

JAVIER NOVO



EVO LU CIÓN

[PARA CREYENTES Y OTROS ESCÉPTICOS]

RIALP

JAVIER NOVO

EVOLUCIÓN

[Para creyentes y otros escépticos]

EDICIONES RIALP, S. A.
MADRID

© 2018 *by* JAVIER NOVO
© 2018 *by* EDICIONES RIALP, S. A.,
Colombia, 63, 8º A - 28016 Madrid
(www.rialp.com)

Realización ePub: produccioneditorial.com

ISBN (edición impresa): 978-84-321-5053-1
ISBN (edición digital): 978-84-321-5054-8

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del *copyright*. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita reproducir, fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

*A los habitantes de Elmore,
por el maravilloso mes de junio londinense
en el que este libro vio la luz.*

Este es un libro sencillo, accesible a cualquier lector que esté interesado en la relación entre la teoría de la evolución y la enseñanza cristiana sobre la creación, aunque no posea conocimientos muy profundos en ninguno de estos campos. Al ser el fruto de bastantes años de lecturas, conversaciones y reflexiones, es imposible incluir referencias bibliográficas a todas las fuentes empleadas (lo cual, además, añadiría un número de páginas que sobrepasaría la paciencia del editor). Todo ello me obliga a pedir disculpas a aquellos autores cuyas ideas y escritos he utilizado sin el debido reconocimiento en forma de citas a pie de página. En cualquier caso, algunos de los pensadores que más me han influido son citados expresamente en el texto.

CONTENIDO

PORTADA

PORTADA INTERIOR

CRÉDITOS

DEDICATORIA

1. «EL VATICANO NO ACEPTA LA EVOLUCIÓN»

2. LA EVOLUCIÓN NO FUNCIONA ASÍ

3. LA EVOLUCIÓN FUNCIONA ASÍ

4. LOS INESPERADOS BANDAZOS DE LA EVOLUCIÓN

5. LA EVOLUCIÓN DA SALTOS

6. EVOLUCIÓN A LO GRANDE

7. LA BROMA DE LA EVOLUCIÓN

8. EVOLUCIÓN DE LA MENTE

9. EL FENÓMENO HUMANO

10. EVOLUCIÓN, DIOS Y AZAR

AUTOR

1.

«EL VATICANO NO ACEPTA LA EVOLUCIÓN»

TODAVÍA RECUERDO EL IMPACTO que me causó el título de un artículo publicado hace unos años por un conocido bloguero de Estados Unidos: “Por qué el Vaticano acepta el Big Bang pero no la evolución”. Podrá sonar fuerte a algunos, como a mí inicialmente; para otros no será más que el típico titular provocador cuyo fin es atraer lectores o generar controversia. Muchos pensarán que no responde a la realidad: todo el mundo sabe que la Iglesia Católica nunca ha condenado oficialmente la evolución. El propio Juan Pablo II escribió que los avances de las últimas décadas muestran claramente que se trata de algo más que una “teoría”, y tanto Benedicto XVI como Francisco se han pronunciado después en términos parecidos...

Sin embargo, siempre que trato el tema de la evolución con creyentes percibo a menudo la sombra de la duda, una cierta reticencia a asumir el hecho de la evolución de la Vida y del ser humano con *todas* sus consecuencias. Con demasiada frecuencia he podido constatar el recurso casi irresistible a señalar ciertos momentos de la historia del cosmos que la evolución supuestamente *no puede explicar*: la aparición de lo vivo, el fenómeno humano. Como si esos “huecos” constituyesen el único asidero a la noción de un Dios que realmente actúa en el mundo.

El problema se acentúa en el caso de los católicos *de a pie*, generaciones de creyentes para los que aceptar *de verdad* la evolución resulta incompatible con la acción divina en el cosmos, tal y como ellos la entienden. Lo más preocupante es que ni siquiera los propios implicados son conscientes de ello. Durante los últimos meses, buena parte de los creyentes católicos a los que explicaba mi intención de escribir este libro me decían: «Pero eso no hace falta, yo soy católico y creo en la evolución». Con rarísimas excepciones, tras unos minutos de charla llegábamos invariablemente a la conclusión de que, en realidad, aceptan una idea más o menos vaga de la evolución biológica, aferrándose a la vez a la idea de que se trata de una “simple” teoría aún por demostrar, con muchas limitaciones o *huecos*, especialmente en lo que se refiere a la evolución humana. O sea, no la aceptan *de verdad*.

En no pocos casos, la situación es mucho más grave. Desde hace años vengo dando conferencias, charlas, tertulias y coloquios sobre evolución a colectivos variados, lo que me ha permitido presenciar sucesos totalmente inesperados y —al menos para mí—

dolorosos. Recuerdo escuchar a un matrimonio ya entrado en años, al pasar a mi lado cuando abandonaban el Planetario de Pamplona tras una conferencia que había impartido sobre evolución: «Entonces, lo que dice la Biblia no es verdad...». O aquella otra señora, universitaria jubilada, que toma el micrófono en el turno de preguntas y me espeta: «Si esto que nos ha dicho es cierto, todo lo que nos han enseñado sobre Jesucristo es mentira». Lo cual me dejó helado, porque en realidad yo había estado hablando sobre cómo los genes cambian a lo largo del tiempo haciendo que el fenómeno evolutivo sea posible. ¿Qué tendrá que ver todo eso con la Biblia, y mucho menos con la existencia histórica de Jesús y sus enseñanzas? Me resultaba tan difícil de comprender... era evidente que se me estaba escapando algo. «No es posible —pensaba para mis adentros— que los católicos aquí sean como los creacionistas americanos que sostienen la interpretación literal del Génesis».

Y sin embargo, mi experiencia de estos años me ha llevado al convencimiento de que la catequesis sobre la Creación, tal y como se ha venido impartiendo durante decenios, genera un clima poco favorable para aceptar sin miedos y con todas sus consecuencias el proceso evolutivo. Baste como botón de muestra la inquietud de un estudiante de primer curso de Universidad, que se me acercó preocupado después de un coloquio en su Colegio Mayor. «Yo me imaginaba la Creación —me dijo— como Dios que había ido haciendo las montañas y los ríos, y todo... pero parece que no fue así». Por lo visto, el profesor de religión de su colegio católico no había sido capaz de transmitirle una visión más matizada de la acción creadora de Dios. Le respondí que, efectivamente, no había sido así y que era muy importante que a sus dieciocho años se quitase cuanto antes esa idea de la cabeza y la reemplazase por otra algo más elaborada, porque de lo contrario su fe estaba en serio peligro. No le he vuelto a ver, pero espero que haya seguido mi consejo.

El problema se agudiza al tratar sobre la aparición del fenómeno humano. Porque, no nos engañemos, es más o menos *fácil* aceptar que las montañas, los ríos, los peces o las mariposas han aparecido por mecanismos puramente naturales, compatibles con las bellas imágenes utilizadas en la narración del Génesis sobre el poder del Creador. A muy pocos les preocupa la transición de reptiles a mamíferos, o al menos no ven en ello una gran amenaza para sus valores y creencias más profundas. Pero al enfrentarse al «insuflar el aliento de vida» con el que el texto bíblico describe la aparición del ser humano, la explicación casi ineludible es que Dios creó *algo* (un alma humana) que —en ese preciso instante— “insufló” en otro *algo* (un mono u otro primate que no era todavía humano). Para la inmensa mayoría de los católicos de a pie, aceptar que esto no sucedió *realmente* así supondría que Dios no ha tenido intervención *alguna* en la aparición del ser humano.

Y este es el núcleo fundamental del problema: en la mente de estas personas, si la llegada del ser humano a este planeta no ha sido exactamente así, entonces *todo* se reduce a puros mecanismos biológicos regidos por el ciego azar. Esta es, por desgracia, la única alternativa que se les ofrece. El gran desafío de la evolución para el cristianismo es que haría posible un universo sin propósito ni sentido, dando lugar a una imagen del

mundo —una *cosmovisión*— que niega el significado de la especie humana; una visión en la que bondad, amor, justicia o arte son meros fenómenos naturales, artefactos de una selección natural inexorable, ciega y despiadada. Por tanto —continúa el razonamiento— la evolución (tal y como nos la presentan) no puede ser verdad ya que no explica en profundidad lo que significa ser humano.

