nivel energético. Un electrón puede saltar de una capa a otra si encuentra un sitio libre, ya que dos electrones no pueden estar en el mismo estado cuántico. Si el electrón salta desde una capa de mayor energía a otra de menor nivel energético, la energía que le sobra la liberará emitiendo un fotón. Para subir de nivel tiene que absorber un fotón que le suministre la energía que necesita.

Entre todos los átomos que empiezan a formarse cuando el universo cumple 380.000 años, el primero de ellos es el átomo de hidrógeno, que solo tiene un electrón y un protón. Después vendrán todos los demás, desde los más ligeros a los más pesados. Citando solo elementos conocidos, digamos que los átomos más ligeros son el hidrógeno y el helio, que entre los más pesados están el mercurio y el uranio, y que por ahí en medio se encuentran la plata y el yodo.

Y finalmente, el último paso para llegar a la materia que conocemos es la formación de las moléculas. Una molécula de una cosa se puede definir como la parte más pequeña de esa cosa que ya muestra las propiedades que la definen. Una molécula de agua es, por lo tanto, la porción de agua más pequeña que muestra las propiedades del agua. Si rompiéramos una molécula de agua, lo que resultaría no sería agua. ¿Y cómo se forman las moléculas? Simplemente por unión de varios átomos que sean afines entre sí, es decir, que tengan facilidad para unirse. Cuando se juntan dos átomos afines, los electrones de la última capa de cada uno de ellos sienten la atracción del núcleo del otro, por lo que algunos de estos electrones de las últimas capas son compartidos por ambos átomos, que de esta manera quedan fuertemente unidos, ya que los electrones compartidos pasan a formar parte de los dos átomos sin que se puedan distinguir unos de otros.

En el caso del agua, cada átomo de hidrógeno comparte con el oxígeno su único electrón, mientras que el oxígeno, aunque tenga seis electrones en la última capa, solo comparte dos, uno con cada átomo de hidrógeno. Y así es como se forma la molécula de agua, por la unión de dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, unidos entre sí al compartir sus electrones. Y como el agua está formada por agregación de sus moléculas, en cualquier cantidad de agua que cojamos el número de átomos de hidrógeno siempre será el doble que el de oxígeno. Y lo mismo con cualquier otra cosa. El cuarzo, por ejemplo, está formado por moléculas de cuarzo, cada una de las cuales está compuesta a su vez por un átomo de silicio y dos de oxígeno.

¿Resuelve esto nuestro problema? Yo creo que sí, porque no hay mejor razón que la evidencia. Decíamos que la masa que los electrones y los quarks recibían por el mecanismo de Higgs, podría ser una masa abstracta, que podía satisfacer toda la formulación matemática de la mecánica cuántica, pero que no satisfacía el concepto que nosotros tenemos de masa. Sin embargo, sin añadir nada por ningún sitio, sino simplemente ordenando los electrones y los quarks de una determinada manera para formar los átomos, y uniendo algunos átomos entre sí, nos hemos encontrado con una molécula de agua o una molécula de cuarzo, que sí responden al concepto de masa y materia que nosotros tenemos, que es el de algo que cuando lo tenemos en la mano, se cae al suelo si lo soltamos. Por lo tanto, encadenando lo dicho, podemos concluir que aquella masa abstracta, surgida de las matemáticas y de las cabezas de Einstein y de Higgs, que apareció en el universo instantes después de producirse el big-bang, hizo posible que se formaran los átomos y que muchos de ellos pudieran unirse entre sí dando lugar a la materia, que, como todos sabemos, sea cual sea su naturaleza, agua, madera o

roca, siempre es capaz de hacer que se mueva la ajuga de una báscula cuando la colocamos sobre ella.

Sin embargo, al poner sobre la báscula una molécula de agua nos encontramos con que su masa es mucho mayor que la suma de las masas de los electrones y los quarks que contiene, lo que se debe a la energía de vacío que se genera, como ya hemos dicho, en los protones y los neutrones, donde los quarks están encerrados en un espacio muy pequeño sometidos a continuas fluctuaciones de vacío que aportan hasta el noventa y nueve por ciento del balance energía-masa del de protones y neutrones. Pero, además, si tenemos en cuenta que la masa de los electrones es muy pequeña en relación con la de los protones y los neutrones, podemos concluir que casi la totalidad de la masa de la materia que conocemos procede de la energía de vacío, y sólo una proporción muy pequeña procede del mecanismo de Higgs, al que sí hay que adjudicarle el mérito de haber iniciado el proceso de creación de masa gracias al cual estamos nosotros aquí.

## EL ORIGEN DE LA TIERRA

La Tierra se formó hace 4.600 millones de años junto con el resto del sistema solar, en un proceso largo y duro. Como esto no ocurrió de repente, vamos a ubicarlo un poco. Al final del segundo capítulo nos quedamos a una distancia de 380.000 años después del big-bang. Hasta ese momento el universo había sido opaco, pero entonces se formaron los primeros átomos de hidrógeno y de helio, y el universo se hizo transparente y nos mandó la radiación de fondo de microondas que ya hemos comentado. A partir de ese momento el universo siguió expandiéndose y enfriándose, mientras se formaban grandes nubes de hidrógeno y de helio. Como la gravedad seguía mandando, estas nubes se fueron concentrando y sus núcleos o partes centrales se fueron calentando. Al cabo 200.000 años las reacciones nucleares empezaron a ser importantes y se formaron las primeras estrellas. Mil años después aparecen las primeras galaxias y así sigue la cosa hasta la formación del Sol y de la Tierra, que es el tema de este capítulo. De la fecundidad del universo no podemos quejarnos: el número total de galaxias es de cientos de miles de millones, y cada una de ellas tiene, por término medio, cien mil millones de estrellas. Una de estas galaxias es la Vía Láctea, y en ella nació el sistema solar, nuestro sistema solar, donde se alojan el Sol y la Tierra que nos permiten vivir.

El centro del sistema solar es el Sol, a cuyo alrededor orbitan ocho planetas, desde mercurio, que es el más caliente hasta Neptuno, que es el más frío. Antes Plutón también era un planeta, pero ahora lo han rebajado de categoría. El sistema solar también incluye cientos de asteroides, cientos de miles de asteroides pequeños, docenas de planetas enanos como Plutón y un montón de cuerpos helados que orbitan en los bordes del sistema. Es posible que, cuando hablemos de los planetas del sistema solar, estemos pensando en un grupo homogéneo de objetos celestes. Nada más lejos de la realidad. La Tierra es un planeta absolutamente hospitalario, mientras que Mercurio es completamente inhóspito. Por sus distancias al Sol, la temperatura de Mercurio sería intolerable para nosotros por excesivamente caliente y la de Neptuno también, pero por excesivamente fría. Sus temperaturas condicionan su composición. Mercurio está hecho de materiales muy pesados; Venus, la Tierra y Marte son de materiales rocosos; y los más alejados se han formado por condensación de materiales gaseosos. Las masas y los tamaños del sol y los planetas son muy distintos entre sí. La masa del Sol representa el noventa y nueve por ciento de toda la masa del sistema solar. Por tamaños, los cuatro primeros planetas son bastante más pequeños que Júpiter y Saturno, mientras que Urano y Neptuno tienen un tamaño intermedio, pero por debajo de la mitad del de sus vecinos. La luz del Sol tarda en llegar a Mercurio algo más de tres minutos, a la Tierra algo más de ocho minutos, y a Neptuno más de cuatro horas. Esto nos da una referencia de las dimensiones del sistema solar y de la diferencia de tamaño de las órbitas de los planetas. Como se ve, la masa de los ocho planetas juntos es absolutamente despreciable con relación a la masa del Sol, y sus tamaños y temperaturas completamente distintos entre sí. Que nadie piense que los ocho planetas del sistema solar forman un grupo homogéneo, pues, además, tanto las longitudes de sus órbitas como los tiempos que tardan en recorrerlas son muy distintos entre sí. Y recordando estos datos, veamos ahora cómo pudieron formarse el Sol y sus

planetas, que, eso sí, a escala de los tiempos del universo, todos tienen más o menos la misma edad.

Hemos dicho que las primeras estrellas se formaron porque el helio y el hidrógeno de fueron concentrando debido a la gravedad. Cuando se forma el Sol han transcurrido ocho mil millones de años y ya el universo se ha expandido tanto que la gravedad no es suficiente para aglutinar el polvo interestelar y hace falta que se muera una estrella para que la onda expansiva que puede generar permita el nacimiento de otra.

El equilibrio del tamaño de una estrella está gobernado por dos fuerzas, una de expansión, generada por las reacciones nucleares que hay en su interior, y otra de contracción, debida a la gravedad por toda la materia que contiene. Cuando empieza a acabarse el combustible, las reacciones nucleares descienden, predomina la fuerza de la gravedad y la estrella empieza a contraerse. Esta contracción encuentra una barrera de electrones que se opone a que siga adelante y algunas veces, la contracción se detiene y se forma lo que se denomina una estrella enana blanca. Esto ocurre cuando las estrellas son muy grandes. Cuando las estrellas no son muy grandes, la contracción puede rebotar en la barrera de electrones o superarla continuando el proceso. Si se produce el rebote la energía fluye de nuevo hacia el exterior y se crea una estrella mayor que la inicial llamada gigante roja. Por su tamaño, este puede ser el final del Sol. Si la contracción supera la barrera de electrones se encontrará con una barrera de neutrones que de nuevo intentará detener la contracción. Si lo consigue la estrella se quedará ahí formado lo que se llama una estrella de neutrones. Pero también puede ocurrir que la contracción de la estrella supere la barrera de neutrones. En ese caso, ya no hay más barreras, y continuará contrayéndose hasta terminar en un agujero negro. De todas estas posibilidades, enana blanca, gigante roja, estrella de neutrones o agujero negro, solo nos interesa en este momento la enana blanca.

Con frecuencia las enanas blancas forman pareja con otras estrellas similares formando un sistema binario que termina cuando una de las estrellas se engulle a la otra. Cuando ocurre esto se produce una gran explosión que se denomina una supernova. Una supernova libera en el tiempo equivalente a un solo día, la misma energía que el Sol puede producir en toda su vida, que será del orden de nueve mil millones de años. En consecuencia, la onda expansiva provocada por la explosión de una supernova es tan enorme que no podemos ni imaginárnosla. A menudo el nacimiento de una estrella está ligado a una supernova, como si el nacimiento de una estrella estuviera necesitado de la muerte de otra.

Sobre el origen y formación del sistema solar se han elaborado varias teorías, y, curiosamente, la que se sigue hoy día es la que parte de una explicación que dio Immanuel Kant a mediados del siglo XVIII, que algunos llaman hipótesis de la nebulosa. Kant dijo que tanto el Sol como los planetas podrían formarse a partir de una nebulosa primordial de gas, polvo y otros materiales interestelares, que se fueran contrayendo por su propia gravedad, hasta aglomerar en su centro toda la masa necesaria. Todo esto se ha podido comprobar ahora con simulaciones numéricas por ordenador, y con las imágenes de escalas cromáticas, que el telescopio espacial Hubble manda de estrellas que están naciendo en la constelación de Orión.

Y así parece que ocurrió, cuando esa nebulosa primordial recibió, además, el impacto de la onda expansiva de la explosión de una supernova cercana, lo que provocó la aglomeración de grandes masas de polvo, gas y moléculas, en una zona de la Vía Láctea más o menos a mitad de camino entre su centro y su borde.

Cuando esto ocurre, hace cuatro mil setecientos millones de años, la masa de material interestelar va formando una nube difusa que es arrastrada por el movimiento de rotación que suelen tener las galaxias, el cual le va imprimiendo a la nebulosa inicial un movimiento de rotación sobre sí misma. El proceso continúa, la nube va girando y comprimiéndose, y a medida que va creciendo su masa interior, a los efectos de la onda expansiva que la propulsó inicialmente, se une la acción de su propia gravedad. El proceso sigue adelante y da lugar a dos efectos importantes: un aumento de su temperatura y un aumento de su velocidad de rotación. La elevación de la temperatura se debió a la fricción y a los impactos del material que se iba incorporando a la bola inicial. El aumento de la velocidad de rotación se debió a un principio que se llama de conservación del momento angular, que establece que el producto del radio por la velocidad de rotación se tiene que mantener constante, por lo que a mayor concentración del material, menor radio y mayor velocidad de rotación. Esto suelen explicarlo con frecuencia los divulgadores, comparándolo con los giros de un bailarín sobre una pista de hielo: cuando el bailarín gira sobre sí mismo suavemente, lo hace con los brazos extendidos, pero cuando quiere girar muy deprisa pega los brazos al cuerpo para aumentar la velocidad de la rotación.

Este principio de conservación del momento angular establece también otra condición importantísima, pues dice que, cuando un cuerpo está girando alrededor de otro, no puede salirse del plano inicial que definen su velocidad inicial y su radio de giro, por lo que la órbita tiene que ser plana. Si a esto le añadimos la fuerza centrífuga sobre las partículas que están girando alrededor del centro, el resultado será que se vaya formando en el centro una gran bola y que a su alrededor todo el material de la nebulosa se vaya disponiendo en forma aproximada de un gran disco plano. En el futuro, la bola central será el Sol y en el disco se irán formando los planetas.

Cuando todo va adelante, las temperaturas siguen subiendo, hasta que llega un momento en el que son tan elevadas que empiezan a desencadenarse unas reacciones nucleares que transforman el hidrógeno en helio, según un proceso, llamado fusión nuclear, del que se desprende una enorme cantidad de energía, gracias a la cual es posible la vida en la Tierra. Desde la explosión de la supernova, cuya onda expansiva impactó sobre la nebulosa primordial a la que se refería Kant, hasta que se inician las reacciones nucleares, todo ha sido sumamente violento, lleno de impactos y colisiones de grandes masas a altas temperaturas, todo moviéndose a gran velocidad, como si fuera un disco giratorio, arrastrado a su vez por el movimiento, también como un gran disco giratorio, de la Vía Láctea. Había nacido el Sol, una estrella de tamaño mediano, cuya masa es trescientas treinta mil veces mayor que la de la Tierra, cuya temperatura en sus capas exteriores es de casi seis mil grados centígrados, y cuyas reacciones nucleares siguen dándonos calor y seguirán haciéndolo durante cuatro mil años más.

Cuando se forma el Sol, queda a su alrededor un anillo de materia que gira con él, llamémosla restos, escombros o basura, cuyos trozos empiezan a aglomerarse unos con otros, al tiempo que reciben multitud de impactos desde el exterior, que están ahí preparados para que se formen los planetas. Como ya hemos dicho, si nos movemos por este anillo desde dentro hacia fuera, tanto las temperaturas como los materiales van cambiando considerablemente. Cerca del Sol, mucho calor y con él solo los materiales pesados que pueden aguantarlo. En el otro extremo, gases y mucho hielo. En ese anillo empezarán a nacer los planetas. Primero nacerán los grandes y más alejados del Sol. Después, los cuatro pequeños, los que están más cerca del Sol, Mercurio, Venus, la Tierra y Marte.