Evidentemente —y por suerte para mí— no soy el único que ve la necesidad urgente de explicar estas cuestiones de modos nuevos, más acordes con los avances de la ciencia actual. En el prólogo de su libro *Creación y Pecado*, que recoge una serie de homilías sobre este tema pronunciadas cuando era arzobispo de Múnich, el cardenal Ratzinger expresa la silenciosa esperanza de un cristianismo renovado que ofrezca una alternativa a esta situación sin salida en la que parece encontrarse. Pero dicha alternativa, afirma, «sólo puede ser elaborada si la doctrina de la creación es nuevamente desarrollada. Esto debería ser, en consecuencia, considerado como *uno de los compromisos más urgentes de la teología actual*» (el énfasis es mío).

Con su habitual agudeza, el futuro papa Benedicto XVI describía la situación a la que se enfrenta el creyente que debe compaginar el relato del Génesis con los avances de la biología evolutiva. Se le dice que, en definitiva, el relato bíblico de la creación quiere transmitir sólo una idea: Dios ha creado el Universo. Y prosigue:

Creo que esta interpretación es correcta, pero no suficiente. Pues si se nos ha dicho que tenemos que distinguir entre las imágenes y el concepto, podríamos entonces replicar: ¿por qué no se nos ha dicho esto antes? Quizá esta explicación no sea más que un truco de la Iglesia y de los teólogos que, en realidad, se han quedado sin argumentos. De estas interpretaciones poco decididas de la palabra bíblica, hoy en moda, que más parecen un pretexto que una interpretación, surge este cristianismo enfermo, que ya no está en realidad de parte de sí mismo y que por eso no puede irradiar valor ni entusiasmo. Más bien da la impresión de ser una asociación que continúa hablando, aunque ya no tenga propiamente nada que decir, porque las palabras rebuscadas no se proponen convencer, sino que tratan solamente de esconder su deficiencia.

Lamentablemente se ha avanzado poco, a pesar de que esta empresa debiera ser «uno de los compromisos más urgentes de la teología actual». En 1992, unos años después de estas homilías, vio la luz el Catecismo de la Iglesia Católica. En esa monumental obra de explicación de la fe de los católicos, la *cuestión* de la evolución no es mencionada ni una sola vez; cuando uno acude al índice alfabético, se lleva la enorme sorpresa de que la entrada “Evolución” brilla por su ausencia, aunque aparecen otras como “Tabaco”. Claramente, todavía queda un largo camino por recorrer.

El propio Joseph Ratzinger, en un ensayo del año 2005 titulado *La fe en la creación y la teoría de la evolución*, propone con gran lucidez una vía de avance en la resolución de este problema. Explica en primer lugar el itinerario por el cual la fe cristiana en la creación quedó asociada a una determinada cosmovisión: una imagen estática del mundo en la que Dios creaba directamente cada especie individual. Este modo de pensar, que reinó durante siglos, lleva todavía hoy a muchos creyentes a querer “ver” la acción directa de Dios en algún cambio bioquímico o genético improbable, o en la repentina aparición de un alma espiritual; de no ser así, parece que toda su fe se tambalea y pierde pie. Pero ¿realmente tiene que ser así? ¿Es posible aceptar la noción de evolución con *todas* sus consecuencias y dar al mismo tiempo cabida a un Dios Creador?

Estoy convencido de que sí, y el propósito de este libro es mostrar un posible camino para lograrlo. Es más, creo que es absolutamente necesario, si queremos desarraigar ese cristianismo enfermo al que aludía Ratzinger. Si no lo hacemos, se empobrecerá enormemente el concepto mismo de Dios: no será más que un gran mago capaz de sacar cualquier truco de su chistera, ocupado en insuflar vida —o *almas*— en ciertos momentos de la historia natural, o en arreglar algo que se le había ido de las manos. Ese es el dios del *creacionismo* o de eso que se llama diseño *inteligente*, un dios que sólo puede actuar como lo haría un ingeniero: diseñando, construyendo y ensamblando piezas.

Dado que esta imagen del mundo ya no es sostenible, el cardenal Ratzinger se pregunta en ese mismo ensayo cómo sería posible mantener la fe en la creación abrazando a la vez la imagen del mundo que presenta la teoría de la evolución. Según esta cosmovisión moderna, dice el teólogo alemán, «el ser se entiende de forma dinámica, como ser en movimiento», no se encierra sobre sí mismo sino que explora, avanza no de modo rectilíneo, sino dando rodeos. Para conciliar esto con la fe en la creación, la pregunta fundamental que hemos de responder es si todo ese proceso tiene algún sentido, algún significado.

Varios escépticos, como el premio Nobel de Física Steven Weinberg, aluden al hecho de que la ciencia muestra la ausencia de propósito o sentido en las leyes que gobiernan el universo: «Cuanto más estudiamos el universo, menos sentido encontramos». Este punto es crucial porque si esto es así, entonces la imagen científica del mundo es realmente incompatible con la fe en la creación. Pero el conocimiento de los mecanismos evolutivos, por muy detallado que sea, nunca nos dirá nada acerca del sentido o significado que tienen; se trata de una cuestión totalmente ajena a la propia metodología científica. De hecho, ¿por qué debería la ciencia encontrar sentido? Un experimento diseñado para “encontrar sentido” al cosmos, o un artículo científico que incluyese una sección de “Resultados” en la que se mostrasen evidencias de “haber encontrado sentido”, serían muy sospechosos de pseudociencia. Sencillamente, no es el objeto de la ciencia experimental encontrar el sentido, propósito o significado que puedan tener los procesos naturales.

La cuestión última, por tanto, sería: ¿cuál es el verdadero fundamento de la fe del creyente en la creación?, ¿cuál es *el contenido esencial* de esa fe? Frente a la visión tanas veces ridiculizada por escépticos notables (y por desgracia asumida por muchos creyentes), la esencia de la fe no está en creer un conjunto de dogmas más o menos comprensibles u oscuros. Creo que una respuesta muy acertada es la que apunta el filósofo Robert Spaemann: el principal *salto* de fe que determina el sentimiento vital del creyente es «la conciencia de no ser una mota de polvo indiferente en un todo ciego y sin sentido, sino un ser de significado infinito porque posee significado para Dios». En esta línea, Ratzinger dice algo muy importante en el mismo ensayo citado anteriormente: «La fe en la creación no nos dice cuál es el sentido del mundo, sino simplemente que el mundo tiene sentido». Y concluye afirmando que creer en la creación no es otra cosa que

entender ese mundo en devenir que nos presenta la ciencia como un mundo lleno de significado, porque procede de una mente creadora.

Esto es lo primero, esto es lo que realmente exige fe: el *convencimiento* de que —a pesar del aparente sinsentido de los procesos naturales y del deficiente uso de la libertad que hacemos los humanos— todo se inserta en una narración, un relato, una historia de Amor en pleno despliegue, cuyo significado último el creyente no puede alcanzar aunque alberga la esperanza de que algún día se le hará patente; un día, lo que hoy se nos presenta como un mar de sinsentido salpicado por islotes de comprensibilidad, se revelará como un inmenso océano de significado.

Una vez anclados en esta convicción, resulta totalmente irrelevante (incluso me atrevería a decir que irreverente) insistir en que sólo Dios pudo haber ensamblado unas moléculas orgánicas para formar la primera célula, o haber toqueteado un circuito neuronal en el cerebro de un homínido para que pudiera empezar a hablar. Si la acción de Dios está realmente a otro nivel, en otro plano (el plano que correspondería al auténtico Dios y no a un gran ingeniero vestido con ropajes de mago), resulta inútil buscar las “huellas” de su actuar en determinados cambios físicos o biológicos que la ciencia no puede explicar adecuadamente. A Dios no se le encuentra en los lugares oscuros a los que no ha llegado aún la luz de la explicación científica; de hecho, probablemente esos sean los peores sitios donde buscarle. Si Dios es real, está dando sentido, significado y propósito a todo lo que ha sido, es y será.

Esta es, por tanto, la justificación para este libro. En definitiva, no es más que una llamada a los creyentes a que desarrollen una fe más sólida al tiempo que se hacen menos escépticos acerca de los mecanismos evolutivos. Pero es importante que el orden sea este, y no el contrario. Cuando lo primero —la fe en un Dios que da sentido a todo— es firme, el estudio de los procesos naturales que han desembocado en la aparición de «formas cada vez más bellas y maravillosas» se convierte entonces en una gran fuente de inspiración y asombro, como intentaré reflejar en las páginas que siguen. En cambio, si la razón primera para creer en Dios es que no hay otro modo de explicar algún momento concreto de la evolución del cosmos, habrá que volver al punto de partida y empezar de nuevo.