Cuando se forma la Tierra, las temperaturas son muy elevadas y en su composición no solamente entran los citados trozos del anillo solar, sino también los que proceden de una lluvia incesante de meteoritos que caen sobre ella. El bombardeo es permanente y la Tierra un verdadero infierno. El papel de la gravedad es muy importante para que se vaya conformando la pequeña esfera en que va consistiendo la futura Tierra, pero los impactos pueden ser enormes. La mayoría de los meteoritos quedan atrapados por esa esfera de gravedad dominante, pero algunos pueden incluso romperla, como fue probablemente lo que ocurrió cuando se formó la Luna. Un impacto enorme rompió lo que entonces era la Tierra, y todo se recompuso de forma que de allí surgieron la Tierra y su satélite. Por entonces la Tierra pudo ser una inmensa bola de fuego. Al calor procedente del Sol, al producido por la fricción de las rocas entre sí y al producido por los impactos, hay que añadirle también el procedente de la desintegración de los elementos radiactivos. Si al hablar de la sopa de partículas que sucedió al big-bang aplicamos el calificativo de caos, ahora el calificativo de infierno es el único que podemos aplicar a la Tierra en su período de formación. Un infierno que dura cientos de millones de años. Durante ese período ni la rotación que marca la duración de los días, ni el recorrido orbital que marca la duración de los años eran los que tenemos ahora. Digamos que los días y los años eran mucho más cortos. Y, por supuesto, las temperaturas eran enormes.

Aunque son muchos los factores que han determinado que la Tierra sea como la conocemos nosotros, uno muy importante es la formación en su interior de un núcleo que contiene, aproximadamente, un ochenta por ciento de hierro, un veinte por ciento de níquel y pequeñas cantidades de azufre y oxígeno. La parte central de este núcleo es una esfera de material sólido de mil doscientos kilómetros de radio. Esta esfera está rodeada por una capa de material fundido de dos mil doscientos kilómetros de espesor, separada de la superficie de la Tierra por tres mil kilómetros. Todo ello a unas temperaturas del orden de cinco a siete mil grados centígrados y sometido a unas presiones enormes, del orden de tres millones y medio de veces más grandes que las que soportamos nosotros en la actualidad. Nadie sabe cómo se formó este núcleo. Hay quien piensa que se formó mucho después de la Tierra y quién cree que lo hizo cuando la Tierra estaba en formación. Según la primera hipótesis, el hierro, debido a su peso, se fue desplazando hacia el centro de la Tierra después de que ésta se formara. La segunda hipótesis es más fácil de entender, pues dice que el hierro, también debido a su peso y gran densidad, se fue precipitando hacia el centro cuando todo era un magma incandescente, explicando así, también, su elevada temperatura.

Las funciones del núcleo de la Tierra serán muy importantes. En primer lugar, porque en las condiciones de temperatura, presión y rotación en las que se encuentra, el hierro se comporta como un gran imán y produce el campo magnético terrestre, que se cierra por el exterior de la T

ierra haciendo de escudo magnético y desviando la radiación de unas partículas cargadas electrostáticamente que, procedentes del Sol, destruirían la capa de ozono que nos protege de la radiación solar. En segundo lugar, porque la energía del núcleo de la Tierra es la que desencadena toda la actividad volcánica, que fue la materia prima para la formación de los continentes actuales, y que arrojó sobre la corteza terrestre cantidades ingentes de minerales de hierro que nos sirven ahora para construir nuestros automóviles. En tercer lugar, porque desde el núcleo suben hacia la corteza terrestre grandes oleadas de calor que antes de dispersarse empujan las capas tectónicas, por lo que han

desempeñado, y siguen haciéndolo, un papel importante en los desplazamientos de estas placas, y, en consecuencia, en la formación de los continentes. Finalmente, aunque esto lo veremos más adelante, el núcleo de la Tierra tendrá asignada también una función de primer orden en el origen de la vida, como veremos en el capítulo siguiente.

La primera materia prima para la formación de la Tierra fue, como hemos dicho, el grupo de elementos pesados del anillo de escombros que quedó tras la formación del Sol. Todos los elementos más ligeros que hay en la Tierra, como el carbono, el hidrógeno, el oxígeno o el nitrógeno vinieron de fuera, traídos por los meteoritos y los cometas. Los elementos más densos se fueron hacia el centro y los más ligeros se quedaron en la corteza. Durante mucho tiempo la lluvia de meteoritos nos trajo también el agua. Seguramente procedente de los bordes exteriores del sistema solar. Cada meteorito podía contener en su interior pequeñas cantidades de hielo, pero millones de meteoritos durante millones de años trajeron el agua suficiente para cubrir la Tierra. Esto no significa que el agua llegara a la Tierra en una sola oleada de meteoritos. Millones de meteoritos con agua en su interior pudieron quedar cubiertos por otras capas de la corteza terrestre una y otra vez. Más tarde, el agua que llevaban en su interior, fue lanzada al exterior en forma de vapor de agua por la actividad volcánica. Luego esa misma agua regresó en forma de lluvia, una lluvia que no cesó durante años, hasta cubrir toda la superficie de la Tierra.

Entonces la luna estaba aún muy cerca de nosotros y la Tierra giraba a mayor velocidad que ahora, por lo que la mareas y las tormentas de viento fueron enormes. El aspecto dantesco de la Tierra seguía creciendo. Ahora la Tierra era una bola de agua. Pero no era la bola azul que ahora conocemos, porque el agua tenía mucho hierro, y su componente principal no era el hidrógeno, sino el deuterio, cuyo átomo es igual al del hidrógeno, pero añadiendo un neutrón a su núcleo. Para que la Tierra fuera una bola azul faltaba todavía mucho oxígeno.

En esa bola de agua empezaron a surgir por doquier columnas de fuego y lava. La actividad volcánica era incesante. Si por la lluvia implacable de meteoritos hemos dicho que la Tierra era lo más parecido a un infierno, añadamos a esa imagen una inmensidad de volcanes vertiendo lava a temperaturas incendiarias y la imagen del infierno se quedará corta. Sin embargo, después de cientos de años, al disminuir la velocidad de rotación y alejarse la luna, todo empezó a calmarse. Entonces, aunque continua la lluvia de meteoritos y la actividad volcánica, nos encontramos ya con un planeta cubierto de agua sobre la que se levantaban numerosas islas, naturalmente de origen volcánico. Las temperaturas son muy elevadas y la atmósfera muy tóxica, formada por metano, amoníaco, hidrógeno y vapor de agua.

Todavía tienen que pasar muchas cosas para que la vida sea posible, pero eso iremos viéndolo más adelante, ya que la evolución de nuestro planeta nunca se ha detenido. Como ya lo tenemos cubierto de agua y Tierra, podemos considerar que hasta aquí llega el origen y formación de la Tierra, y que a partir de este momento entramos en su evolución. Desde que empezó a formarse a partir de los trozos de roca pesada que formaban parte del anillo de material residual resultante de la formación del Sol, han transcurrido setecientos millones de años, y si alguien hubiera dicho que en aquel infierno íbamos a vivir nosotros, lo habrían tomado por loco. Y si un matemático hubiera calculado la probabilidad de que allí pudiera haber vida como la conocemos nosotros, aún sin tener en cuenta lo ya pasado, tendría que haber colocado casi infinitos ceros detrás de la coma decimal.

## EL ORIGEN DE LA VIDA

Por lo que hemos visto en el capítulo anterior, todo parecía conjurarse para que no pudiera haber vida sobre la Tierra. Sin embargo, aquí estamos nosotros para confirmar que sí la hay. Sucedió lo que parecía imposible, y más aún, no solo surgió la vida sino la vida inteligente, una vida capaz de comprenderse a sí misma, o, al menos, intentarlo.

Para Platón la vida comenzaba cuando un alma o psique se alojaba en la materia. Al final de *La República* Platón nos cuenta el mito de Er, en el que describe la hermosa historia de un grupo de almas, al que se le permite que elijan los cuerpos a los que quieren ir o qué vida quieren escoger:

“... Y dijo que había visto allí cómo el alma que en un tiempo había sido de Orfeo elegía vida de cisne...; había visto también al alma de Tánir, que escogía vida de ruiseñor... La siguiente era la de Agamenón, la cual, odiando también al linaje humano a causa de sus padecimientos, había tomado en el cambio una vida de águila... Y ocurrió que, última de todas por la suerte, iba a hacer su elección el alma de Ulises, y, dando de lado a su ambición con el recuerdo de sus anteriores fatigas, buscaba, dando vueltas durante largo rato, la vida de un hombre común y desocupado y por fin la halló echada en cierto lugar y olvidada por los otros y, una vez que la vio, dijo que lo mismo habría hecho de haber salido la primera por la suerte, y la escogió con gozo”.

Para Aristóteles, en cambio, la vida surge por generación espontánea a partir de la materia, gracias a que la materia contiene un principio activo que, en determinadas circunstancias, tiene capacidad para generar la vida, partiendo de un principio material que es una combinación de los cuatro elementos, que son la Tierra, el agua, el aire y el fuego. A este principio activo lo llama entelequia y lo compara con la capacidad que tiene la energía para llevar a cabo determinadas acciones. Cuando Aristóteles habla de generación espontánea de la vida, no se refiere a la vida humana, cuyo origen atribuye a la reproducción sexual, sino a esos pequeños bichitos que surgen en las charcas, en la arena o en el barro, o a los gusanos que anidan dentro de los alimentos en estado de putrefacción. Aristóteles basa esta teoría en sus observaciones, y, ciertamente, en estos casos parece que la vida brota de la materia. También se refiere a “los insectos que proceden del rocío que cae sobre las hojas”. Estas teorías de Aristóteles fueron aceptadas por algunos hasta el siglo XVII, nada menos que durante veinte siglos, cuando con experimentos sencillos se demostró que, por ejemplo, los gusanos que aparecen en los alimentos en putrefacción proceden de las larvas de los insectos que acuden a la llamada de su olor. Para hacernos una idea de la importancia que tuvo esta teoría, recordemos que, hasta el mismo Pasteur, y estamos ya en el siglo XIX, hizo algunos experimentos para rebatirla.

Desde entonces hasta ahora se han elaborado muchas teorías sobre el origen de la vida, y se han hecho bastantes experimentos de laboratorio tratando de crear vida a partir de la materia, pero hasta la fecha no hay una explicación que convenza a todos los científicos.

Una de las teorías que se cita en muchas publicaciones es la llamada Panspermia, que mantiene que la vida llegó a la Tierra procedente del espacio, transportada por los

meteoritos que tan a menudo nos han visitado. Esta teoría se basa en los hechos comprobados que ya hemos visto, según los cuales los meteoritos nos trajeron el agua y una cantidad importante de elementos ligeros. Algunos científicos apoyan esta teoría adjudicándole, además, intencionalidad, es decir, que la vida llegó en un meteorito porque alguien de otro planeta la mandó expresamente. Jugando con el lenguaje, sus defensores dicen que la vida fue sembrada en la Tierra por seres inteligentes extraterrestres. En cualquier caso, esto explicaría cómo llegó la vida a la Tierra, pero no cómo se generó esa vida.

Otra teoría es la que defiende que el origen de la vida se puede explicar desde la química. Lo mismo que decíamos que una molécula es la parte más pequeña de materia y que la esencia es la parte más pequeña en la que queda definido el ser, se puede decir que la parte más pequeña de vida es una célula. Donde hay una célula hay vida. ¿Y qué contiene una célula? Productos químicos.

Por lo que nos interesa en estos momentos y por lo que nos interesará cuando hablemos de la evolución, vamos a recordar algunos detalles de lo que es una célula. Una célula, como las que tenemos nosotros, es algo que está contenido dentro de una membrana que la separa físicamente del resto del mundo. En su interior tienen un núcleo, separado a su vez del resto de la célula por otra membrana, y todo lo que no es el núcleo se llama citoplasma. En el núcleo se alojan el ácido desoxirribonucleico, más conocido como ADN, y el ácido ribonucleico, más conocido como ARN; el primero sirve para almacenar y replicar información, conteniendo, entre otras informaciones, las instrucciones para la fabricación de las proteínas; todo el ADN se guarda en un total de cuarenta y seis cromosomas, agrupados en veintitrés parejas, una de las cuales contiene la diferenciación de sexo; el ARN es el mensajero o transmisor de las órdenes del ADN. La parte de la célula que está fuera del núcleo, la llamada citoplasma, está llena en su mayor parte de proteínas, que son macromoléculas formadas por aminoácidos y por los azúcares necesarios para el buen aprovechamiento de la energía. Junto a otros orgánulos de la célula, en el citoplasma se encuentran las llamadas mitocondrias, que vienen a ser como las centrales energéticas de las células. Y como hemos dicho, todos esto va recogido por una membrana exterior que define el contorno de la célula.

El primero que habló de que la vida podía haber surgido por evolución desde la química fue Aleksander Oparín, un científico ruso que allá por el año 1924 pensó que bajo determinadas condiciones que pudieron darse cuando la Tierra se estaba formando, en el caldo caliente de aquellos océanos primitivos, sometidos a grandes descargas eléctricas por las tormentas y a la acción directa de los rayos solares, la vida pudo haber brotado como consecuencia de la evolución química de moléculas de carbono. Años más tarde, en 1953, dos científicos de la universidad de Chicago, el profesor Stanley Miller y un alumno suyo de doctorado llamado Harold Urey, hicieron un experimento tratando de comprobar la teoría de Oparín. El experimento consistió en crear dentro de un recipiente una atmósfera que trataba de reproducir la pudo haber en la Tierra en un determinado momento, formada por agua, metano, amoníaco e hidrógeno. Mediante descargas eléctricas rompieron los enlaces químicos de esos componentes. Cuando al cabo de varios días terminó el experimento habían conseguido crear moléculas de aminoácidos, azúcares y ácidos nucleicos, todos ellos imprescindibles para la vida. Habían creado bloques de construcción esenciales para la vida, pero no habían creado vida.

Este experimento se ha repetido muchas veces y en mejores condiciones que las de 1953. Nunca se ha conseguido crear vida. Sin embargo, la teoría de que la vida se

generó por reacciones químicas de forma espontánea, es decir, sin ayuda exterior, cobra cada día más fuerza. La misma química que soporta todos los procesos vitales, desde los procesos locomotores a los más complejos y variados procesos internos, fue la que dio soporte al nacimiento de la vida. Aquí conviene subrayar la palabra “soportar”, pues una cosa es que la vida sea soportada por procesos químicos y otra distinta que se identifique con ellos, lo mismo que los procesos mentales, como, por ejemplo, la acción de pensar, no se puede identificar con la química del cerebro que la hace posible. Aunque esta teoría no ha resuelto el problema del nacimiento de la vida en su totalidad, son muchos los laboratorios que están trabajando en ella para conseguirlo. Esperemos que pronto nos den una respuesta científicamente razonable.