La manera en que se presenta habitualmente la teoría de la evolución a los no expertos parece no dejar otra alternativa que la «ciega y despiadada indiferencia» de la que habla Richard Dawkins. Como veremos a lo largo de estas páginas, esta visión es una mala caricatura del proceso evolutivo. Los escépticos (no de la evolución, sino de la existencia de un Dios que da sentido a todo) pecan con frecuencia de una excesiva credulidad en los poderes casi divinos de los propios mecanismos de la evolución. El gran pensador inglés G. K. Chesterton escribió que muchas veces le sorprendía «que los escépticos no sean más escépticos», lo cual se podría aplicar a muchas de las explicaciones un tanto simplistas que circulan acerca del funcionamiento de la evolución. Dedicaré buena parte de este libro a mostrar qué falla en esas explicaciones y cómo algunos de los postulados de lo que se ha llamado *neodarwinismo* han sido superados por los avances más recientes en este campo.

Muchas veces me he preguntado cómo podría haber ayudado a aquel matrimonio mayor, a la jubilada o al estudiante que vieron amenazada su fe tras escuchar mi apasionada explicación del proceso evolutivo; la respuesta es este libro. Si Chesterton pedía a los escépticos que fuesen más escépticos, en este libro voy a pedir a los creyentes que no tengan miedo a creer de verdad. Mi principal mensaje para aquel matrimonio, la jubilada, el joven y tantos otros en su misma situación, es que vuelvan a pensar su fe como el convencimiento (cuando no hay pruebas de que sea así, de ahí la fe) de que todo el cosmos tiene sentido, porque responde a una idea de Amor. Idea que sólo puede desplegarse en un universo en desarrollo, en el que el propio proceso evolutivo hace posible ese despliegue.

Para esto, como es obvio, el primer paso es entender *bien* qué es —y qué *no* es— la evolución. Uno pensaría que prácticamente todo el mundo tiene claro en qué consisten y cómo funcionan los mecanismos responsables del proceso evolutivo; sorprendentemente, la realidad es muy distinta.

2. LA EVOLUCIÓN NO FUNCIONA ASÍ

INVARIABLEMENTE, LOS ESCÉPTICOS de la evolución lanzan una pregunta con la que creen poner en un serio aprieto al defensor de los procesos evolutivos. Como es habitual, la objeción se refiere a la evolución humana, aunque en realidad podría aplicarse a la aparición de cualquier otra especie. «Si los humanos son el resultado de la evolución de los monos», viene a decir el razonamiento, «¿por qué sigue habiendo monos?».

La idea tiene un cierto atractivo, porque si efectivamente algunos chimpancés hubiesen dado el *salto* que les hizo humanos, no hay ninguna razón por la que el resto de los chimpancés no hubieran seguido —tarde o temprano— ese mismo camino. De modo más general, la objeción podría formularse así: «Si el consenso evolutivo afirma que hace varios miles de millones de años las bacterias evolucionaron hacia células más complejas, y después estas evolucionaron para convertirse en plantas y animales multicelulares, los cuales se transformaron en peces, y estos a su vez en los animales terrestres, entonces ¿por qué sigue habiendo bacterias, o esponjas, o medusas, o gusanos, o peces?». Parece un razonamiento un tanto absurdo, porque es evidente que evolución no significa que todos los individuos de una especie deban necesariamente transformarse *de golpe* en otra especie; simplemente, no sucede así. Pero, como es habitual, en el caso de la evolución humana el argumento cobra una resonancia especial.

La evolución no funciona así. Evolución no quiere decir que todos los individuos de una especie están constantemente transformándose para alcanzar el “siguiente” estado evolutivo; de hecho, es imposible saber con antelación cuál es ese supuesto próximo hito al que hay que dirigirse. Para entenderlo, es mucho mejor hablar de “poblaciones” de individuos que de especies, aunque aquí voy a emplear ambos términos indistintamente. Lo que sucede habitualmente —y esto está ampliamente demostrado por observaciones empíricas— es que, dentro de una gran población, en algunos de sus miembros aparece un cambio que les permite adaptarse mejor a las condiciones ambientales en las que viven (en las que viven esos individuos en particular, no el resto de los miembros de esa población). Pondré un ejemplo con pájaros, aunque podrían ser peces, mariposas o chimpancés.

Imaginemos una gran población de pájaros de una especie concreta, formada por miles de individuos, cuyo hábitat se extiende por un bosque de varios kilómetros cuadrados.

Quizás en uno de los bordes del bosque, donde este comienza a convertirse en pradera, las condiciones ambientales son bastante diferentes a las del interior del bosque, de modo que las estrategias de alimentación o de supervivencia (por la presencia de depredadores específicos de esa zona, por ejemplo) llevan a los pájaros que viven ahí a desarrollar unas características algo distintas a las de los demás pájaros de ese bosque. Si estas condiciones se mantienen durante varias generaciones, quizás (no tiene por qué ser *necesariamente* así) los pájaros que viven en esa zona concreta de la periferia (ni siquiera tienen por qué ser todos, sino solo los que muestren algunas características concretas) habrán cambiado lo suficiente como para constituir una nueva especie. Evidentemente, los pájaros del interior del bosque no tienen ni idea de lo que está pasando a varios kilómetros de distancia y no tienen ninguna necesidad de cambiar, porque su modo de vida es bastante exitoso para el hábitat que ocupan.

Por tanto, me parece especialmente importante borrar cuanto antes de la mente del lector esta idea de que la evolución implica el *progreso* necesario de toda una población hacia no se sabe muy bien qué. Hay que entender que probablemente otros pájaros de este mismo bosque pueden estar sufriendo un proceso similar al descrito: en otro de los bordes o en un claro del bosque habrá otras poblaciones que quizás estén sometidas a otras presiones (distintas fuentes de alimento, depredadores diferentes) y por tanto estén cambiando en otra dirección. En definitiva, lo que hay en realidad es una gran población de pájaros formada por sub-poblaciones, en un flujo de cambios que pueden ser más lentos o más rápidos en función de diversos factores. En algunos casos, cambios en el plumaje, en el canto, en algún olor u otra característica serán tan acentuados que los miembros de esa sub-población no reconocerán a sus antiguos congéneres como “uno de ellos”. En ese momento, los zoólogos quizás acuñen un nuevo nombre para estas aves, aunque evidentemente ellas no son conscientes de haberse convertido en una nueva especie...

Junto a la idea errónea de la repentina transformación de una especie en otra (sin dejar rastro de la especie anterior), otro de los grandes malentendidos acerca de los procesos evolutivos es cómo se originan esos cambios. No deja de sorprenderme la cantidad de gente que, aún hoy en día, cree que la evolución funciona tal y como la describía Juan Bautista Lamarck a principios del siglo XIX: un organismo *percibe* un cambio ambiental y responde del modo “esperado”, del modo “correcto”, pasando después ese cambio directamente a su descendencia. El ejemplo típico que se suele invocar es el de las jirafas: cuando las hojas que constituyen su alimento se agotan y sólo quedan las hojas más altas de los árboles, el único modo de sobrevivir es estirar el cuello; con el tiempo, ese esfuerzo hace que los cuellos de esa población de jirafas se alarguen y —*evidentemente*— la siguiente generación de jirafas nacerá con cuellos más largos que sus progenitores. Es bonito, es limpio, es eficaz... y sobre todo es rápido; de ahí su enorme atractivo. Por desgracia, es totalmente erróneo. El *lamarckismo* es falso, pero no porque sugiera una influencia del ambiente sobre la evolución de los caracteres (influencia que es real), sino porque en el fondo implica que la variación es *dirigida*: si

la única solución es tener cuellos más largos, en esa población aparecerán —como por arte de magia— variantes genéticas que van a aumentar la longitud del cuello.

La realidad es muy distinta. Años después de Lamarck, Charles Darwin y Alfred Wallace propusieron otra teoría que explicaba los cambios evolutivos de manera totalmente diferente, porque se basaba en la selección de *variaciones que ya estaban presentes* en la población antes de que se diese ninguna necesidad de poseerlas, antes de que fuesen *útiles*. La diferencia no puede ser más radical: el punto de partida es la existencia de numerosas variantes en una población, lo cual resulta evidente al observar cualquier especie de animales, plantas o seres vivos en general. Cuando cambian las condiciones ambientales, se podrán seleccionar —de entre esas variaciones ya presentes— aquellas que resulten más eficaces para salir del paso. Como es obvio, esas variantes tendrán que pasar también a las siguientes generaciones, pero en este caso no hay problema porque ya estaban presentes antes (no han tenido que ser “inventadas” súbitamente) y ya se habían estado transmitiendo durante muchas generaciones. En cambio, algunas variaciones dejarán de transmitirse porque los individuos que las llevan no se adaptan bien a las nuevas condiciones ambientales y no sobreviven. Así, con el paso del tiempo, la proporción de individuos de la población con determinadas variantes (las ventajosas) habrá aumentado considerablemente, en detrimento de los individuos que llevan las variantes menos beneficiosas. En pocas palabras, esta es la teoría de la selección natural.

La selección natural explica muy bien cambios sencillos, como por ejemplo en el color de las alas de unas mariposas porque así pasan desapercibidas a los pájaros que se las comen; cualquiera puede aceptar evolución a ese nivel. Pero ¿qué decir de la *macroevolución*, la conversión de un brazo en un ala, por ejemplo? ¿O de un mono en un humano? ¿Cómo explicamos *eso*? Otra de las nociones erróneas acerca de la evolución es que siempre funciona de manera gradual, inexorable, a base de pequeñitos cambios que poco a poco van llevando a una población de seres vivos hacia su *óptimo*, siempre adaptándose mejor y mejor; y que es precisamente la acumulación sucesiva de muchos de estos cambios infinitesimales lo que explica las transiciones macroevolutivas. Se trata, al menos en mi experiencia, de un error más frecuente entre escépticos que entre creyentes, debido al frecuente uso que han hecho de él escritores como Richard Dawkins por las supuestas connotaciones anti-religiosas de esta postura. Sin embargo, este *gradualismo* a ultranza ha sido combatido con fuerza por numerosos científicos durante los últimos decenios de investigación, como mostraré en capítulos posteriores.

El tercer gran error sobre qué es (y qué no es) la evolución tiene que ver con los árboles. No me refiero a los árboles en cuanto plantas, sino a la representación que se suele hacer de todos los seres vivos del planeta en forma de árbol filogenético, es decir, un gran árbol familiar que agrupa las especies según su parecido o cercanía evolutiva: las más emparentadas van más cerca, y las menos parecidas van en ramas más alejadas. Todo el mundo dice que entiende esto perfectamente, pero es increíble que en el caso de la evolución humana esta claridad parezca esfumarse.

Por ejemplo, en nuestra primera objeción (“¿si el hombre viene del mono, por qué sigue habiendo monos?”) lo que realmente falla es la premisa. El hombre no viene del mono; el *Homo sapiens* no ha evolucionado a partir del chimpancé. Los chimpancés que conocemos en África, o en los zoos de diversas ciudades del mundo, han estado evolucionando de forma independiente y paralela a nosotros durante al menos seis millones de años, a partir de una población de simios cuyas características biológicas desconocemos. De esa población se originaron (al menos) dos pequeñas subpoblaciones, probablemente en zonas periféricas alejadas del rango geográfico habitado por aquellos ancestros, y esos dos linajes siguieron historias evolutivas independientes. Una de ellas daría lugar a los humanos actuales, la otra desembocaría en los chimpancés actuales. Las dos líneas se han ido *separando*, no acercando; y no parece que vayan a converger nunca, después de millones de años discuriendo por caminos cada vez más lejanos.

Afirmar que el hombre viene del chimpancé, por tanto, es una de las mayores tonterías que se pueden decir al hablar de evolución. Y sin embargo se ha convertido en un lugar común de la crítica anti-evolución. Cuando se pierde la visión del árbol de la vida, en el que las especies existentes en la actualidad ocupan los brotes más externos, mientras las especies ancestrales de las que se fueron originando (desaparecidas hace millones de años) forman los nodos e intersecciones de las ramas, es imposible entender cómo funciona la evolución. La alternativa es *una línea*, un gran tronco único en el que las especies se van sucediendo una tras otra, hasta llegar a la penúltima (el chimpancé) y *por fin* al ser humano. Uno no puede evitar preguntarse dónde están los conejos o los ratones, en esa disposición lineal; porque si todavía merodean en nuestro planeta hoy en día, deberían estar también al final de ese tronco.

Estos son, de manera muy sintética, los principales errores que —a lo largo de bastantes años— me he encontrado al hablar sobre evolución con la gente de la calle, con el gran público. En el fondo están relacionados entre sí mediante esa imagen de progreso *gradual* a lo largo de *una línea única*. Habitualmente basta con entender bien la estructura en árbol, con troncos y ramas más antiguos y ramillas y hojas en el presente, para desmontar los malentendidos que genera la idea de evolución en la mente de muchos. No sé muy bien de dónde vienen estos errores o por qué han llegado a esta posición dominante en el imaginario popular, especialmente en el de los creyentes. Una posible razón es que los científicos hemos sido negligentes a la hora de explicar en qué consiste la evolución, por lo que voy a dedicar buena parte del resto de este libro a volver sobre estas ideas con más detalle.

O quizás el problema reside en la dificultad de erradicar prejuicios y errores que han pasado a formar parte de la cultura popular. Más, si cabe, cuando hay implicaciones religiosas de por medio, y la gente se siente atacada en sus convicciones más profundas. La visión lamareckiana simple e inocente, por ejemplo, tiene un gran atractivo para el creyente porque presenta un cosmos que parece tener un propósito claro, un sentido, una dirección; lo cual remite a una fuerza o mente que establece (y quizás impulsa) ese devenir, y la tentación de identificar el Dios cristiano con esa fuerza es casi irresistible.

Esa historia lineal, perfecta, rápida y limpia que asciende desde las bacterias hasta la conciencia sólo puede explicarse como resultado de un designio creador explícito. El darwinismo, en cambio, con su árbol “sucio”, lleno de nudos y ramillas que se han quedado en el camino y nunca han llegado a aflorar en la copa, no parece digno del actuar divino. No ofrece ningún consuelo ante la posible ausencia de sentido del cosmos, y por tanto de nuestras vidas. En un panorama así, regido por sucesos casuales, tenemos que buscar el significado en otra parte.

Como apuntaba en el capítulo anterior, este es precisamente el gran desafío para el creyente: aceptar que hay sitio para la acción divina incluso en un cosmos que discurre por caminos retorcidos que parecen no llevar a ningún sitio. Pero eso exige aceptar que la acción divina no es como creíamos, o como nos han enseñado, o como nos gustaría que fuese. Esta es la cuestión fundamental, la gran paradoja. Cuando damos ese salto, no se empequeñece el concepto de Dios, sino que —al contrario de lo que podría parecer— cobra una dimensión insospechada; la de un poder capaz de dar sentido a un cosmos regido por procesos naturales y, por tanto, repleto de defectos, imperfecciones, callejones sin salida y experimentos fallidos. Procesos que, en vez de destruir, han sido capaces de *crear* —por vías imprevisibles y vericuetos improbables— una historia maravillosa, la historia del desarrollo de la vida en este planeta.

3.

LA EVOLUCIÓN FUNCIONA ASÍ

A LOS ALUMNOS HAY QUE CONTARLES historias, porque muchas veces es lo único de las clases que recordarán con el paso del tiempo. Una de mis favoritas es la historia de cómo Charles Darwin nunca tuvo noticia de los trabajos del monje agustino Gregorio Mendel. La primera edición (de 1250 ejemplares) del conocido libro de Darwin *El Origen de las Especies* se agotó en un sólo día de noviembre de 1859. Apenas seis años después, el ocho de marzo de 1865, Mendel presentaba ante la Sociedad de Historia Natural de Brno la segunda parte de sus famosos experimentos cruzando plantas de guisante. Esos resultados fueron consignados a las actas de la reunión, como era habitual entonces, y se publicaron el año siguiente, siendo distribuidas entre varias bibliotecas e instituciones científicas europeas y enviadas a algunos suscriptores. Al parecer, tras la muerte de Darwin en 1882 se encontró entre sus papeles una copia del trabajo de Mendel; el problema es que los folios estaban todavía unidos por los bordes, no habían sido cortados (la práctica de la época era enviarlos así, de modo que el usuario tenía que usar un cortaplumas o abrecartas para cortar los bordes de cada pliego y poder pasar las hojas). O sea, que el gran Darwin nunca llegó a leer el trabajo del gran Mendel.