Veamos los puntos a favor de esta teoría. Todo cuanto existe a nuestro alrededor está formado por productos químicos: El aire que respiramos, el agua que bebemos, nuestra comida, nuestra ropa e, incluso, nuestro cuerpo, están hechos de productos químicos. Ya dijimos que los átomos se agrupan en moléculas. Ahora podemos añadir que, a su vez, las moléculas se pueden agrupar en moléculas más complejas y que éstas pueden formar lo que se llaman bloques de construcción o auto-ensamblarse en complejas estructuras ordenadas. Esto son hechos comprobados.

Otros hechos a favor de esta teoría son los siguientes. En el interior de algunos meteoritos se han encontrado azúcares y aminoácidos, de donde se deduce que estos compuestos, esenciales para la vida, se han formado de manera espontánea dentro del sistema solar, por lo que igualmente se podrían haber formado en la Tierra. Se ha comprobado también que algunas moléculas se pueden ensamblar entre sí formando estructuras muy similares a las de las membranas de las células y columnas alargadas muy similares a las cadenas de ADN. Siendo la célula la estructura más básica de la vida, el hecho de que se hayan logrado estas estructuras moleculares que recuerdan a algunas de las estructuras propias de las células, es realmente importante. También se ha comprobado que, si las moléculas se estimulan mediante una fuente de energía, pueden interactuar entre sí formando grandes moléculas muy complejas, parecidas a las de la química de la vida, y ya hemos visto cómo en la formación de la Tierra sobró energía por todas partes y, además, en las condiciones más variadas: radiación solar, choques, tormentas, volcanes, vientos o fricciones.

Una objeción seria a esta teoría del nacimiento de la vida desde la química, consiste en el hecho de que para sintetizar el ADN se necesitan las proteínas y para sintetizar las proteínas se necesita el ADN, por lo que la aparición simultánea de ambos parece imposible. Este escollo lo salvan algunos explicando que el ARN, en un momento determinado, pudo asumir algunas funciones del ADN, colaborando así a la formación tanto del ADN como de las proteínas, para especializarse después en sus tareas principales de mensajero cuando ambos, ADN y proteínas, dejaron de necesitarlo.

Todos estos hechos son ciertos y gracias a ellos muchos laboratorios siguen buscando el origen de la vida desde la química. ¿Por qué no se ha encontrado aún? Porque eso ocurrió en unas condiciones que desconocemos, unas condiciones que se dieron cuando la Tierra estaba aún en su proceso de formación, y que, por lo tanto, son irreproducibles. Además, la complejidad de una célula es tan grande, incluso la de las células más simples que mencionaremos luego, que no basta con disponer de todos sus elementos, porque una célula es muchos más que la agregación simple de sus componentes. La complejidad de una célula es enorme.

Tenemos que admitir que hasta el día de hoy no se ha conseguido que la vida brote de un proceso químico. Pero, como sucedió, lo que sí podemos hacer es intentar explicar cómo pudo suceder cuando la Tierra estaba en formación. Por eso, veamos cuándo pudo darse ese salto de la química a la vida.

En el capítulo anterior dejamos a la Tierra cuando ya tenía agua e islas, pero con una atmósfera tóxica donde nada podría vivir. Recordemos también que la lluvia de meteoritos era incesante, lo mismo que era incesante la actividad volcánica originada por un núcleo de la Tierra más caliente que el Sol. A partir de ese momento lo que ocurre es increíble, la evolución del planeta ayuda al nacimiento de la vida, y la explosión de la vida ayuda a la evolución del planeta. Esta cooperación entre ambos, planeta y vida, dura hasta nuestros días. Es una historia hermosa y sobrecogedora.

Estamos hablando ahora de lo que ocurrió hace tres mil setecientos millones de años, cuando la edad de la Tierra era de ochocientos millones de años. Por aquel entonces la lluvia de meteoritos nos trajo importantes cantidades de carbono, aminoácidos y quizás una especie de proteínas primitivas que llegaron al fondo de los mares, donde la temperatura podía ser de cero grados y la oscuridad era absoluta. La actividad del núcleo de la Tierra continúa y en el fondo marino se abren grandes grietas por las que se filtra el agua de los océanos. Esta agua se calienta y enriquecida por los gases y minerales que ha ido recogiendo en su recorrido, vuelve a salir al océano a través de innumerables fuentes hidrotermales que como pequeñas torrecillas parecen emerger del fondo de los océanos. Es entonces cuando los océanos se llenan de unas células primitivas, arrojadas desde esas fuentes hidrotermales, que lo llenan todo.

No se trata de células como las nuestras. Son unas células primitivas llamadas procariotas que no tienen membrana. Las bacterias y las arqueas son los dos únicos microorganismos que tienen este tipo de células. Durante cientos de millones de años nada cambia, y en los océanos se van formando montañas o colonias de estos seres llamadas estromatolitos. Cuando estas colonias llegan a mares poco profundos, empiezan a recibir la luz del sol y con ella desarrollan la fotosíntesis y llenan los mares de oxígeno. Con este oxígeno ocurren dos cosas. Por una parte, se oxidan las partículas ferrosas del agua, que precipitan y cubren los fondos marinos de óxidos de hierro; por otra parte, el oxígeno, en forma de gas, sale a la superficie y empieza a formarse una atmósfera nueva que rodea toda la Tierra. De esto hace mil quinientos millones de años, los días son ya de dieciséis horas, aún no hay vida compleja y los océanos están salpicados de islas. Del planeta surgió la vida, y de la vida surgió una atmósfera nueva para el planeta. Así pasará mucho tiempo.

Durante cuatrocientos años la actividad del núcleo de la Tierra sigue su curso y se producen grandes movimientos de las placas sobre las que se apoya la corteza terrestre, lo que da lugar al movimiento de las islas que cubren los océanos, que se van uniendo para formar un continente llamado Rodinia. Los estromatolitos siguen mandando oxígeno a la atmósfera, la temperatura es del orden de treinta grados centígrados y los días duran ya dieciocho horas.

Hace setecientos cincuenta millones de años la corteza terrestre vuelve a romperse, Rodinia se divide en dos y salen a la atmósfera enormes cantidades de dióxido de carbono y humo que lo cubren todo. La temperatura empieza a bajar y en unos millones de años, se forma una capa de hielo que envuelve toda la Tierra. La Tierra que ya había sido una bola de fuego y una bola de agua, es ahora una bola de hielo. Las temperaturas

son de cincuenta grados bajo cero y la capa de hielo llega a tres kilómetros de espesor. Como el hielo refleja los rayos del sol el fenómeno se hace progresivo.

Pero la actividad del núcleo de la Tierra continúa generando energía, y llega un momento en que los volcanes rompen la capa de hielo y lanzan a la atmósfera toneladas de dióxido de carbono, hasta que una manta de dióxido de carbono cubre toda la Tierra atrapando los rayos del sol y calentando el planeta. Varios millones de años después comienza el deshielo. Cuando la capa de hielo va desapareciendo, las tensiones originadas por su peso sobre la corteza terrestre, favorecen la creación de nuevos volcanes mientras el hielo se va derritiendo, con lo que la cantidad de dióxido de carbono sigue aumentando, en un proceso que se realimenta hasta que todo el hielo desaparece. Durante todo este período el calor del sol ha hecho que se creen en el hielo grandes cantidades de peróxido de hidrógeno, que al fundirse el hielo libera también grandes cantidades de oxígeno. Cuando todo esto termina y aflora de nuevo la corteza terrestre, la Tierra es ya otra cosa. De este momento hace aproximadamente quinientos cincuenta millones de años. La Tierra es ahora cálida y los días duran ya veintidós horas. Ahora la Tierra es una bola azul. Pero, ¿qué habrá ocurrido allí abajo, en el fondo de los océanos? ¿Habrán resistido las colonias de células procariotas que llamamos estromatolitos, y que cubrían el fondo de los océanos?

Pues sí, algunas colonias de estromatolitos habían resistido. Además, no solo los estromatolitos habían resistido, sino que en el fondo marino habían aparecido unos seres vivos pluricelulares formados por células más complejas, llamadas eucariotas, que son las células de las que estamos hechos los seres humanos, que, como ya hemos dicho, se diferencian de las células procariotas en que tienen una membrana envolviendo al núcleo que contiene el ADN, y otra membrana que envuelve a la célula completa. ¿Cómo ocurrió? No se sabe. Una teoría denominada endosimbiosis sostiene que una arquea se tragó una bacteria, y, aunque no la digirió, a las dos les fue bien, porque la bacteria fagocitada se convirtió en la mitocondria de la arquea, aportándole el suministro energético, y la arquea, suponemos que agradecida, resultó ser un anfitrión excelente para la bacteria.

La aparición de esta célula eucariota por fagocitosis de dos células procariotas pudo ocurrir mil quinientos millones de años después de que las bacterias y las arqueas anduvieran llenando los océanos. Y la aparición de los seres vivos pluricelulares, ocurrió, o pudo ocurrir, hace algo más de quinientos millones de años. De no haberse producido esa fagocitosis, la vida habría continuado por otros derroteros y nosotros no estaríamos aquí.

Y cuando se termina ese proceso de deshielo que hemos descrito, es cuando los científicos creen que ya la vida pluricelular anda por el fondo de los océanos. En un océano lleno de oxígeno las bacterias primitivas han evolucionado, y por sus fondos crecen ya algunas plantas y unos organismos complejos y multicelulares llamados wiwaxias. El oxígeno permite que todo crezca y que se desarrollen los primeros esqueletos óseos. Pronto aparecerán algunos gusanos, esponjas y los famosos trilobites. La vida florece por doquier. Ha comenzado lo que se llama la explosión del cámbrico.

Pero si lo que hemos contado es solo una posibilidad, lo que sí es totalmente cierto es que la vida surgió de alguna manera, y que del análisis del ADN de los seres vivos se deduce que la vida que conocemos surgió una sola vez, una sola vez, porque todos los seres vivos, desde las plantas a los humanos, tenemos el mismo código para traducir o interpretar las órdenes que el ADN envía a las proteínas. Como si todos habláramos el

mismo idioma. Si hubo una segunda vez, esa línea evolutiva se ha extinguido, por lo que todos los seres vivos habidos y por haber, tenemos un antepasado común en la primera célula procariota, que, como hemos dicho, pudo aparecer hace tres mil setecientos millones de años. Esta primera célula, este primer antepasado de todos los seres vivos se le conoce con el nombre de LUCA, que quiere decir último antepasado universal común.



## EL ORIGEN Y LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE

Hemos dicho que LUCA era el antepasado común de todos los seres vivos. De LUCA, que era una célula procariota, el organismo vivo más simple que haya existido nunca, procedemos todos nosotros, que hemos llegado a ser lo que somos tras un proceso de evolución que ha durado tres mil setecientos millones de años. Como quiera que a la Tierra pueden quedarle otros tres mil setecientos años de vida antes de que sea engullida por el Sol, nos encontramos más o menos a la mitad de esta evolución cuyo final no podemos prever. Pero, lo que sí podemos hacer es echar la vista atrás y tratar de comprender los rasgos más característicos de este proceso.

El hombre al que le debemos que la evolución sea hoy un tema conocido y ampliamente difundido fue Charles Darwin, un científico naturalista inglés nacido en Shrewsbury en 1809. Hijo y nieto de médicos, cursó algunos estudios sin éxito en las universidades de Birmingham y Cambridge, aunque en esta última se despertó su afición por las ciencias naturales. En 1831 se incorporó a una expedición marítima que iba a dar la vuelta al mundo en un viaje de exploración que duraría casi cinco años, visitando América del Sur, Nueva Zelanda, Australia y Sudáfrica. A su regreso se casa y publica algunos libros sobre temas relacionados con su viaje, pero sin referencia a la evolución. A partir de 1856 empieza a trabajar seriamente sobre los datos y las reflexiones que tenía en relación con la evolución, y en 1859 publicó su famoso libro titulado *“La evolución de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas preferidas en la lucha por la vida”*. El impacto del libro fue enorme, y la airada reacción de las autoridades eclesiásticas recordó a muchos las acusaciones recibidas por Galileo doscientos cincuenta años antes. Darwin siempre fue consciente del impacto que iba a causar su libro, hasta el punto de que parece que incluso llegó a retrasar voluntariamente su publicación.

Desde entonces hasta hoy se ha escrito mucho sobre este tema, que se suele llamar de forma coloquial “teoría de la evolución”. Científicos de gran reputación han escrito innumerables libros y artículos aportando sin duda ideas y datos importantes, pero ninguna de estas aportaciones supera la idea inicial y original de Darwin, ya contenida en el título de su libro, que nos dice que el motor de la evolución ha sido siempre la selección natural, que da lugar a la supervivencia y reproducción del más fuerte. Al cabo de muchas generaciones, este proceso de selección puede dar lugar a cambios importantes en las poblaciones correspondientes e, incluso, a la aparición de nuevas especies o subespecies.

De la “teoría de la evolución” lo primero que llama la atención es el uso de la palabra “teoría”, que parece que hace referencia a algo que no está aún suficientemente validado, y que, en consecuencia, solo es creíble mientras no se demuestre lo contrario. Aquí no se da esa circunstancia. En el mundo científico, nadie, absolutamente nadie, pone en duda la veracidad de la teoría de la evolución, y nadie espera que cualquier día pueda aparecer una prueba de falsación.

Otro punto importante y básico de la evolución es que solo tiene una dirección, que es hacia adelante, en el sentido único de ir mejorando. Por eso algunos autores dicen que la evolución tiene carácter vectorial, tomando esta expresión de la que también se

aplica al tiempo, que siempre transcurre en el mismo sentido y nunca retrocede. Y al decir que es irreversible, volvemos de nuevo al segundo principio de la termodinámica ya mencionado. El físico austríaco Erwin Schrödinger, que era un gran admirador de Darwin, se planteó enseguida cómo el hombre en su evolución, iba hacia un ser cada vez más organizado y, por lo tanto, más ordenado, cuando debería hacerlo contribuyendo al mayor desorden del universo. La respuesta es similar a la que dimos unos capítulos atrás: el hombre en sí mismo, evoluciona hacia un grado de orden cada vez mayor, pero en cambio, genera tanta basura y destrucción a su alrededor, que el balance global es conforme a lo que predice la termodinámica: aumento de desorden, aumento de entropía. Creo que los hombres nunca fueron tan conscientes de la basura que generaban, como somos los que poblamos la Tierra en estos años veinte del siglo XXI.

Al hablar de la evolución, la intuición, o quizás la falta de precisión, puede inducirnos a error. Así, por ejemplo, cuando decimos que sobrevive y se reproduce el más capacitado o el más fuerte, solemos pensar casi siempre en un individuo. Esto es verdad, pero no podemos olvidar que también puede tratarse de un grupo. Ante una acción violenta enemiga pueden salvarse los individuos más hábiles para, por ejemplo, subirse a un árbol, pero también puede sobrevivir el grupo entero si saben organizarse y defenderse como grupo para rechazar o derrotar al grupo o a los enemigos atacantes, sin necesidad de que nadie se suba a ningún árbol. Además, cuando sobrevive el grupo, la reproducción está más asegurada.

Al hablar de la teoría de la evolución se pone con frecuencia el manido ejemplo del cuello de la jirafa, que permitió a estos animales acceder a las hojas más altas de los árboles para alimentarse en tiempos de escasez. Entonces, a veces, se suele pensar que fue el cuello de la jirafa el que evolucionó, como si lo hubiera hecho por su propia cuenta. Esto es un error, pues el sujeto de la evolución es siempre el animal y nunca el órgano que sufre las modificaciones. Otros puntos de vista sobre quién es el sujeto de la evolución son el de Richard Dawkins y el de la denominada Teoría Sistémica del Desarrollo o teoría TSD. Para Dawkins el sujeto de la evolución, por lo que a los animales se refiere, no es el individuo sino el genoma, siendo su objetivo la selección del gen más fuerte o potente para la reproducción. Los defensores de la teoría TSD creen que la selección no va encaminada a la selección del gen más fuerte sino a optimizar los ciclos completos del desarrollo de los individuos, en los cuales los genes juegan un papel importante pero no exclusivo. La secuencia de estos ciclos de desarrollo es la que va determinando la evolución de las especies, sus cambios, sus avances o su extinción.

También solemos pensar erróneamente que la evolución, quizás por su ritmo lento, es algo que va progresando en el tiempo de forma suave y homogénea. Esto no es exacto. La evolución tiene sus grados y ha estado sometida a algunos agentes externos sumamente violentos. Basta pensar en el efecto de las glaciaciones o recordar la desaparición de los dinosaurios por causa de un meteorito que cayó sobre la Tierra. Probablemente, debido a la desaparición de los dinosaurios pudieron evolucionar los pocos mamíferos que entonces poblaban la Tierra, de los cuales descendemos nosotros. Si no hubiera caído aquel meteorito, a lo mejor nosotros no estaríamos aquí.

La desaparición de los dinosaurios nos recuerda otra característica de la evolución, que es el alto precio que ha tenido que pagar en especies desaparecidas, para que habitemos la Tierra los que ahora la poblamos. El número de especies de animales que vieron la luz para desaparecer al poco tiempo es incalculable. Estas vidas que surgen y desaparecen desde el marco evolutivo como brotando desde la Tierra, nos recuerdan a las

fluctuaciones de energía del pre-universo, y a los estromatolitos que sembraron de pequeñas torrecillas el fondo de los océanos. Este despilfarro de medios solo es comparable al de nuestro universo, donde existen cientos de miles de millones de galaxias para que, en la Tierra, y quizás en algún otro planeta, pueda haber vida.

Otro punto a considerar es que el estudio de la evolución nos ofrece importantes sorpresas al hacer la trazabilidad de algunas líneas evolutivas. Así ocurre, por ejemplo, con las alas de los murciélagos, que resulta que no tienen nada que ver con las alas de los gorrones, pero sí con la aleta de las ballenas. Con las alas de los gorrones solo tienen en común que ambas se han adaptado a los mismos efectos aerodinámicos, mientras que con la aleta de las ballenas comparten una estructura ósea tan parecida, que denota la existencia de un origen común del que ambas descienden. Otro hallazgo que puede causarnos cierta sorpresa es el del origen de nuestros brazos y piernas, que parece que son descendientes directos de las aletas lobuladas de unos peces pulmonados que en algún momento saltaron a tierra al secarse la charca donde vivían. Pero lo que resulta más sorprendente de todo es que los científicos hayan podido averiguar todas estas cosas, encontrando razones evidentes en coincidencias que a los demás nos pasarían desapercibidas, como las citadas de las estructuras óseas, el contraste de fósiles entre sí y con especies vivientes o las adaptaciones de las especies a climas y zonas geográficas diferentes.

Todas estas explicaciones corresponden al tipo de evolución más común, la que transcurre lentamente, en la que las especies se van transformando poco a poco dentro de su hábitat. Este tipo de evolución es el que se llama evolución lineal. Menos frecuentemente pueden darse también otros tipos de cambios. En la llamada evolución por especiación, una misma especie puede dividirse en otras dos o más especies. Ésta es poco frecuente y conduce a genealogías muy ramificadas. Los partidarios de la evolución lineal nos presentan a los humanos como una sola especie, mientras que los defensores de la especiación nos presentan ramificados. También puede suceder que se produzcan cambios muy bruscos en muy poco tiempo. Es lo que algunos científicos han llamado evolución cuántica, y con ella pueden explicarse grandes saltos en poco tiempo, como podría ser el salto desde los grandes simios a los homínidos.

Conviene tener presente que cuando Darwin publica su libro sobre la evolución de las especies no se sabía absolutamente nada de la existencia del ácido dextrirribonucleico, más conocido por las siglas ADN. Los ácidos nucleicos empiezan a estudiarse algo después de la publicación de la obra de Darwin, pero hasta casi un siglo después, en 1953, no se conoce la estructura de la molécula de ADN.

La molécula de ADN tiene una disposición física muy singular, que la ha hecho sumamente conocida incluso fuera de los círculos científicos, pues tiene la forma de una larga escalera de mano, similar a las que usan en los circos para subir a los trapecios, pero enroscada sobre sí misma en forma de hélice o escalera de caracol. Los tramos verticales de esta escalera están formados por moléculas de azúcares y fosfatos y los peldaños por unos compuestos nitrogenados llamados bases, que se disponen de forma distinta según los peldaños, y que son la adenina, la citosina, la guanina y la timina, que generalmente se designan solo por sus iniciales respectivas: A, C, G y T. El ADN de un individuo contiene toda su información genética y se encuentra ubicado en el interior del núcleo de todas sus células formando las estructuras llamadas cromosomas, que, además del ADN, también contienen proteínas.

Todo el ADN de un individuo es lo que se denomina su genoma. El genoma se maneja y se estudia dividido en trozos llamados genes. Naturalmente no se trata de trozos cualesquiera, sino trozos que tienen una unidad de sentido, definida por el modo o secuencia de cómo están dispuestos en ella las bases de sus distintos peldaños. Esta secuencia es, precisamente, el código a través del cual se comunican los genes para llevar a cabo las tareas que tienen encomendadas. La importancia de los genes es enorme, y mayor aún su influencia en la evolución de los seres vivos. Veamos para qué sirven los genes y cuáles son sus funciones más importantes, entendiendo que estas funciones están repartidas entre todos de manera que unos desarrollan unas funciones y otros desarrollan otras diferentes.

A través de los genes correspondientes, el genoma de un individuo tiene una capacidad enorme para guardar información. En este sentido podría decirse que los genes son unidades de memoria o, utilizando una denominación más popular, carpetas de archivo. Esta información resulta vital para el individuo por cuanto se refiere a los datos pasados de su especie.

Algunos genes son imprescindibles para la reproducción celular, pues son ellos los que guardan las instrucciones para la fabricación de proteínas, que son el material más abundante de todos los que componen la célula. En este sentido podemos pensar que los genes son archivos de instrucciones, procedimientos o fórmulas magistrales.

En un mundo tan complejo desde el punto de vista químico como son los organismos vivos, es muy importante que las reacciones químicas se produzcan con el ritmo necesario para que todo funcione de manera coordinada. Esta coordinación se lleva a cabo a través del genoma, que contiene algunos genes especializados en ejercer como catalizadores de estas reacciones.

Los genes son los responsables de los rasgos internos y externos de cada especie, como pueden ser tener los ojos azules o una memoria muy por encima de la media, y, además, son transmisibles de padres a hijos por herencia, de donde resulta que desempeñan un papel primordial a la hora de perpetuar los rasgos más importantes de la especie. Aunque los rasgos están asociados a la fabricación de unas proteínas específicas, influyen en ellos otros factores, por lo que la fabricación de estas proteínas es razón necesaria pero no suficiente.

Los genes pueden mutar de forma espontánea, por lo cual pueden introducir el azar en la evolución de las especies. Esto es de suma importancia para la variedad de especies, subespecies e individuos, lo que no significa que estos cambios aparezcan de forma brusca, ya que siempre tendrán que hacerlo tras muchas generaciones según las leyes de la selección natural. Los genes también pueden mutar debido a la influencia de agentes externos, según un proceso que tiene lugar a través de las bases C y G llamado de metilización, que, en ciertos casos, puede rebajar la capacidad de expresión de los genes, introduciendo de esta forma la influencia del entorno en los procesos evolutivos. Una mutación genética también puede ser la causa de una enfermedad. En este caso el gen mutado sería el gen malo, mientras que antes de la mutación era el gen bueno, el que mantenía el orden en nuestro organismo.

Una propiedad importante de los genes es su capacidad para inhibirse o desactivarse en ciertas partes del cuerpo o por motivo del entorno, lo que explica, que las células hepáticas, por ejemplo, sean diferentes de las cerebrales o las cardíacas.

Por todo esto que estamos contando, podría parecer que los genes están altamente especializados. Eso no es así exactamente, porque un gen puede tener asignadas varias

funciones entre las que hemos citado. Digamos que podría tener las instrucciones para la fabricación de proteínas y actuar de catalizador de ese mismo proceso. Así mismo, un gen determinado puede pertenecer a especies diferentes, incluso muy distanciadas evolutivamente entre sí.

Eso es tan frecuente, que suele llamar nuestra atención que el genoma de los humanos coincida con el de algunos animales en porcentajes elevados, lo que se debe a que compartimos con ellos antepasados comunes. Mientras más cerca estén esos antepasados comunes mayor será el porcentaje de coincidencia. También compartiremos similitudes genéticas, aunque más pequeñas, con especies con las que tengamos antepasados comunes tan remotos que no podríamos ni imaginarlo. Al hilo de estas aclaraciones conviene decir que, si los humanos podemos tener un grado de coincidencia genética con un simio del orden del 98%, esto no significa que el simio y nosotros nos parezcamos en ese porcentaje. Nosotros, influidos por nuestra cultura y nuestro entorno somos mucho más que nuestro ADN, y lo mismo le ocurre al simio, por lo que la distancia que nos separa es enorme, y, por supuesto, mucho mayor que ese 2% que nos dejan las cifras.

Todo lo anterior pone de manifiesto la importancia del genoma en el proceso evolutivo de los seres vivos, y ello ha dado lugar a valorar esta importancia más allá de lo que le corresponde. Si el papel de los genes es más que importante, importantísimo, no hay que olvidar la ley de Darwin de la selección natural ni tampoco la influencia del entorno, y en el caso de los humanos, la influencia de la cultura, pues es esta diferencia de culturas la que ha originado las diferencias entre los distintos grupos humanos.

Otro factor importante en la evolución de las especies es el sexo. ¿Por qué la reproducción es sexuada si la primera molécula se reprodujo de manera asexuada dividiéndose en dos ella sola? La reproducción sexuada tuvo lugar al comienzo de la vida, cuando por el mundo solo había células procariotas. Entre las diversas teorías sobre el origen de la reproducción sexuada una de las más aceptadas es que se trató de algo casual, cuyo objetivo no era la reproducción. Como los organismos vivos tienen que replicar y transmitir su material genético en buenas condiciones, sucedió una vez, que uno de estos organismos sufrió algún daño en su ADN, y para repararlo se unió a un organismo similar, resultando que la unión fue todo un éxito. El primer organismo arregló su ADN y la descendencia de esta unión presentó algunas ventajas. La reproducción sexuada solo tiene un inconveniente con relación a la asexuada, y es que necesita de dos individuos en lugar de uno, con lo que la descendencia disminuye a la mitad. Dos individuos reproduciéndose por separado generan el doble de descendencia que cuando tienen que unirse. Sin embargo, este inconveniente puede interpretarse como una ventaja, pues da lugar a que los procesos evolutivos sean más lentos, y parece que la evolución necesita tiempo. Aparte de esta desventaja aparente, la reproducción sexuada tiene importantes ventajas. En primer lugar, hay que citar que enriquece la variabilidad genética pues el descendiente toma la mitad del ADN de un individuo y la otra mitad la toma del otro. En segundo lugar, aumenta la resistencia a los parásitos que, acomodados a las condiciones por separado de los progenitores, tiene que volver a mutar para poder parasitar al nuevo individuo. Finalmente hay que decir que la reproducción sexuada resulta más eficaz a la hora de eliminar una mutación perjudicial.

Esta división por sexos que empezó con las células procariotas ha llegado a nuestros días tan marcada que los humanos, como todos los animales, estamos divididos en dos grupos: hembras y machos. En el caso de los humanos, la separación fisiológica

entre ambos es tan grande, que afecta no solo a los órganos sexuales sino a toda la anatomía externa del cuerpo. Pero, además, la evolución desde entonces hasta ahora, no solo nos ha dividido por sexo sino también por género, debido no ya a procesos genéticos sino culturales, formando igualmente dos grupos: mujeres y hombres.

Mucho después de haber publicado “*El origen de las especies*”, Darwin publicó otro libro titulado “*El origen del hombre y la selección en relación con el sexo*”, en el que señala la importancia del sexo en la selección de los individuos. La llamó selección sexual. Ya hemos dicho anteriormente en varias ocasiones que la finalidad de la selección natural eran la supervivencia y la reproducción. En ambas triunfan los mejores. Nos seleccionamos en la supervivencia y esa selección la transmitimos por la reproducción. Si no la transmitiéramos la selección sería estéril. Si observamos a los animales vemos, lo numerosos que son los ritos de aproximación del macho hacia la hembra. Algunos de estos ritos son demostraciones de fuerza, como el de los ciervos, otros son de un despliegue ostentoso, como el de los pavos reales, o una larga danza como la de la avutarda. Todos ellos tratan de atraer a la hembra, mostrándole de esa manera externa, que son individuos bien dotados genéticamente para la reproducción.

También los hombres tratamos de mostrar a las mujeres que estamos bien dotados genéticamente al mostrarnos ante ellas como triunfadores o personas de éxito en los ámbitos más variados: poder, trabajo, inteligencia, habilidades, deporte, simpatía, e, incluso, soldados o guerreros victoriosos. Aunque hoy esto está perdiendo fuerza, no olvidemos que estamos hablando de evolución. Otro factor importante para la selección sexual es lo que Darwin llamó selección inconsciente de la pareja, por afinidad cultural o de otro tipo. Al encontrarnos, él o ella, con la otra persona, un primer examen visual nos pone de manifiesto si reúne o no las condiciones para ser nuestra pareja. El vestido, los adornos, el lugar de nacimiento o de residencia, y un sinnúmero de detalles más, lo califican como apto o no apto para tomarlo como pareja. Darwin dejó escrito que, de todas las causas que han dado lugar a las diferencias que en la apariencia exterior presentan las razas del hombre, la más eficiente ha sido la selección sexual.