En cualquier caso es muy probable que, aun habiéndolo leído, no le hubiese dado mucha importancia; de hecho, bastantes hombres de ciencia de la época leyeron los resultados de los experimentos con guisantes y no vieron en ellos nada especial. Tendrían que pasar casi cuarenta años hasta que un puñado de científicos, por vías independientes, percibiese la importancia del paciente trabajo desarrollado durante años por el monje en el jardín de su convento. En cualquier caso, queda para la especulación qué habría pasado por la cabeza de Darwin al leer que los caracteres hereditarios se transmiten en “bloques” o “píldoras”. Quizás habría cambiado el curso de la historia, porque este tema era verdaderamente crucial para su teoría evolutiva.

La teoría de la selección natural estaba muy bien, era intuitiva, sencilla, elegante. Pero había un problema: no existía modo alguno de demostrarla. En 1859, nadie sabía cómo se transmiten los caracteres de una generación a la siguiente, o sea, cómo funciona la herencia. Desde Aristóteles, al menos, era claro que muchos rasgos físicos se heredan, unos de manera más directa que otros. Pero en el siglo XIX seguía siendo un misterio dónde residía esa información y cómo pasaba de padres a hijos. Lo cual, evidentemente,

tiene una gran relevancia para cualquier teoría sobre la evolución que pretenda dar cuenta de la transmisión de las modificaciones corporales de una generación a la siguiente.

Una creencia entonces en boga venía a decir que todas las partes del cuerpo desprenden unas partículas que se mezclan en la sangre y otros fluidos corporales; en el momento de la reproducción, las partículas paternas se mezclan con las maternas y por eso el retoño mostrará “la nariz de papá” o “los ojos de mamá”, o —mejor aún— una nariz con rasgos tanto paternos como maternos (“grande como la de papá pero respingona como la de mamá”). Ni qué decir tiene que esta teoría venía de perlas a la explicación lamarckiana de la evolución: cuando las jirafas estiran sus cuellos, generan partículas del tipo “cuello largo” y las pasan a su progenie, con lo que inmediatamente —en una sola generación— hemos dado un gran paso evolutivo en la dirección *correcta*. Pero claro, nadie había visto nunca estas supuestas partículas ni sabía de qué material podían estar hechas.

Darwin también creía en la existencia de estas *gémulas* (que así se llamaban), porque explicaban muy bien la gradualidad de los cambios morfológicos que permeaba su teoría de la selección natural. Así, la variación existente en una población no sería más que la mezcla de los distintos tipos de partículas que controlan un rasgo concreto (el tamaño del pico o el color del plumaje). Por eso es bastante probable que se hubiera llevado una buena sorpresa al tener noticia de una teoría alternativa, teoría que además parecía tener respaldo empírico (al menos en plantas): los caracteres se heredan a saltos, por medio de unos “factores” que van en parejas y que no siempre tienen la misma fuerza porque uno puede dominar sobre el otro. Esta peculiar organización del material hereditario da como resultado unas proporciones constantes para cada carácter, proporciones que uno puede ir siguiendo de generación en generación.

Por ejemplo, si cruzamos una planta que siempre da guisantes verdes con otra planta que siempre da guisantes amarillos, las plantas de la siguiente generación no dan guisantes amarillo-verdosos, sino que sucede algo curioso: todas tienen guisantes amarillos. Pero el color verde no se ha perdido por completo, porque si ahora cruzo dos de estas plantas que dan guisantes amarillos, en la siguiente generación aparecerán de nuevo plantas con guisantes verdes, exactamente en la proporción de una por cada tres plantas de guisantes amarillos. Y siempre son verdes o amarillos, no hay ninguna planta con guisantes verde-amarillentos o amarillo-verdosos. No hay mezcla de colores, sino distintas combinaciones (siempre en parejas) de *unidades* de herencia.

Cuando en torno al año 1900 empezó a quedar claro que tanto plantas como animales seguían estos patrones *mendelianos* de herencia, los primeros genetistas (que aún no se llamaban así) fueron desarrollando esta teoría y la nomenclatura necesaria para explicarla. Los factores pasarían a ser los *genes*; cada una de las versiones de un gen (la versión verde o la versión amarilla del gen que controla el color de los guisantes) se denominó *alelo*, y a los alelos que prevalecían sobre el contrario se les llamó *dominantes*, mientras que los alelos débiles se conocen como *recesivos*.

Así, el cruce de plantas que acabamos de describir podría enunciarse diciendo que al cruzar una planta que lleva dos alelos color *verde* para el gen que controla el color del guisante (y, en consecuencia, produce guisantes verdes) con otra planta que lleva dos alelos color *amarillo* (y por eso sus guisantes son de ese color), todas las plantas resultantes de ese cruce tendrán un alelo verde y un alelo amarillo. ¿Dan guisantes verde-amarillentos, como cabría pensar? Pues resulta que no, resulta que todas dan guisantes amarillos; el alelo amarillo está dominando sobre el alelo verde. Cuando cruzamos dos de estas plantas (recordemos que cada una lleva un alelo verde y otro amarillo) y repetimos el experimento cientos de veces (lo cual es relativamente fácil en plantas), invariablemente veremos que una cuarta parte de las plantas dan guisantes verdes y las otras tres cuartas partes dan guisantes amarillos. Las primeras habrán heredado dos alelos verdes, mientras que entre las de guisantes amarillos habrá algunas que lleven dos alelos amarillos (un tercio) y otras que lleven uno amarillo y otro verde (los dos tercios restantes).

A principios del siglo XX, cuando la explicación mendeliana de la herencia pasó a ser aceptada por todos, Darwin ya había fallecido, lo cual probablemente le ahorró algún que otro disgusto. Efectivamente, esta descripción no parecía encajar muy bien con el gradualismo de su teoría de la evolución, al mostrar caracteres que aparecen, desaparecen y vuelven a aparecer con el paso de las generaciones, sin mezclarse ni diluirse. De hecho, esa época de la historia de la ciencia se ha denominado a veces “el ocaso del darwinismo”, porque el ímpetu y la solidez de los mecanismos mendelianos parecían haber refutado la teoría de la selección natural.

Sin embargo, el monumental trabajo desarrollado por varios científicos, muchos de ellos matemáticos, durante las primeras décadas del siglo XX, logró crear una síntesis muy armoniosa entre los postulados de la selección natural y la explicación mendeliana de la herencia. Estos pioneros demostraron que muchos caracteres que aparentemente se “mezclan” pueden ser explicados también mediante la combinación de alelos dominantes o recesivos de distintos genes que controlan un mismo rasgo morfológico, y formularon las ecuaciones que describen esas relaciones. En concreto —y esto fue un avance crucial— desarrollaron los modelos matemáticos que explicarían los cambios en la frecuencia de cada alelo en una población, a medida que esta va evolucionando. Estos modelos permitían hacer predicciones, y las predicciones se cumplían con bastante fiabilidad. Había, por fin, un aval experimental a la teoría de la selección natural. En 1942 Julian Huxley publicó un libro para popularizar estas ideas, bajo el título *Evolución: la síntesis moderna*. A partir de ese momento, la explicación “neo-darwinista” de los cambios evolutivos sería conocida como la “teoría sintética”.

¿Cómo se explica la evolución, pues, de acuerdo con los postulados de la teoría sintética? Volvamos a nuestro bosque y sus pájaros, retomando el ejemplo del capítulo anterior. Imaginemos que el tamaño del pico y el color del plumaje de nuestras avecillas están controlados por varios genes, y que en esa población de animales hay cuatro o cinco variantes distintas (alelos) para cada uno de esos genes. Como siempre, cada pájaro concreto sólo llevará dos alelos de entre los cuatro o cinco disponibles en el

conjunto de pájaros del bosque. Por tanto encontraremos pájaros con picos de diverso tamaño dentro de un rango amplio, dando casi la impresión de una sucesión continua y gradual de tamaños. Lo mismo podríamos imaginarnos acerca del color del plumaje: la existencia de distintos alelos para cuatro o cinco genes que controlan aspectos varios de ese rasgo en esa población de aves, tendrá como resultado una gran variedad de colores y patrones en sus plumas.