Y ahora, pasemos ya a comentar como hemos ido llegando a este mundo los seres humanos. La aventura humana comenzó hace más o menos cuatro millones de años. Como es de bien nacidos rendir homenaje a nuestros antepasados, ya hemos dicho que la abuela de todos los seres vivos fue LUCA, una célula procariota de la que tenemos noticias que vivió hace cuatro mil millones de años, que compartimos como abuelita con nuestro perro, con las ballenas y con los dinosaurios ya extinguidos. Los seres humanos también tenemos nuestra abuela, una abuela solo nuestra y que no compartimos con otros seres vivos. Se llama Lucy y le pusieron este nombre porque así empezaba una canción de los Beatles, que seguramente estaba de moda cuando se descubrió a Lucy en 1974. Lucy vivió en Etiopía y pertenece al grupo que los científicos llaman por el nombre de *australopithecus afarensis*. Sin embargo, como esto de los descubrimientos no tiene límite, últimamente, a Lucy le ha salido una tía abuela, un poco mayor que ella, a la que llaman Little Foot o Pequeño Pie, que vivió en Sudáfrica. Los *australopithecus* están formados por varios grupos, uno de los cuales es el citado *afarensis*. No eran seres inteligentes como nosotros, y, además, estaban muy lejos de serlo. Simplemente los llamamos antepasados porque fueron los primeros que se pusieron de pie, andando erguidos, con todo lo que eso suponía desde el punto de vista de la evolución: adaptación de pies, piernas, caderas, columna vertebral, cráneo, etc. Sus brazos y piernas eran de la misma longitud, eran buenos trepadores y se alimentaban de los frutos de los árboles, en

cuyas copas pasaban gran parte de su vida. Su estatura y su peso variaba de unos grupos a otros, pues los individuos de alguno de estos grupos eran pequeños y delgados y los de otros bastante robustos. Lucy medía un metro y diez centímetros, pero en otros grupos la estatura podía alcanzar hasta un metro cuarenta centímetros. Su cerebro andaba por debajo de los quinientos centímetros cúbicos. El paso por la Tierra de los australopithecus fue bastante largo, pues se inició hace algo más de cuatro millones de años y estuvieron por aquí hasta hace algo menos de dos millones de años.

Pero por mucho que queramos a Lucy, porque nos enseñó a andar de pie, de lo cual estamos muy orgullosos, tenemos que tener presente que no pertenecía al género “Homo”, al que pertenecemos nosotros. La primera especie del género homo es el “Homo Habilis”, que empezó a vivir por Kenia y Tanzania hace casi dos millones y medio de años, y anduvo por allí durante un millón. Su aspecto era parecido al de los australopithecus, con los que no tiene muchas diferencias, aunque éstas denotan cierto avance evolutivo, sobre todo en la dentición y en la capacidad craneana, que ya alcanza los seiscientos cincuenta centímetros cúbicos. Por los yacimientos encontrados, parece posible que ambos homínidos coexistieran en algún lugar y se disputaran su dominio. Con el homo habilis se inicia nuestro linaje. Su nombre le viene de su capacidad para fabricar herramientas. Toscas herramientas de piedra que lo acompañan en su vida diaria, por lo que, con el homo habilis, el factor cultura entra a formar parte de la evolución. Si al pensar en un australopithecus podemos imaginarlo en la copa de un árbol, al pensar en el homo habilis tenemos que verlo representado con sus herramientas entre las manos.

Con el homo habilis la evolución empieza a considerar nuevos condicionantes, que se irán consolidando después con el homo erectus. Hasta ahora la evolución venía marcada por la adaptación al medio ambiente. El enemigo al que había que hacer frente para sobrevivir eran las amenazas que venían del exterior, de la naturaleza y de los depredadores. Ahora entran en juego nuevos factores. Hay que competir fabricando mejores herramientas que otros elementos del grupo y hay que empezar a dominar las relaciones sociales, procurando destacar dentro del grupo, fortaleciendo al mismo tiempo el poder del propio grupo en la lucha con otros grupos por la caza o el territorio. Este giro evolutivo basado en las relaciones de cada uno dentro de su grupo y en las relaciones entre grupos marcará todos los años venideros.

La siguiente especie de homo que nos interesa en el camino de la evolución es el “Homo Erectus”, también llamado “Pithecanthropus”, cuyo origen tuvo lugar en África hace algo menos de dos millones de años, y cuyo final podemos situarlo hace cien mil años, por lo que el homo erectus nos dejará ya con los Neandertales. Este largo recorrido del homo erectus puede que se deba a una sola especie con este nombre, o a varias especies muy próximas entre sí. Seguiremos la opinión de que se trataba de una sola especie. Los rasgos físicos del homo erectus han cambiado mucho con relación a los del homo habilis. Su estatura puede llegar a un metro ochenta centímetros, y su cerebro alcanza los mil centímetros cúbicos, llegando en algunos casos, como en el denominado “hombre de Pekín”, a los mil trescientos centímetros cúbicos, casi igual al tamaño del cerebro de los hombres actuales. Pero, quizás, los cambios más importantes no sean los que se refieren a los rasgos físicos sino a los culturales. El homo erectus sabe trabajar en equipo y sabe organizar la producción de herramientas y utensilios, para lo que utiliza talleres especializados, y elige los tipos de piedra más adecuados. También conoce el fuego. Pero, sobre todo, es capaz de salir de África y extenderse por el mundo entero. Subiendo por el Nilo, sale de África por la península del Sinaí y Oriente Próximo.

Después, unos giran hacia la izquierda para adentrarse en Europa y otros continúan hacia el Este para llegar hasta China primero y bajar después hacia el Sur hasta Indonesia. Como quiera que hoy podemos ir de Nairobi a Pekín en unas horas, hay que hacer un esfuerzo para hacerse cargo de que estos desplazamientos tardaron cientos de miles de años.

Estas salidas del homo erectus corrieron suertes diversas, pues se expandieron con gran éxito por Asia e Indonesia pero no tuvieron una implantación importante en Europa, como demuestran los hallazgos de Atapuerca, según nos cuenta el profesor Arsuaga: En la llamada Sima del Elefante se ha encontrado una mandíbula de hace más de 1,000.000 de años que podría pertenecer a un homo erectus, pero no es seguro que así sea; en la Sima Gran Dolina, con una antigüedad de 800.000 a 900.000 años se han encontrado restos que no parecen corresponder al homo erectus, hasta el punto de que han propuesto para ellos una denominación distinta, la de homo ergaster; y en la sima de los Huesos se han encontrado huesos de varios individuos, con una antigüedad de 400.000 a 450.000 años con rasgos de neandertales.

La vida de los erectus era la de cazadores-recolectores, en agrupaciones familiares no demasiado grandes, aprovechando recursos que eran bastante abundantes y desplazándose poco a poco cuando estos recursos se iban terminando. Para la caza solían formar grupos y seguramente preparar una estrategia de ataque cuando se trataba de piezas grandes, lo que tampoco era muy frecuente. Todo esto parece baladí pero es sumamente importante desde el punto de vista de la evolución, porque requiere organización, coordinación, planificación, aprendizaje, comunicación, y, como consecuencia de todo ello, lenguaje. Si a esto le añadimos los avances ya citados en altura y cerebro, no cabe duda de que este período de casi dos millones de años fue muy fecundo para la evolución del género humano. Después de extenderse por todo el mundo los últimos erectus terminaron de extinguirse en la isla de Java.

Y acabamos de tocar otro punto importantísimo para la evolución. El anterior fue la aparición del sexo. Ahora nos hemos topado con la aparición del lenguaje. El lenguaje, decía Heidegger, es la casa del ser. El ser del hombre no es algo ajeno a él, algo que está ahí quieto y expectante. El ser del hombre es el existir y, por lo tanto, algo que va desplegando el hombre desde su nacimiento hasta su muerte. Esto es siempre así, para el homo hábilis, para el homo erectus y para nosotros, y este desplegarse día a día está arropado principalmente por el lenguaje. Y como el lenguaje es del hombre, en el lenguaje conviven el hombre y su ser. Y esta convivencia solo es posible a través del pensamiento. El hombre escucha con el pensamiento la voz del ser y la expresa con palabras.

Todo esto, que nosotros podemos sentir en nuestro interior de forma plena, no se da en el homo hábilis pero se desarrolla en el homo erectus. El homo erectus va inventando y utilizando el lenguaje y, consecuentemente, va desarrollando su capacidad para pensar y tener su propio pensamiento. Al mismo tiempo, va siendo consciente de su realidad en el mundo, diferente de la de los animales que caza y de las cosas que lo rodean, que pueden ser, incluso, fabricadas por él mismo. Cuando le dice a otro “seguimos mañana cuando salga el sol” empieza a ser consciente de esa realidad que está fuera de él y sobre la que no tiene capacidad de acción, al mismo tiempo que va entrando en su vida el concepto de tiempo objetivo. Cuando entierra a un familiar se da cuenta de que su final es ser enterrado y eso le produce cierta angustia. Y mientras realiza sus labores de caza y recolección de frutos, mira hacia el futuro y sabe que tendrá que cambiar de territorio cuando la caza o los frutos que ahora está recogiendo empiecen a escasear. Y ante ese



futuro ve distintas posibilidades. Y recuerda que en el territorio anterior fue donde pasó tanto miedo al cazar aquella presa que se le revolvió con furia cuando ya la creía dominada. Y uniendo pasado y futuro sale de nuevo a buscar frutos para su familia. Y todo este avance, esta toma de consciencia, ha sido posible gracias al desarrollo del lenguaje.

Antes de pasar a los neandertales vamos a hacer una pequeña consideración. Todos los estudios que han hecho posible que contemos lo que hemos contado, se basan en datos de fósiles que se van descubriendo de forma aleatoria, y, a veces, sucede que al aparecer un fósil nuevo hay que recomponer todo lo anterior. Ello da lugar a que en distintas fuentes se encuentren fechas y lugares distintos. Esto hay que tomarlo con amplitud de miras y sin desacreditar a nadie. Además, resulta que los estudios basados en fósiles, se pueden completar o contrastar con los basados en análisis de ADN. Cuando estoy escribiendo estas líneas, en otoño de 2019, acaba de aparecer en la prensa un estudio de esta naturaleza, basado en el análisis del ADN mitocondrial de una tribu de Botsuana, llamada hkoisán, que sigue manteniendo un estilo de vida nómada basado en la caza y la recolección. El ADN mitocondrial contiene una información genética que pasa de las madres a los hijos. El trabajo es de una profesora de la universidad de Sidney, llamada Vanesa Hayes, y el resultado es que los *homo sapiens*, con una fisonomía como la nuestra, tienen su cuna en Botsuana, en lo que fue el lago Makgdikgadi, y que este hecho tuvo lugar hace unos doscientos mil años. En fechas parecidas se sitúa también el origen del *homo sapiens* de restos encontrados en Etiopía, Marruecos e Israel. Los datos de ADN analizados por la profesora Hayes son de seres vivos. Analizar el ADN de los restos fósiles de tanta antigüedad resulta casi imposible. Además, para hacer el análisis de ADN de una muestra, hay que pulverizarla y, por lo tanto, destruirla, lo que supone una pérdida cuando se dispone solo de un hueso pequeño, como, por ejemplo, la falange de un dedo meñique.

Y ahora, pasemos ya del *homo erectus* a los neandertales, a los que algunos paleontólogos consideran una subespecie del *homo sapiens*. Si es así, el *homo sapiens* tendría dos subespecies, el *homo sapiens neanderthalensis* y el *homo sapiens sapiens*, padre directo del hombre moderno. Esto significa que nosotros compartimos un antepasado común con los neandertales, con la diferencia de que mientras los *sapiens sapiens* evolucionaron hacia grados de mayor civilización, los neandertales fueron siempre más salvajes. La época de los neandertales es corta, pues dura apenas sesenta mil años, desde hace unos cien o noventa y cinco mil años hasta hace solo unos treinta y cinco mil, período realmente pequeño si lo comparamos con los más del millón y medio que hemos asignado al *homo erectus*. Eran más bajos que los *erectus* pero más robustos y fuertes, con una capacidad craneana media muy alta, que en algunas ocasiones alcanzó los mil seiscientos centímetros cúbicos, claramente dentro de los límites actuales. Lo que más nos interesa de los neandertales es su cultura, pues ya trabajaban en lo que hoy llamaríamos pequeñas industrias, relacionadas con la fabricación organizada de herramientas y utensilios, aplicando criterios, como, por ejemplo, la especialización, que los aproximan a nosotros; además de la piedra que usaban como materia prima, utilizaban la madera; también nos han dejado testimonios de sentimientos religiosos, que nos han transmitido asociados a los rituales funerarios. Los neandertales, vivían en cuevas, de forma sedentaria y en grupos pequeños, aunque su sedentarismo no era total. Además, dominaban el fuego, que seguramente utilizaban para defenderse de los osos, que también buscaban las cuevas, y para combatir las bajas temperaturas, ya que les tocó vivir en una

época de mucho frío en toda Europa. Tanto en las cuevas como fuera de ellas nos han dejado algunas construcciones, lo que manifiesta que sus asentamientos eran bastante prolongados.

Y ahora pasamos al último peldaño de esta escalera sobre la evolución del hombre: el homo sapiens sapiens, cubriendo con él un período que va desde hace treinta y cinco mil años, hasta hace doce mil años, que coincide con el denominado paleolítico superior, con el que termina la edad de piedra que se iniciara hace dos millones y medio de años con la aparición del homo habilis.

Ya hemos mencionado que los datos sobre los homínidos pueden ser cambiantes a medida que se encuentran nuevos fósiles o se pueden hacer análisis de ADN de los existentes. Hace solo una década, en una cueva llamada Denisova, donde durante el siglo XVIII vivió como ermitaño san Denís, se descubrieron unos restos de hace unos ochenta mil años, pertenecientes a unos homínidos llamados denisovanos, que es una especie ya extinguida. Los restos eran solo una falange del dedo meñique de una niña y un diente de un adulto, pero se les ha podido hacer un análisis de su ADN. Con este análisis se ha podido reconstruir su rostro y se ha visto que sus rasgos faciales eran muy similares a los nuestros; también se ha comprobado que se mezclaron con los neandertales y con los sapiens. Casando estos datos con los ya conocidos de los neandertales, y hasta que alguien nos diga otra cosa, podemos decir que nosotros descendemos del homo sapiens pero llevamos genes de los desaparecidos neandertales y también de los desaparecidos denisovanos.

Tanto por su mayor cercanía en el tiempo, como porque sus poblaciones eran sensiblemente mayores, los restos testimoniales del homo sapiens sapiens son mucho más ricos que los de sus antepasados los neandertales, con los que llegaron a mezclarse en proporciones pequeñas antes de estos se extinguieran. Todo el desarrollo que acompaña al paleolítico superior estaba ya anunciado en los neandertales, pero el salto cualitativo es notable. Como hemos venido hablando de estatura y cerebro, digamos que los sapiens sapiens tenían una estatura media de un metro sesenta y cinco centímetros y un cerebro de mil cuatrocientos centímetros cúbicos, aunque ambas dimensiones podían superarse hasta valores bastante mayores. En el ámbito de los lugares de asentamiento los avances fueron muy grandes. El homo sapiens sapiens ocupa y vive en cuevas, pero también realiza poblados al aire libre, para los que utilizaba estructuras de palos y madera cubierta por pieles y a veces pequeños muretes de arcilla. El tamaño de estos lugares de ocupación es ahora mayor, y, a veces, llega a estar compartimentado en varias habitaciones o habitáculos independientes, tanto para usos de vivienda como para talleres de trabajo. Como novedad utiliza pavimentos para cubrir el suelo y algunos elementos de decoración. Además de estas viviendas principales construye también alojamientos de menor tamaño para cuando se desplaza circunstancialmente y durante algún tiempo para cazar o pescar. Las agrupaciones en los lugares de residencia se realizaban principalmente entre individuos de la misma familia y raramente superaban las treinta personas. El fuego lo utilizaban para alumbrarse, calentarse y cocinar alimentos. La industria de armas para la caza también progresa muchísimo, lo que le permite practicar más y mejor la caza de piezas grandes, como ciervos y renos. Las materias primas son la piedra, los huesos, la madera y las astas de los animales cazados, con las que construye una gran variedad de elementos diferentes, entre las que se pueden mencionar las puntas para armas arrojadas, los arcos para lanzamientos a distancia y los arpones. Los arpones pueden ser simples o múltiples, tallando en este caso varias puntas tipo arpón alineadas sobre la

misma lanza. Curiosamente la forma de los arpones es idéntica a la que se utiliza actualmente. Otro avance importante lo encontramos en el mundo de las creencias. De esta época del paleolítico superior tenemos infinidad de enterramientos, con una variedad importante de modelos que parece que no responden a ninguna norma o costumbre, pues no solo es cambiante la estructura de la propia tumba, sino también la colocación de los cadáveres en su interior. Se han encontrado enterramientos de una o dos personas y también enterramientos dentro y fuera de las cuevas. Lo que sí unifica a todos los enterramientos es el acompañamiento de vestidos, enseres, adornos y armas, como si el difunto tuviera que vivir otra vida después de su muerte. Parece que el *homo sapiens sapiens* tenía la creencia de que tras la muerte pasaban a vivir otra vida en un mundo formado por los espíritus de los muertos. El examen de los huesos encontrados en algunas tumbas abre la puerta a la posibilidad de que practicaran el canibalismo. También existen indicios de que practicaran ciertos rituales de veneración al cráneo, rituales que ya habían practicado los neandertales. Y, para terminar, solo recordar la gran aportación al arte de los *sapiens sapiens*, que, aunque tuvo algunos antecedentes en los objetos de adorno de los neandertales, fue su gran aportación a la cultura del paleolítico superior, que surge como una manifestación sin precedentes del desarrollo de sus facultades mentales. Esta aportación artística se representa en los objetos de adorno, como mobiliario, armas o embellecimiento personal, y en el denominado arte rupestre cuyo mayor desarrollo tiene lugar en el interior de las cuevas. Aunque hay bastantes cuevas ricas en arte rupestre, es obligado destacar aquí la española de Altamira en la que se representan figuras humanas, bisontes, ciervos, caballos e incluso representaciones no figurativas. Para estas pinturas utilizan colores rojos de óxidos de hierro, negros de carbón vegetal y una amplia gama de ocre. La técnica es bastante depurada, tanto en el dibujo como en la aplicación del color. Lo que nunca sabremos es para qué se hacían estas pinturas, y como es fácil de suponer, hay interpretaciones para todos los gustos: como ritos religiosos, para favorecer la fertilidad o la caza, el gusto de manifestar y mostrar una habilidad, como simbología mágica, o, simplemente, como distracción ociosa de unos hombres que disponían de lo necesario con tanta facilidad, que tenían mucho tiempo libre. Sea cual fuere la intención, creo que estos antepasados nuestros tuvieron que sentir una gran satisfacción, al ver con cuanto realismo eran capaces de plasmar en las paredes de las cuevas los que veían en el exterior. No sé si había nacido el arte, pero lo que sí había nacido era la emoción del pintor ante su obra.

Tras este período entramos en la edad de los metales, en la que los avances empiezan a ser espectaculares. Por este orden se van dominando las técnicas del cobre, del bronce y del hierro, lo que permite el desarrollo de la metalurgia, la construcción y la agricultura. Se inventan la rueda, la navegación, el comercio, el molino y el calendario. Desgraciadamente también se inventan lo que hoy llamamos las armas blancas. Los hombres se hacen sedentarios y los avances en lo social cobran gran importancia. A continuación, entramos en la historia, lo que se considera que ocurre en fechas distintas según se van desarrollando las diferentes civilizaciones. Por marcar una fecha aproximada, podemos decir que hasta llegar a nosotros solo tienen que pasar algo más de 5.000 años, que no es nada comparado con los períodos que hemos visto. ¿Cómo continuará la evolución? No lo sabemos. Lo que sí podemos imaginarnos es un cambio de signo. El dominio de la genética, la prolongación de la vida, la inteligencia artificial, los implantes que dan acceso directo al cerebro y los ordenadores cuánticos abren tantas posibilidades que cualquier predicción está llamada al fracaso. Quizás, lo único que sí

podríamos aventurar, es que, si hasta ahora hemos hablado de evolución por selección natural, el futuro estará marcado por la selección inteligente.

Durante estos cuatro millones de años hemos ido transitando desde Lucy hasta las puertas de la cultura griega. Lucy no se hacía preguntas y Parménides se preguntaba nada menos que por el ser. Entre ambos, y sobre todo desde la aparición del lenguaje, caben todas las preguntas imaginables, que son la esencia de este largo período: preguntas, preguntas y preguntas que no tienen respuestas. El hombre se siente así arrojado a un mundo que no entiende y tiene que desplegar su ser, que es su existir, en una vida cotidiana carente de comodidades y llena de peligros. Su modo de ser es simplemente sobrevivir.

## EL ORIGEN DEL ATEÍSMO TÉCNICO

Si todo lo anterior es cierto, y es posible que lo sea, veamos en qué medida puede incidir en algunas tradiciones de la cultura cristiana. Las personas que asientan sus creencias en la fe, o crean porque tienen voluntad de creer, no se verán afectadas porque algunas de las cosas que hemos contado no estén en concordancia con las tradiciones que han conocido en sus casas y sus ambientes. En cambio, los que no apoyan sus creencias en la fe ni en la voluntad, sino en alguna de estas tradiciones, pueden ver como se tambalean sus creencias de toda la vida, entrando su sentir religioso en lo que llamo ateísmo técnico. Para ellos son precisamente los comentarios que vamos a hacer a continuación. Por supuesto que no se trata de argumentos de hondura teológica, sino de simples comentarios surgidos de la razón, que pueden aceptarse o rebatirse según las capacidades y el interés de cada uno. En cualquier caso, siempre invitarán a la reflexión. Por eso invito al lector a entrar en mi blog y debatir allí sus opiniones con las que expongo a continuación y con las de otros lectores.

Empecemos por la creación. Una de las tradiciones más importantes de la cultura cristiana es que Dios ha creado todo cuanto existe a partir de la nada. El libro del Génesis es muy claro: “Al principio creó Dios el cielo y la Tierra. La Tierra era un caos informe; sobre la faz del abismo, la tiniebla. Y el aliento de Dios se cernía sobre la faz de las aguas. Dijo Dios: Que exista la luz. Y la luz existió”. También los evangelios hablan de la creación. San Mateo, en el capítulo que trata del Juicio final dice así: “Entonces dirá el Rey a los que están a su derecha: Venid, benditos de mi Padre; tomad posesión del reino preparado para vosotros desde la creación del mundo”. Y el evangelio de san Juan comienza de esta manera: “Al principio era el Verbo, y el Verbo era Dios, Él estaba al principio en Dios. Todas las cosas fueron hechas por Él, y sin Él no se hizo nada de cuanto ha sido hecho. En Él estaba la vida, y la vida era la luz de los hombres”. Y durante la misa dominical todos los católicos rezan el Credo de la Iglesia Católica, que empieza así: “Creo en Dios Padre, todopoderoso, creador del Cielo y de la Tierra”.

Esta versión de la creación del mundo por parte de Dios, no tiene nada que ver con la teoría que aquí se ha presentado del pre-universo, identificándolo con un campo cuántico. Los textos citados sugieren, y así lo confirma la doctrina de la Iglesia, que Dios existía desde siempre y creó el mundo de la nada. El campo cuántico también existió desde siempre. La diferencia entre ambas posturas consiste en que la posibilidad del campo cuántico, y digo posibilidad y no certeza, es compatible con los conocimientos científicos que a mí se me alcanzan, mientras que la creación divina no es una posibilidad científica. Por otra parte, la nada, el vacío absoluto, aún no lo ha conseguido nadie, y puede que sea imposible conseguirlo, pues la nada es la negación del existir, por lo que la existencia de la nada parece que encierra una imposibilidad de ser. Recordemos el experimento de Hendrik Casimir, que hizo todo lo posible por alcanzar la nada y solo encontró unos campos erráticos que se interpusieron entre nada y él.

Recientemente he oído a algunos científicos decir que para explicar el origen de este mundo no se necesita a Dios. Algunos de estos científicos se declaraban ateos, pero otros, en cambio, tras esta afirmación tan rotunda, se declaraban creyentes convencidos.

Y tras tocar el tema de la creación, pasemos a una de las tradiciones más sutiles de la cultura cristiana, que es el argumento ontológico de la existencia de Dios, llamado también argumento de san Anselmo. Esta tradición es menos conocida que la de la creación, pero ha dado mucho que hablar en la historia de la filosofía. Aunque se suele exponer con cierta retórica, escenificándolo en una charla entre san Anselmo y un hombre insensato, más o menos dice así: Nosotros somos capaces de pensar en Dios como el ser más grande que podemos concebir, adornado con todos los atributos que podemos imaginar; como somos capaces de pensarlo, ese Dios grande y perfecto está en nuestro pensamiento; pero, si además de estar en nuestro pensamiento, existiera, sería más grande y más perfecto todavía, porque tendría, además, el atributo de la existencia; por lo tanto el ser más grande y más perfecto que yo pueda imaginar tiene que tener el atributo de la existencia, y en consecuencia tiene que existir. Por lo tanto, Dios existe.

Son varios los filósofos que se han pronunciado sobre este argumento, entre los que destacan Descartes y Kant. Descartes lo apoyó con firmeza argumentando que si Dios es un ente perfecto y la existencia es una perfección, Dios tiene que existir. Más tarde fue refutado por Kant, y, desde entonces, para algunos ha perdido su fuerza. Kant lo rechazó argumentando que la existencia no es un atributo real, no es una propiedad de las cosas, sino que solo indica la posibilidad de las cosas para relacionarse con el resto del mundo. Y puso un ejemplo, que se ha hecho famoso, diciendo que cien escudos en los que yo piense, tienen los mismos atributos que cien escudos reales que yo pueda tener en mi bolsillo.

Desde luego, si le negamos el carácter de atributo a la existencia, el argumento pierde su valor. Sin embargo, no es este matiz el que aquí nos interesa, porque de esto no hemos tratado anteriormente. A la luz de que hemos ido viendo en los capítulos anteriores, la duda que se nos plantea es si es coherente “pensar en Dios como el ser más grande que podemos concebir, adornado con todos los atributos que podemos imaginar”. ¿Cuáles son estos atributos? Según el Catecismo de la Iglesia Católica, “Todas las criaturas poseen una cierta semejanza con Dios, muy especialmente el hombre creado a imagen y semejanza de Dios. Las múltiples perfecciones de las criaturas (su verdad, su bondad, su belleza) reflejan, por tanto, la perfección infinita de Dios. Por ello podemos nombrar a Dios a partir de las perfecciones de sus criaturas, pues de la grandeza y hermosura de las criaturas se llega, por analogía, a contemplar a su Autor”. Veamos qué es lo que nos sugiere la razón teniendo en cuenta algunos atributos que según este párrafo del Catecismo podemos atribuirle a Dios.

Hemos visto cómo el universo en el que vivimos es enormemente violento. La violencia desplegada en el big-bang, el exceso de impactos que fue necesario para la formación de la Tierra, la agresión que supone el choque de dos agujeros negros o la intensidad de la explosión de una supernova, hacen que resulte difícil, salvo que se introduzcan otras variables, conciliar la historia y la realidad del universo con la imagen de un Dios infinitamente apacible, o, utilizando el lenguaje de las bienaventuranzas de san Mateo, un Dios de mansedumbre infinita.

Otro aspecto que llama nuestra atención es que el universo es inmensamente grande y está prácticamente vacío, circunstancias ambas en las que hay unanimidad dentro de la comunidad científica. Si se valora con criterios actuales esta inmensidad de un universo casi vacío, da la sensación de un enorme despilfarro de medios y de energía completamente inútil. Si, conforme nos dice el Catecismo, la sabiduría es una perfección humana, y en consecuencia podemos aplicársela a Dios con predicado de infinitud,

también aquí resulta difícil la conciliación, pues no es fácil armonizar tamaño despilfarro con un posible atributo de sabiduría infinita.

Y aunque podríamos añadir otras consideraciones de la misma índole relativas al universo, vamos a pasar de manera escueta y casi enumerativa a otras relacionadas con las criaturas que lo habitamos. Ya hemos visto cómo la evolución animal se rige por una ley según la cual en la lucha por la vida solo sobrevive el más fuerte. Estamos tan acostumbrados a ver esto a nuestro alrededor, que al enunciarla en los capítulos anteriores nos ha parecido algo natural. Sin embargo, si reflexionamos sobre ella, parece que esta ley se olvida de algo tan elemental para la mentalidad humana como es sentir compasión por el más débil, por lo que no nos invita a ver en ella la mano de alguien infinitamente compasivo. La misma impresión tenemos cuando pensamos en la ley de comerse unos a otros que rige el mundo animal, que no parece dictada bajo los imperativos de justicia y bondad, y que además nos da la sensación de no ser necesaria. Y, para terminar con estos comentarios sobre los atributos Divinos, pensemos en el largo camino de la evolución humana, sembrado tantas veces de dureza extrema, y pensemos también en el momento actual de los hombres en el mundo, que es solo un momento de la misma evolución. Ninguno de los dos nos transmite el mensaje de un Dios entregado al amor y cuidado, una a una, de las criaturas que hizo a su imagen y semejanza.

Por todo ello, creo que el argumento ontológico, o de san Anselmo, además de cómo lo desmontara Kant, presenta también un punto débil en su planteamiento inicial, al partir en su primera premisa de un Dios colmado de perfecciones, a las que posteriormente añade la perfección de la existencia.

Y de san Anselmo pasemos a santo Tomás. La tradición de las cinco pruebas de la existencia de Dios debidas a santo Tomás de Aquino es de todos conocida. Son sus famosas “cinco vías”, de las cuales, las tres primeras son muy parecidas entre sí. La primera de estas pruebas es la llamada del “motor inmóvil”, que dice que todo lo que se mueve necesita de un motor que lo mueva, por lo que, alguna vez, tuvo que haber un primer motor capaz de moverse a sí mismo, y ese primer motor es Dios. Como hemos explicado, ese motor puede ser la energía de vacío, que no solo estaba ya presente en el pre-universo, sino que también lo está, y en cantidades astronómicas, en el mundo actual. La segunda prueba, llamada de la “causa incausada”, es similar a la anterior, pero, en lugar de enlazar motor y movimiento, enlaza causa y efecto, concluyendo que tuvo que haber una primera causa que no fuera efecto de ninguna otra, y que esta causa incausada es Dios. Creo que a este concepto de causa incausada responde el concepto del campo cuántico que fue el pre-universo, y que estuvo allí desde siempre, sin ser efecto de ninguna causa. La tercera prueba de santo Tomás se llama “cosmológica”, y, en esencia, se identifica con la creación. Más o menos, dice que, si ahora hay algo físico o material, y alguna vez no hubo nada de esta naturaleza, algo no físico ni material tuvo que haberlo creado. Como este asunto de la creación ya lo hemos tratado, seguimos adelante.