El resultado es que ya tenemos una explicación para el primer elemento de nuestra teoría evolutiva: la variación. Variación debida a que esa población de pájaros, en virtud de su historia previa, es portadora de numerosas variantes genéticas responsables del tamaño del pico y del color del plumaje; variantes que no “saben” de antemano si van a resultar beneficiosas o no en el futuro devenir de esos animales.

Como recordará el lector, había una sub-población de pajaritos viviendo en una zona periférica de nuestro bosque. Allí, los árboles se mezclan con otras plantas cuyos frutos tienen una cáscara más dura de las que habitualmente se encuentran en el interior del bosque. Supongamos que los picos grandes y resistentes resultan más adecuados para poder consumir estas nuevas fuentes de alimento. Las aves a las que les había *tocado* un pico fino (las que están en la parte baja del rango de tamaños de pico) se encontrarán en situación de desventaja frente a aquellas a las que les había caído en suerte un pico más fuerte; es decir, las de picos pequeños están mal adaptadas a esta situación. Estos pájaros sólo tienen dos opciones: o se van a vivir al interior del bosque, donde sus picos pueden dar cuenta de las semillas con mayor facilidad que aquí, o corren el riesgo de morir por malnutrición antes de llegar a la edad de reproducirse. El resultado, en ambos casos, es el mismo: la frecuencia de los alelos responsables de picos pequeños irá disminuyendo progresivamente en los pájaros que habitan esta zona del bosque. Con el tiempo, los animales que vivan aquí tendrán —en promedio— picos más grandes que en el resto del bosque, porque los que tenían picos pequeños han desaparecido.

Algo similar podría decirse acerca del plumaje. Si en esta misma región del bosque, fronteriza con la pradera, pululan unos depredadores especialmente interesados en comerse los pájaros de plumajes rojos (depredadores que no se encuentran en el interior del bosque), parece lógico concluir que los pájaros con esa característica corren mayor peligro de ser comidos que aquellos con plumajes verdosos o con tonalidades más suaves de rojo. Nuevamente, el punto de partida es la variación genética que ya existe en la población: las posibles combinaciones de alelos en varios genes responsables del color del plumaje, que dan lugar a una gradación de tonos verdes y rojizos. La presencia de estos depredadores en esta parte concreta del bosque pone en riesgo a las aves con colores rojos más vivos, que por tanto están peor adaptadas a esta situación. Nuevamente, estos individuos tendrán que irse a vivir a otras partes del bosque, o irán siendo eliminados selectivamente con más rapidez que el resto de sus congéneres. El resultado viene a ser el mismo que con los picos: con el paso del tiempo, los alelos responsables del color rojo del plumaje habrán prácticamente desaparecido en esa población de pájaros.

Así funciona, de modo muy resumido —y espero que comprensible para cualquier lector—, la selección natural. Lógicamente, esta explicación es una simplificación bastante notable, pero no es este el lugar para tecnicismos. Hay otros modelos de selección natural que tienen lugar en otras situaciones, pero el mecanismo básico es el mismo: escoger —de entre las variantes ya existentes en la población— aquellas que otorgan una mayor probabilidad de sobrevivir, al mismo tiempo que van desapareciendo las variantes menos favorables.

La pregunta que surge al llegar a este punto de la explicación suele ser: “¿Y de dónde salen esas variantes, esos alelos? ¿Cómo han aparecido en esa población? ¿Por qué hay tantos? ¿Por qué esos en concreto, y no otros?”. Bueno, todo el mundo sabe que los genes están hechos de ADN, esa larga molécula que reside en el interior de las células. A este nivel *molecular* de detalle, los distintos alelos de los que hemos venido hablando (color verde o rojo, pico grande o pequeño) no son más que pequeñas variaciones en la secuencia del ADN, cambios en alguna de los millones de letras con los que representamos esta molécula. Podría suceder que en algún punto de uno de los genes responsables del tamaño del pico de estas aves la secuencia de letras se lea ...AGTGTGGACCA... mientras que en otros ejemplares la secuencia en ese mismo punto sea ...AGTGTAGACCA... Los lectores más observadores habrán notado que la sexta letra empezando por la izquierda es una G en el primer caso (lo cual podría representar un alelo de pico grande), mientras que en el segundo ejemplo (que sería un alelo de pico corto) encontramos una A en esa misma posición. Y así con todos los alelos de todos los genes de todos los caracteres. De hecho, si leemos la secuencia completa de los genomas de cada uno de los pájaros de esta población (¡cientos de millones de letras en cada genoma!), encontraremos varios millones de posiciones en las que unos ejemplares llevarán una letra y otros ejemplares otra letra diferente. La variación genética de partida es enorme, como cabría esperar si esas variantes afectan no sólo al pico y al plumaje, sino también a la capacidad de vuelo, la agudeza de visión o a cualquier otro rasgo biológico.

Pero ¿por qué hay tantas diferencias? Realmente, aquí tocamos el secreto de la vida. Lo que sucede es que, en diversas situaciones, pero especialmente durante la duplicación del material genético cada vez que una célula se va a dividir, la molécula de ADN sufre cambios en alguna de sus letras: donde había una A, puede aparecer una T o una G, por ejemplo. Habitualmente, muchos de estos cambios no tienen ninguna repercusión importante en el funcionamiento de los individuos que los llevan, así que podrán quedarse en esa colección de genomas (o desaparecerán por mecanismos que veremos en el siguiente capítulo). Otros cambios, por casualidad, resultarán favorables para los pájaros en el futuro (como esos alelos que llevan a desarrollar picos más grandes y plumajes menos rojos en esta zona del bosque). Y otras variantes constituirán los alelos poco favorables, los de picos pequeños y colores rojos intensos; podría ser útil llevar alguno de estos en otras partes del bosque, pero desde luego no aquí.

Lo importante es que hoy sabemos cómo surgen estas variantes, a qué velocidad, cuáles aparecen con más probabilidad y por qué. Y esto es muy importante porque la

selección natural —recordemos— no *crea* nada, simplemente *escoge* entre las variantes existentes; en buena medida, todo el proceso de la evolución depende de esto. Este punto es, precisamente, el que suele generar problemas (o sea, cierto gustillo a los escépticos y cierta desazón a los creyentes). Porque si toda esta variación surge *al azar*, como estamos hartos de oír, entonces la evolución realmente carece de sentido; no hay nada ahí fuera que dé significado a nada...

Bueno, no tan rápido. La evolución es *todo* el proceso, desde la aparición de nuevas variantes hasta el resultado final, pasando por las condiciones que llevan a la selección de unas y la desaparición de otras. Y este proceso no tiene nada de *aleatorio*, porque sigue una lógica muy concreta y unas reglas que conocemos bastante bien. Ni siquiera el paso inicial —las mutaciones que generan variantes nuevas— es totalmente al azar, porque algunas mutaciones son más probables que otras. Y donde hay una lógica, unas reglas y unas probabilidades, el azar no tiene cabida. De todas formas, como este asunto del azar suele ser uno de los principales escollos para que el creyente acepte la evolución con todas sus implicaciones, le dedicaremos un capítulo entero al final del libro. Ahora, tenemos que seguir explicando cómo funciona la evolución, porque resulta que —además— la selección natural no lo es todo; ni mucho menos.

4.

LOS INESPERADOS BANDAZOS DE LA EVOLUCIÓN

EN LA INTRODUCCIÓN A LA PRIMERA edición de *El Origen de las Especies*, Darwin es muy claro, casi tajante: «Estoy convencido —escribe— de que la selección natural ha sido el principal pero no el exclusivo medio de modificación». Una frase que sus seguidores más fieles a menudo pasan por alto, porque si algo ha distinguido a los puristas del neo-darwinismo es equiparar evolución con selección natural. Para ellos, toda característica presente en cualquier especie debe ser el resultado de algún tipo de selección, más fuerte o más débil, pero selección, al fin y al cabo. Esto viene muy bien para reforzar esa idea de que la evolución (léase selección) es capaz de *optimizar* cualquier organismo, si se le da el tiempo necesario; en la elegante prosa de Richard Dawkins, la evolución podrá escalar cualquier montaña, por improbable que parezca, a base de avances infinitesimales, uno tras otro, siempre cuesta arriba, durante millones de años. Suena bien, pero por desgracia (o por suerte, como veremos más adelante) la evolución raramente funciona así, como ya intuía el propio Darwin.