El cuarto argumento de santo Tomás es el de los “grados de perfección” que dice así: todas las cosas tienen un grado de perfección más o menos distante de la perfección absoluta, por lo que tiene que haber un ser que sea absolutamente perfecto, que será el que nos sirva de referencia para evaluar el grado de perfección de todas las cosas. Ese ser, que marcaría la excelencia, es Dios. Hay que suponer que santo Tomás solo se refería a las cosas que se suponen buenas en sí mismas, como la belleza o la bondad, y no a lo que es intrínsecamente malo como pudieran ser la mezquindad o la hipocresía. Aun así, desde que salimos de África y fuimos adaptándonos a distintas condiciones del entorno y

generando distintas culturas, tanto lo bello como lo bueno, se han relativizado tanto que es casi imposible que exista una única escala de grados para todo el mundo ni, por supuesto, una referencia de máximos con la que todos estuviéramos de acuerdo. Y si esto es así comparando distintas culturas de nuestro tiempo, no digamos cómo sería comparando a un occidental del siglo XXI con un campesino chino del final del paleolítico superior. El resultado sería que tendríamos un Dios de atributos variables.

A la quinta y última vía se la ha llamado alguna vez la vía del “orden”. Todos tenemos un fin y vivimos dentro de un orden, que no lo hemos recibido por azar, sino a través de un ser superior que dirige y ordena toda la naturaleza. Este ser superior es Dios. Se conoce también como el argumento del “diseñador”, y tiene bastante vigencia. Creo que este argumento es incompatible con la teoría de la evolución, donde, como ya sabemos, el azar ha estado siempre presente, y el azar, por definición, no puede preverse. También hemos visto como la propia evolución ha estado a punto de truncarse en varias ocasiones, de las cuales ha salido adelante aún en los casos en que sus posibilidades eran mínimas, por lo que puede descartarse una programación desde fuera por un ser superior. No es concebible que un diseñador planifique el desarrollo de los dinosaurios y después les mande un meteorito para que desaparezcan. El argumento del diseñador se enseñaba en la Inglaterra del siglo XIX a todos los estudiantes. Su gran defensor fue William Paley, que incluso comparaba la naturaleza con un reloj. Como era de estudio obligado en toda Inglaterra, Darwin lo conoció de joven, pero él mismo lo combatió en su madurez. Ciertamente, la comparación de la naturaleza con un reloj no es muy afortunada.

La tradición del diseñador tuvo su punto fuerte en la estructura y funcionamiento del ojo, algo perfecto y complejo, compuesto de muchísimos elementos absolutamente precisos y necesarios, hasta el punto de que si falta alguno de ellos el ojo no puede prestar su maravillosa función. Aparentemente es un diseño tan perfecto que necesita de un diseñador. El mismo Darwin, que estaba fascinado por este órgano, escribió que “si se demostraba que habían existido cambios graduales desde un ojo muy simple hasta otro complejo, y que cada etapa podía ser útil a su propietario, entonces el ojo podría ser fruto de la evolución”. Hoy día nadie duda de que el ojo es el resultado de la evolución de una mácula inicial de los seres unicelulares como las algas verdes, que desarrollaron unas proteínas conectadas al sistema nervioso, que resultaron sensibles a la luz. Simples elementos fotorreceptores que podían detectar si había o no había luz. Posteriormente algunos animales pluricelulares, como las estrellas de mar, desarrollaron estas máculas primeras en un grupo de células algo más complejas, que también detectaban la existencia de luz. Las estrellas de mar, que no tienen cerebro, supieron sacar provecho de estos fotorreceptores utilizando los ciclos de luz y oscuridad para regular su metabolismo. Estas primeras fases del desarrollo del ojo se denominan de retina desnuda. A continuación, esta pequeña superficie de la piel cubierta por células fotorreceptoras, empezó a curvarse hacia dentro, en un proceso llamado de invaginación, creando así una superficie cóncava, que además de detectar la luz, podía detectar si la luz venía por la derecha, por la izquierda o por el centro, con lo cual, si eso es lo que necesitaban, podían huir en la dirección adecuada. Como la concavidad resultó muy útil, esta superficie cóncava se fue haciendo cada vez más profunda hasta convertirse en una cavidad esférica con un pequeño agujero por el que entraba la luz. Ya tenemos preparada la cavidad ocular, al mismo tiempo que se ha creado una cámara oscura, en cuyo fondo se proyectan invertidas las imágenes del exterior. Esto ya va siendo algo parecido al ojo actual, con unas imágenes borrosas y desenfocadas. El paso siguiente fue cerrar el agujero de entrada para impedir el paso del



agua con una pequeña capa externa que terminará siendo la córnea actual. Al mismo tiempo, las células interiores de la cámara oscura se van especializando como receptores para determinadas frecuencias, con lo cual ya las imágenes invertidas de la cámara oscura son sensibles al color. Con el tiempo este fondo de la cámara oscura será la retina, órgano extremadamente sensible que manda sus señales a los axones del nervio óptico. Finalmente, la necesidad de enfocar las imágenes hace que se desarrolle el cristalino, formado por proteínas con un alto índice de refracción, que van evolucionando hasta ajustar su transparencia y su forma de lente biconvexa. La necesidad de controlar la entrada de luz hace que se desarrolle el iris, cuya acción muscular controla la dilatación del agujerito por donde entraba la luz, convertido ahora en la pupila del ojo.

Esta descripción u otras similares tratan de explicar cómo ha tenido lugar la evolución del ojo en cuatro etapas básicas: percepción de la luz, discriminación de su ángulo de incidencia, percepción de imágenes desenfocadas y percepción de imágenes perfectamente definidas. Otras líneas de estudio consisten en mostrar cómo las distintas fases de la evolución del ojo, desde un ojo primitivo hasta el ojo humano, se pueden encontrar, todas ellas, en ojos de animales que viven actualmente. También se han hecho simulaciones numéricas en ordenador. Con todo ello quedan demostrados los “cambios graduales” que pedía Darwin, y quedan desmontados los últimos argumentos de los defensores de la tradición que reclama la existencia de un diseñador.

Y ahora hagamos algunos comentarios sobre el denominado principio antrópico. Por todo lo que hemos visto en los capítulos anteriores, no podemos dejar de comentar este principio, que parece enfrentar la formación del universo con la teoría de la evolución. Enunciado de diversas formas, una de ellas dice que la formación del universo ha sido, justamente, la necesaria para que en la Tierra aparezca la realidad del hombre. Es pues un principio de finalidad: la finalidad de todo el proceso de formación del universo ha sido poner al hombre en este mundo. Pero el proceso de formación del universo, como hemos visto, depende de una serie de constantes cuyos valores tienen que ser los que son, pues de no ser así el universo habría ido por otros caminos y nosotros no estaríamos aquí. Todos podemos comprender que, si la fuerza de la gravedad fuera un poco mayor de lo que es, las estrellas y las galaxias podrían haber colapsado, o la expansión del universo podría haberse detenido.

Los científicos cifran en seis las constantes que han marcado el desarrollo del universo. Son los llamados seis números de Rees. Sin entrar en detalles, digamos que estos números están relacionados con la gravedad, con la energía que se desprende de la fusión del hidrógeno en helio, con la densidad crítica del universo, con la expansión del universo, con la masa en reposo de las galaxias y con las tres dimensiones del espacio.

Y aquí aparecen las preguntas. La primera es relativa a su autoría: ¿Quién ha fijado estos seis valores? Respuesta de la tradición cristiana: Dios. La segunda se refiere a su finalidad: ¿Para qué? Respuesta de la tradición cristiana: Para hacer al hombre a su imagen y semejanza. Como dice el libro del Génesis: “Y creó Dios al hombre a su imagen; a imagen de Dios lo creó; varón y hembra los creó”. Esta declaración de que el hombre está hecho a la imagen y semejanza de Dios, coloca al hombre en un pedestal, donde se siente orgulloso y con orgullo mira a su alrededor. Sin embargo, la teoría de la evolución nos ha quitado la venda de los ojos, destronándonos de esa posición de privilegio. No parece que estemos hechos a la imagen de Dios. Somos simplemente el resultado de la evolución de un linaje que se inició hace millones de años. Repasemos nuestra taxonomía: animal, cordado, mamífero, primate, homínido, homo y homo sapiens. Para muchas

personas esto es una cura de humildad, que echa por tierra la idea de que nosotros seamos la finalidad de una creación divina para hacernos a su imagen y semejanza. ¿Dónde empieza esta semejanza en el linaje citado? No hay respuesta.

Quede o no quede así resuelta para algunos la pregunta sobre la finalidad, lo que está sin resolver para todos es la pregunta sobre la autoría. Después de conocer la formación del universo, parece impensable que Dios se entretuviera ajustando los seis números de Rees, que, si bien lograron su objetivo final de poner el universo en marcha y dentro de él al homo sapiens, no fue sino a base de enorme violencia, despilfarro de medios y vidas truncadas. Ciertamente podría haberlos ajustado mejor. Como los científicos no pueden atribuirle a Dios esa tarea de ajuste, y además creen que no le corresponde, andan buscando alguna otra explicación sin ponerse de acuerdo. Algunos opinan que no encontramos explicación debido a nuestra ignorancia, y que a lo mejor estos seis números resulta que no son independientes entre sí, y que cuando se conozca la relación entre ellos todo resultará bastante sencillo. Otros científicos creen que nuestro universo no es el único posible, que hay, o ha habido, otros universos con sus correspondientes números de Rees, que podrían ser iguales o distintos de los nuestros, y que, simplemente, a nosotros nos ha tocado vivir en este universo, en el que los números de Rees son los que nosotros conocemos. Como no me gustan los multi-universos, me parece más razonable la primera de estas dos opciones, y creo que, esa clave que podría explicar los valores de los seis números de Rees, o de otros parecidos, podría haber estado ya presente en el pre-universo, donde el big-bang que conocemos, sin menoscabo de que hubiera podido haber otros fallidos, solo se produjo cuando esa clave alcanzó el valor necesario para que todo siguiera adelante. También pudieron auto-ajustarse tras el big-bang, junto a las cuatro fuerzas que gobiernan el mundo: gravedad, fuerza débil, fuerza fuerte y fuerza electromagnética. Sea como fuere, lo cierto es que el problema está planteado y no está resuelto: ¿Por qué los seis números de Rees son los que tienen que ser para que este universo en el que vivimos haya sido posible?

Para cerrar el tema de la finalidad, recordemos que todos estamos de acuerdo en que la evolución es un vector hacia adelante, que las especies van mejorando y que aquí estamos nosotros para demostrarlo. La ciencia se ocupa del porqué de lo que pasa en el mundo, pero no de su finalidad. La ciencia descubre el mundo, pero no lo inventa. Newton explicó por qué cae la manzana al suelo, pero no para qué cae. Y es esta misma ciencia la que ha desvelado, porque ya estaba ahí, el segundo principio de la termodinámica, al que volvemos por tercera vez: vamos hacia adelante, la evolución tiene ese carácter vectorial e irreversible, pero creando un mundo de escombros y basura a nuestro alrededor que siempre va superando al orden creado, de forma que la flecha de ese vector, si apunta hacia algún sitio, parece ser hacia el desorden absoluto que será el fin de nuestro universo.

Todas estas tradiciones que hemos venido comentando gozan de cierta relevancia intelectual. Aunque aquí las hemos tratado de forma superficial, las podemos encontrar en sesudos libros escritos por personas importantes. Ahora vamos a pasar a otras tradiciones más coloquiales que pueden venirnos a la mente tras la lectura de los capítulos precedentes. Una de ellas es la que nos habla de la existencia del cielo y el infierno, en los que hay que creer firmemente. Así se reza en el Credo: "...Creo en Jesucristo, su único hijo, Nuestro Señor, que fue concebido por obra y gracia del Espíritu Santo, nació de Santa María Virgen, padeció bajo el poder de Poncio Pilato, fue crucificado, muerto y sepultado, descendió a los infiernos, al tercer día resucitó entre los muertos, subió a los cielos y está sentado a la derecha del Padre Dios, Padre Todopoderoso..." Esta no es la

única referencia al cielo y al infierno, citados también en el Antiguo y el Nuevo Testamento, como si se tratara de unos lugares que hubiera que ubicar en algún sitio, lejano, pero alrededor nuestro. Curiosamente, el cielo parece situarse por encima de nosotros y el infierno por debajo. Como hemos visto en el capítulo segundo, 380.000 años después del big-bang, el universo se hizo transparente y nos envió una fotografía en formato de Radiación de Fondo de Microondas, que resultó tan interesante que en el año 2009 la Agencia Europea del Espacio lanzó el satélite Plank para estudiarla. El resultado de este estudio fue que el universo es absolutamente homogéneo, ofreciendo la misma imagen sea cual sea la dirección en que se mire. No existe ningún indicio de ningún lugar especial que pudiera destacarse por la ubicación en él del cielo o el infierno. Y por supuesto, carece de sentido hablar de arriba y abajo cuando hablamos del universo. Por lo tanto, es necesario concluir, que no existe en todo el universo ninguna evidencia ni indicio de ella, sobre la existencia en él del cielo y del infierno. Por otro lado, aunque estuvieran en el universo, tanto la existencia del cielo como la del infierno, son incompatibles con la idea de que podrían haber participado del big-bang.

Y tras hablar del cielo y el infierno hablemos del alma. La tradición de la existencia del alma es una de las que se enseñan primero a los niños. El Catecismo de la Iglesia Católica la explica así: “La Iglesia enseña que cada alma espiritual es directamente creada por Dios (cf. Pío XII, Enc. *Humani generis* 1950: DS3896; Pablo VI, *Credo del Pueblo de Dios*, 8) –no es “producida” por los padres- y que es inmortal (cf. Concilio de Letrán V, año 1513: DS1440): no perece cuando se separa del cuerpo en la muerte, y se unirá de nuevo al cuerpo en la resurrección final”. Aquí todo está clarísimo. No hay ambigüedades. Dios mismo crea cada alma. Las preguntas saltan solas, ¿a quién se le infundió esa alma por primera vez? ¿Desde cuándo existe el alma? ¿Desde Lucy? ¿Desde los fornidos neandertales o desde los artistas de las cuevas de Altamira? Hay que suponer que cuando Dios infunde el alma al hombre, éste tiene que ser ya responsable de sus actos y tiene que saber diferenciar el bien del mal, por lo que su cerebro tiene que estar ya bastante desarrollado. Como de ser así tendría que haber un primer hombre al que Dios le infundiera el alma, sería una arbitrariedad infundir el alma a un hombre o a una mujer y no haberlo hecho a sus progenitores, que serían idénticos en cuanto a su nivel evolutivo. Esta discriminación carece de sentido, tanto a nivel de personas como a nivel de grupo. También resulta difícil de conciliar con la física la última afirmación de esta cita, que habla de la resurrección final de los cuerpos. Cuando muere una persona, su cuerpo, antes ordenado y bien organizado, entra en descomposición total, con un aumento evidente de la entropía del universo. Según la cita del Catecismo, “en la resurrección final” todos resucitaríamos al mismo tiempo, con lo que asistiríamos a algo así como a una explosión enorme de entropía negativa, y esto es imposible, porque el principio que establece el crecimiento permanente del desorden nos dice también que este crecimiento es irreversible. Esta resurrección final solo podría ocurrir fuera del universo que conocemos o destruyéndolo.

Y como somos aficionados a la física, a las matemáticas y a los cálculos, recordemos ahora las tradiciones de la ascensión de Jesucristo y la asunción de la Virgen María. La ascensión de Jesucristo la relata así san Lucas: “Los llevó (Jesús) hasta cerca de Betania, y levantando sus manos los bendijo, y mientras los bendecía se alejaba de ellos y era llevado al cielo”. La asunción de la Virgen fue declarada Dogma de Fe por Pío XII en 1950 con el siguiente texto: “Por tanto, después de elevar a Dios muchas y reiteradas preces e invocar la luz del Espíritu de la Verdad...pronunciamos y definimos

ser dogma de revelación divina que la Inmaculada madre de Dios, siempre Virgen María, cumplido el curso de su vida terrena, fue asunta en cuerpo y alma a la gloria celeste”. Aquí el comentario que se suscita no es a dónde van, pues de la ubicación del cielo ya hemos hablado. El comentario que ahora surge es el de la velocidad a la que se marchan. Como hemos visto en los capítulos anteriores, ningún cuerpo material puede viajar a la velocidad de la luz, y si su masa es la de una persona adulta, mucho menos. Por otra parte, tanto la ascensión de Jesucristo como la asunción de la Virgen, deberían de ser dos traslados bastante rápidos, pues no tendría sentido que anduvieran por ahí mucho tiempo. Con estos supuestos, aún sin saber la ubicación del cielo, considerando solo las distancias del sistema solar, las cuentas no salen de ninguna manera, por lo que hay que admitir que estos dos hechos, la ascensión de Jesucristo y la asunción de la Virgen, son incompatibles con los cálculos más elementales de velocidad, espacio y tiempo.

Y, para terminar, una pregunta que se hace todo el mundo, ¿hay vida inteligente fuera de la Tierra? Todos nos hemos preguntado alguna vez por la posibilidad de que haya vida inteligente en otros planetas. La respuesta a esta pregunta hay que pensarla en términos de probabilidad, y depende de la valoración que cada uno quiera hacerse de los dos términos siguientes. Por una parte, la vida surgió en la Tierra, surgió por una sola vez, y tuvo tantos problemas para hacerlo, que la probabilidad de que eso ocurriera era prácticamente cero. Pero el hecho es que así ocurrió. Pero, por otra parte, en el universo puede haber diez mil millones de billones de estrellas, y todas ellas con sus correspondientes planetas. Para responder a la pregunta planteada hay que multiplicar estos dos factores, uno infinitamente pequeño y otro infinitamente grande. Naturalmente el resultado es tan incierto que unos responderán que sí, y otros que no a la pregunta de si en el universo puede haber vida inteligente fuera de la Tierra. Los creyentes que respondan que no, no tendrán ningún problema. Pero sí se les planteará un problema a los que respondan que sí. El credo de la Iglesia dice: “Creo en Jesucristo su único hijo”. Esto significa que se podría producir un desencuentro con la tradición en los términos siguientes: Como Dios no tuvo otros hijos para mandarlos a otros posibles planetas, o bien Jesucristo anduvo de un planeta para otro repitiendo su mensaje, o bien solo vino a la Tierra. La primera posibilidad no parece razonable y la segunda sería discriminatoria.

## LA EVOLUCIÓN DEL SER

Hablando del ente y el ser, Heidegger nos dijo que ente es todo, no solamente nosotros mismos y las cosas que nos rodean, sino también lo que hablamos, lo que nombramos o la manera de comportarnos, pues el ser se encuentra en el hecho de que algo es y en el hecho de ser de una determinada manera. Por eso considerando que son entes todas las fases o épocas que hemos ido nombrando, vamos a tratar de decir ahora algo sobre su ser.

Heidegger nos enseñó que la esencia del ser del hombre es “tener-que-ser”. El hombre no puede renunciar a “tener-que-ser” y, además, tiene que ser “él-mismo”, por lo que su esencia, de forma más completa, es “tener-que-ser-su propio-ser”. Y como esto tiene que hacerlo desde que nace hasta su muerte, su ser es el “existir”. Algo parecido podemos aplicar al campo cuántico que constituía el pre-universo, cuyo ser era “estar-ahí-siempre”, y cuya esencia era la energía de vacío, que en forma de fluctuaciones lo hacían posible. Y lo mismo que el hombre no puede renunciar a “tener-que-ser”, el pre-universo no podía dejar de fluctuar, pues tenía que seguir siendo siempre él mismo, y sin fluctuaciones no hay campo cuántico. Y si la forma de estar en el mundo del hombre, dice Heidegger, es estar ocupándose de algo, la forma de estar en el mundo del pre-universo era hacerlo como energía durmiente y fluctuante. Y como esa energía brotaba de él mismo, diremos de ella que tenía un carácter fontanal. Y aunque las fluctuaciones del pre-universo suponen un transcurrir, es un transcurrir sin referencias de pasado ni de futuro, que por lo tanto no concuerda con la idea que nosotros tenemos del tiempo, que está más cerca de Aristóteles, que lo definía como “lo numerado en el movimiento que comparece en el horizonte de lo anterior o lo posterior”, ni tampoco con lo que ya hemos dicho de Heidegger y el concepto de tiempo como desarrollo o despliegue de la temporeidad, imposible de entender sin pasado ni futuro.

Quizás podríamos definir al pre-universo de la siguiente manera: Transcurriendo en una situación de presente, sin referencias de pasado ni de futuro, la esencia del pre-universo es la energía de vacío que en forma de fluctuaciones lo hacen posible, y su ser es el estar-ahí-siempre, siendo su modo de ser el de una energía de carácter fontanal, estable y ordenada de entropía durmiente.

Pensemos ahora en el big-bang, pero solo en lo que fue la explosión en sí misma. El big-bang, esa explosión que duró menos de una décima de segundo, fue el acto más violento jamás conocido. Su corta vida la empezó haciéndose cargo de toda la energía de una gran explosión, que empleó parcialmente en la creación de varios campos cuánticos, lanzados en un universo naciente sometido a una expansión inflacionaria, y que entregó la energía sobrante a un universo ya inmenso de tamaño y lleno de masa. Si consideramos que la esencia es la parte más pequeña del ser capaz de mantener su identidad, podemos decir que la esencia del big-bang es una onda expansiva que se amortigua en su propia expansión, que su ser es ir arrojando al exterior la enorme potencialidad que la energía tiene en sí misma, y que su modo de ser es una incandescencia deslumbrante, cuya temperatura es tan descomunal como la explosión inicial. Si intentáramos definir el big-bang podríamos decir algo así:

Convirtiéndose su transcurrir en un instante fugaz, cuyo único pasado fue una gran explosión creada por energía de vacío, y cuyo futuro apuntaba a un universo abierto, la esencia del big-bang fue una onda expansiva, y su ser un arrojar permanente de la energía hacia fuera en modo de posibilidades, siendo su modo de ser una incandescencia enorme de temperatura rápidamente decreciente.

Después del big-bang transcurrió un período de 380.000 años, durante el cual se crearon los campos y las fuerzas que ahora conocemos, así como la masa y las partículas compuestas como los protones y los neutrones. Las interacciones entre los campos fueron incesantes y los movimientos de las partículas, aleatorios y de apariencia caótica. A su terminación, todo quedó listo para que empezaran a formarse los primeros átomos. Su definición podría ser la siguiente:

Trescientos ochenta mil años opacos cuyo origen, en términos de pasado, fue de enorme violencia, y cuyo final, en perspectiva de futuro, fue abrir el universo, siendo su esencia su expansión y enfriamiento, siendo su ser tener que armonizar fuerzas y partículas para salir de esa situación, y, siendo su modo de ser, una sopa caótica de partículas y campos cuánticos mantenida por la energía de vacío.

Abierto ya a la posibilidad de los átomos y a sus enlaces, el universo se organiza en galaxias y en estrellas con sus respectivos planetas que se mueven en un espacio casi vacío lleno de polvo y rocas. La violencia no desaparece, sobre todo en la creación y muerte de las estrellas. El universo se va construyendo a sí mismo. Este podría ser su retrato:

Viniendo de una situación de caos en clave de pasado, y caminando hacia el mayor estado de orden aparente en clave de futuro, la esencia de este período del universo que llega hasta nosotros, es establecer un orden que se impone y desaparece con violencia, siendo su ser ir construyéndose a sí mismo en cada momento, y siendo su modo de ser la creación y agrupación de elementos cada vez más complejos, que son posibles gracias a la gravedad, a los campos existentes y a la energía de vacío.

Y en este entorno nació la Tierra, pero con categoría de estrella sino con estatus de planeta, vinculada de por vida al Sol, que terminará engulléndola. Sin embargo, la Tierra no es un planeta más, porque en él surgió la vida, que a su vez contribuyó a la formación de la Tierra y ahora le echa toda su basura para que se mantenga el desorden creciente global. De ella podemos decir lo siguiente:

Nacida de los restos de la formación del Sol y destinada a mantenerse orbitando a su alrededor hasta ser engullida por él, la esencia de la Tierra es mantener la vida de sus criaturas, y su ser, evolucionar con ellas entregando cuanto tiene, siendo su modo de ser, el de un planeta sujeto a la atracción de una estrella en una órbita de la que no puede escapar.

Y tras estas descripciones macroscópicas, tenemos que cambiar de escala y pasar ahora al primer tramo de la vida en la Tierra, desde su nacimiento hasta la aparición de la consciencia, digamos que la etapa inconsciente de la historia de la vida. Como no conocemos cuándo y cómo empezó la vida y tampoco cuando empezó la consciencia, los límites de esta etapa de la vida son puramente conceptuales. La teoría de la evolución nos explica esta etapa con detalle, y la ley de Darwin de la selección natural por la supervivencia y la reproducción es su guía principal. Un posible resumen a modo de definición sería el siguiente:

Ayudando con su llegada a la última fase de la formación de la Tierra, pero con un pasado inmediato desconocido, y con una vocación de futuro impredecible hasta

alcanzar la consciencia, la esencia de la vida inconsciente es evolucionar por selección natural, su ser es la supervivencia por relevos de los individuos, y su modo de ser es ir hacia adelante y ramificarse permanentemente, aplicando una y otra vez el método de la prueba y el error.

Y ya la última etapa, desde la aparición de la vida consciente hasta nosotros, la corta pero intensa trayectoria del homo sapiens. La datación de sus comienzos la cambian los científicos de vez en cuando y su futuro tampoco tiene fecha. Su duración, con la excepción del big-bang, es la más corta de todas las que hemos comentado, pero sumamente intensa. Ensayemos una definición.

Viniendo de un pasado largo y muy complejo, que sin duda le ha dejado una huella honda, y abierto a un futuro tan inquietante como imprevisible, que incluso despierta cierta alarma, la esencia de esta segunda etapa de la vida que es la vida consciente, es evolucionar por selección social e intelectual, su ser consiste en ir avanzando en lo social a expensas de lo individual, y su modo de ser es dejarse arrastrar por el empuje de una sociedad sobre la que ha perdido toda posibilidad de control.

Resumiendo, recordemos que el ser del pre-universo era estar ahí siempre, pero se presenta la hecatombe del big-bang y el ser se convierte en un arrojar permanente de la energía hacia fuera en modo de posibilidades, que son tantas y tan potentes que hay que armonizar fuerzas y partículas para salir de esa situación, tras lo cual vendrá un largo transcurrir para que el universo se vaya construyendo a sí mismo en cada momento.

Y cuando llega la vida, su ser es la supervivencia por relevos de los individuos durante su etapa inconsciente, y un avance de lo social a expensas de lo individual en su etapa inteligente, que ha convertido a los hombres y a las mujeres en seres absolutamente sociales.

Y, para terminar, pasemos a considerar el ser, no ya de un período, sino de cualquier hombre inteligente de nuestra época. Ensayemos una definición de corte heideggeriano, en línea con las anteriores, pero un poquito más desarrollada y con dobles horizontes de pasado y futuro:

Viniendo desde muy atrás con el horizonte de todo lo que ha sido desde la aparición de la vida, sin olvidar que su córtex cerebral se apoya sobre su cerebro, más primitivo, de mamífero, pero, sobre todo, viniendo desde su propio pasado individual, desde su propio haber sido arrojado a este mundo, mirando siempre hacia un horizonte de futuro, no solo personal, ensombrecido y cerrado por la muerte, sino abierto más allá a través de una tecnología sin límites, que incluso parece desafiar a su reproducción y a su propia inteligencia, la esencia del hombre es tener que ser su propio ser, tener que hacerse siempre a sí mismo, eligiendo continuamente entre varias posibilidades, siendo su ser su propio existir, su propia existencia, y siendo su modo de ser el estar siempre ocupándose de algo, uniendo las posibilidades de futuro y la experiencia del pasado en cada instante de su quehacer con horizonte de presente.

Y con esto hemos llegado al final de nuestro relato. Parece mentira que para que hayamos podido leerlo tranquilamente sentados en nuestra casa, haya sido necesaria tanta violencia como la que se ha producido y sigue produciéndose en el universo. Solo nos queda tener un recuerdo para Lucy, para los primeros mamíferos, para LUCA y para la energía de vacío.

-----

## BIBLIOGRAFÍA

Ser y Tiempo

Martin Heidegger

El espejismo de Dios

Richard Dawkins

Vida, la gran historia

Juan Luis Arsuaga

La teoría de la evolución

C. Devillers y J. Chaline

El legado de Darwin

Qué significa hoy la evolución

John Dupré

El origen del hombre

Alfonso Moure

Cosmos

Carl Sagan

Cuántica

Qué significa la teoría de la ciencia más extraña

Philip Ball

El vacío y la nada

¿Qué había antes del Big-Bang?

Enrique Fernández Borja

El bosón de Higgs

Los secretos de la partícula divina

David Blanco Laserna

Sobre la realidad de los cuantos

J. M. Jauch

Física cuántica ¿Ilusión o realidad?

Alastair Rae

Las paradojas cuánticas

Schrödinger

National Geographic

Origen de la Tierra HD

National Geographic HD

Wikipedia

Evolución humana