Para entender bien el fenómeno del que vamos a hablar en este capítulo, será muy útil volver a los pájaros de nuestro bosque. Dejemos tranquilos por un momento a los que en el capítulo anterior han dado lugar a una nueva población, o sub-especie, o como se le quiera llamar, en uno de los extremos de la arboleda. Recordemos que en ese caso la selección natural fue el motor del cambio morfológico en los picos y el plumaje. Vamos a imaginar ahora algún desastre natural que afecta al bosque principal, quizás un incendio que deja una gran franja de tierra calcinada de bastantes metros de anchura. Como resultado, una esquina del bosque queda aislada del resto, y los pájaros que viven en esa zona estarán —a todos los efectos— incomunicados; la pequeña población de pájaros que habita esta esquina del bosque seguirá adelante con su vida sin mezclarse nunca más con los que quedaron en la floresta. Dejemos pasar unos años, no demasiados, y al examinar ahora estas aves nos llevaremos la sorpresa de que sus picos y su plumaje difieren notablemente de la población a la que pertenecían originalmente. El ornitólogo que nos acompaña no está seguro de si se trata exactamente de la misma especie a la que pertenecen los pájaros del gran bosque vecino. ¿Cómo es posible?

Los arquitectos de la teoría sintética tardaron algún tiempo en entender la explicación a este fenómeno, que no parece deberse a la selección natural, pero se dieron cuenta de

que este tipo de situaciones de aislamiento más o menos brusco hace que los alelos presentes en ambas poblaciones (la original y la que ha quedado separada tras el incendio) sigan derroteros diferentes, aumentando o disminuyendo su frecuencia de forma más o menos errática. En concreto, la intuición más importante —demostrada por experimentos posteriores— fue que estos cambios bruscos en las frecuencias de los distintos alelos son tanto más drásticos cuanto menor es el número de individuos que han quedado aislados. En una población de gran tamaño, como por ejemplo los miles de pájaros que poblaban inicialmente nuestro gran bosque, las frecuencias relativas de los alelos que controlan el tamaño del pico, el color de las plumas o cualquier otro rasgo morfológico no mostrarán grandes cambios a lo largo de sucesivas generaciones; pero si un grupo pequeño de pájaros queda aislado del resto, las frecuencias de los distintos alelos pueden subir y bajar mucho sin motivo alguno aparente. De hecho, esas subidas y bajadas recuerdan la trayectoria zigzagueante de un barco que va a la deriva, a merced del viento y de las olas, cambiando de rumbo sin sentido. De ahí que los científicos bautizaran este fenómeno como *deriva* genética.

La deriva es, por desgracia, una gran desconocida para la inmensa mayoría del público general interesado en saber cómo funciona la evolución. Y, sin embargo, puede cobrar gran importancia en ciertas situaciones, y probablemente ha intervenido de un modo u otro en la aparición de gran parte de las especies del planeta. De hecho, la deriva genética puede dar lugar, por sí misma, a individuos tan diferentes a los de la población originaria que merezcan quizás ser etiquetados como una nueva especie. Nuestros pajarillos de la esquina que quedó aislada, tras varios años separados del resto, quizás lleguen a tener picos más pequeños y plumajes más verdosos que los del bosque principal, aunque en este caso no ha habido ningún tipo de selección natural: los depredadores son los mismos, las semillas igual de duras, luego no es esa la razón. La razón es que hay pocas aves reproduciéndose, por lo que un alelo muy frecuente en una generación puede pasar a ser muy raro en la siguiente, simplemente por pura probabilidad. Imaginemos que hay quince parejas de pájaros, por ejemplo, y que el alelo de plumaje rojo está presente en diez de ellas. Un día sucede algo que reduce esa población a solo cinco parejas. Si resulta que, por casualidad, nueve de las diez parejas desaparecidas llevaban el alelo de plumaje rojo, en la siguiente generación ese alelo será mucho menos frecuente. Quizás uno de estos bandazos ha llevado a la total desaparición de algún alelo responsable de picos grandes o de colores rojizos, de ahí que ahora sean una rareza en esta población.

La importancia de la deriva genética como fuerza evolutiva, frente a la selección natural, dependerá por tanto del tamaño de las poblaciones naturales que están evolucionando. En seres microscópicos como bacterias, donde una población suele estar formada por millones de individuos, la selección natural juega un papel primordial en la dinámica evolutiva. Pero a medida que los organismos se van haciendo más grandes, desde esponjas y medusas hasta elefantes o ballenas, vemos poblaciones constituidas por menos individuos, a veces tan sólo unas decenas o un puñado. En estos casos, el papel de la deriva es importantísimo. Como es lógico, cambios bruscos en el número de

individuos que forman una población serán especialmente proclives a estos bandazos, como sucede durante una extinción o durante la colonización de un lugar por un pequeño número de individuos. Basta considerar la historia de la Tierra para darse cuenta de que ese tipo de situaciones han sido más la regla que la excepción, porque la colonización del planeta se ha hecho a base de ocupar nuevos nichos, en un proceso puntuado además por varias extinciones masivas. Colonización y extinción constituyen dos poderosas fuerzas evolutivas, y ambas favorecen mucho la acción de la deriva genética.

Nada mejor que acudir de nuevo a nuestro bosque para ilustrarlo. Imaginemos un conjunto de pájaros que habita en otra zona periférica, lejos tanto de aquel primer grupo que había evolucionado por selección natural como de la segunda población que quedó aislada tras el incendio. Quizás un pequeño grupo de diez o doce ejemplares son especialmente inquietos y vuelan un día fuera del bosque, hasta llegar a un bosquecillo cercano donde no había ningún representante de su especie; un nicho vacío, listo para ser ocupado. Si no regresan a su hábitat original, estas aves habrán fundado una nueva población en este nuevo lugar. Al ser tan pocos, es perfectamente posible que tengan —por casualidad— picos más grandes o plumajes más rojos que la media de su población de origen. En ese caso, los alelos respectivos son mucho más frecuentes en este pequeño grupo, por lo que en pocos años la inmensa mayoría de los pájaros de este bosquecillo, los descendientes de los fundadores, serán rojos y de pico grande; el amigo ornitólogo que nos acompaña tendrá dificultad para clasificarlos dentro de una de las especies ya conocidas.

¿Y qué pasaría si llega alguna plaga que acaba con el noventa por ciento de los ejemplares de nuestro gran bosque? Pues algo similar: el diez por ciento que sobrevive quizás sea portador —por casualidad— de muchos alelos de pico grande o color rojo, con una frecuencia mucho mayor de lo que era habitual antes de la aniquilación masiva de pájaros. Cuando los supervivientes se reproduzcan para repoblar el bosque, en tan sólo unas pocas generaciones habrán desaparecido los ejemplares de pico corto y plumajes verdosos, o se habrán convertido en una rareza tal como el famoso mirlo blanco. ¿Ha habido algún tipo de selección natural? No, en realidad no ha sido necesario; la deriva es suficiente para que haya evolución.

Me parece muy importante reflexionar sobre la relevancia de este asunto. Desde la aparición de plantas y animales hace cientos de millones de años, las grandes transiciones evolutivas han estado marcadas —con mucha frecuencia— por colonizaciones y extinciones. Los peces conquistaron la tierra firme hace unos 350 millones de años, pero no todos en masa a la vez, claro, sólo unos pocos ejemplares que tenían las adaptaciones necesarias. La mayor extinción de la que tenemos noticia, ocurrida hace 250 millones de años, se llevó por delante el 95% de las especies que entonces cubrían la Tierra. Tras el impacto del meteorito que provocó el declive de los dinosaurios, hace sesenta y seis millones de años, los pequeños mamíferos nocturnos comenzaron a ocupar los nichos ecológicos que quedaron disponibles. Cuando el clima se hizo más frío y árido al final del Plioceno, secando los bosques del este de África hace tres millones de años, unos primates bípedos se adentraron en la sabana; pero no todos a

la vez, sino en pequeños grupos de aventureros que irían saliendo de los bosques en sucesivas oleadas mientras el resto quedaban detrás (aunque la palabra *oleada* quizás sea algo exagerada para referirse a grupos de ocho, doce o veinte individuos). La historia se repite en el transcurso de los acontecimientos que han dado forma a nuestra biosfera: cuellos de botella, reducciones drásticas del número de individuos de una población.

Por tanto podemos afirmar, sin temor a equivocarnos, que la evolución no es únicamente selección natural; no es correcto representarla como un lento e imparable proceso de optimización que siempre alcanza la solución *mejor*. Esta conclusión quizás constituya una fuente de tranquilidad para el creyente sospechoso de una evolución tan inteligente como impersonal, que cuestionaría la necesidad de su Dios. Quizás tire por los suelos un pilar del templo del escéptico, que creía ver en la selección natural la única explicación para todo. No lo sé, en realidad creo que no tiene mucho que ver ni con lo uno ni con lo otro, como intenté dejar claro en el primer capítulo.

Lo que de verdad importa es que la deriva genética, y su relevancia en la evolución, introduce un elemento de incertidumbre, de “ruido”, que nos ayuda a entender mucho mejor cómo funcionan los procesos evolutivos y que, curiosamente, puede satisfacer o poner nervioso tanto al creyente receloso como al escéptico entusiasta. El primero puede ver aquí un *hueco* más para la intervención de su dios-ingeniero, mientras el segundo tenderá a extraer conclusiones excesivamente contundentes sobre el papel del *azar* como causa de todo. Ya anuncié que abordaré este tema más adelante, por lo que pido nuevamente un poco de paciencia al lector.

Pero esto no es todo. El concepto de deriva genética tiene otra connotación interesante que a menudo es ignorada por los escépticos (de la evolución, en este caso): no sólo introduce cierta impredecibilidad, sino que ayuda a explicar la existencia de diseños *malos*. Porque en la naturaleza abundan las estructuras que —analizadas en detalle— responden a un diseño bastante deficiente. El ojo humano suele ser propuesto por creacionistas —y escépticos de la evolución en general— como un órgano de extrema perfección que no puede haber evolucionado únicamente por selección natural (dando a entender que el dios-ingeniero debe haber ensamblado algunas piezas en cierto momento clave de la historia natural del planeta). Siento decepcionarles, pero el ojo del pulpo está mejor diseñado que el nuestro, al menos en lo que se refiere al punto ciego que tenemos debido a la entrada del nervio óptico en la retina.

Aunque quizás el premio gordo de diseños defectuosos se lo lleve el recorrido que hace un nervio llamado *recurrente laríngeo*, desde la base del cráneo hasta los músculos de la garganta; un recorrido complicado y verdaderamente enrevesado que le lleva a pasar por debajo de la aorta, la principal arteria que sale del corazón. Si en nosotros suena complicado, en las jirafas —con sus cuellos inusitadamente largos— la cosa adquiere proporciones cómicas: el caprichoso nervio alcanza más de cuatro metros de longitud, aunque en realidad sólo tendría que medir unos centímetros para llegar a su destino en línea recta...

No es este el momento de explicar los vericuetos evolutivos que han provocado esas situaciones, magníficamente abordados en libros clásicos de divulgación científica. Lo

que me interesa ahora es remachar la idea —sobre la que volveremos en capítulos futuros— de que la evolución es con frecuencia *sucia*, un tanto *chapucera*; y esto no es muy acorde con la acción del dios-ingeniero ni de la diosa selección natural. Pero sí que encaja con el hecho de que, en determinados momentos, las decisiones evolutivas implicaron la separación relativamente rápida de un grupo reducido de individuos, cuyos descendientes originaron poblaciones con características morfológicas peculiares.

Si volvemos a la idea apuntada en el capítulo anterior, cuando veíamos toda la vida que ha existido y existe en el planeta organizada en forma de árbol, caeremos en la cuenta de que muchas bifurcaciones y ramas secas se han caído sin llegar al extremo de la copa; es decir, la vida ha atravesado muchas colonizaciones, muchos aislamientos, y no pocas extinciones. En cada uno de ellos, la evolución futura de ese grupo tuvo que trabajar sobre lo que había sobrevivido; cuando en los vertebrados terrestres la cabeza comenzó a separarse progresivamente del tronco, el nervio recurrente laríngeo ya estaba ahí y no hubo forma de cambiar su trayectoria; quedó atrapado por la aorta. El dios-ingeniero no lo habría hecho así, la diosa selección natural tampoco; pero la evolución sí.

Para los que nos dedicamos a los aspectos más moleculares de la biología evolutiva es una enorme satisfacción comprobar cómo todas estas nociones de las que he venido hablando se cumplen de maravilla cuando uno entra en el fascinante mundo del ADN. El genoma es el conjunto de todos los genes, toda la información genética característica de cada especie. Hoy es cada vez más sencillo leer la secuencia completa de genomas completos de distintas especies y compararlos para analizar lo que ha sucedido a lo largo de millones de años de evolución. Este ejercicio ilustra muy bien lo que vengo diciendo.

Al comparar genomas de bacterias, plantas y animales, por ejemplo, resulta que muchas de las grandes transiciones evolutivas no han sido provocadas por pequeñas mutaciones acumuladas poco a poco, sino por reorganizaciones bastante más drásticas del material genético: grandes segmentos que se han duplicado varias veces en el genoma de una especie, o que han cambiado de posición en otro. De hecho, los genomas de animales complejos, como nosotros, suelen estar llenos de elementos móviles que saltan de unas posiciones a otras del genoma, elementos que por desgracia han sido llamados *basura* porque aparentemente no tienen ninguna función importante para la supervivencia del organismo. Los genomas de bacterias, en cambio, son muy compactos, están muy optimizados, muy bien *diseñados*, contienen mucha información en muy poco espacio. ¿Por qué los genomas de ratones, chimpancés o humanos son tan poco eficientes, tan enormes y poco estilizados?

La respuesta es que las bacterias, con sus poblaciones formadas por millones de individuos, son muy sensibles a la selección natural, y cualquier alteración en la estructura de sus genomas que afecte su viabilidad —aunque sea mínimamente— será eliminada con bastante eficacia. En especies cuyas poblaciones están formadas por docenas o pocos cientos de individuos, en cambio, el poder de la selección se difumina y cobra mayor relevancia la deriva genética. Esos diseños genómicos *sucios* o poco eficaces se toleran porque no ponen en serio peligro la supervivencia, y un bandazo

puede hacer que queden fijados en los genomas de esa población. No son adaptaciones, no son “mejoras” creadas por la selección natural; de hecho, son pequeños defectillos.

Lo más fascinante de toda esta historia, como veremos con más detenimiento en otro capítulo, es que esas imperfecciones han sido imprescindibles para la evolución de la vida en el planeta. Efectivamente, si desde el principio de los seres vivos, hace miles de millones de años cuando sólo había bacterias microscópicas pululando en las chimeneas del fondo de los océanos, el único modo de evolucionar hubiese sido la selección natural tal y como la he descrito, lo más probable es que hoy la Tierra aún estuviese habitada únicamente por bacterias; muy optimizadas, eso sí, pero solo bacterias.

Lo hermoso es que, como decía el gran químico Erwin Chargaff, «la vida es la continua irrupción de lo impredecible». Para hacer posible lo impredecible, para poder innovar, hay que arriesgar. La evolución no conoce otra forma de arriesgar que generando lo inesperado; y lo inesperado a menudo es lo no perfecto. Lo verdaderamente asombroso es que esas imperfecciones constituyan la base para lograr auténticos avances, nuevos modos de sobrevivir y prosperar en las innumerables oportunidades que ofrece nuestro planeta. Ningún dios-mago haría algo así; ningún dios-ingeniero emplearía un modo de crear basado en la concatenación de innumerables golpes de timón inesperados. Para creer que un proceso puramente natural sujeto a esas reglas tiene algún sentido hace falta creer en un dios distinto, un dios que sea realmente Dios.

5. LA EVOLUCIÓN DA SALTOS

«TE HAS ECHADO SOBRE LOS HOMBROS una dificultad innecesaria al adoptar sin reservas el *Natura non facit saltum*», escribió Thomas Huxley a su amigo Charles Darwin tras leer *El Origen de las Especies*. Eso de que “la Naturaleza no da saltos” era un dicho clásico, bien conocido por los naturalistas de la época. Darwin consideraba este axioma como algo crucial para su explicación de la selección natural; si hay saltos, toda su teoría evolutiva se desmoronaría. Huxley, un hombre brillante que llegaría a ser conocido como “el bulldog de Darwin”, su más acérrimo y belicoso defensor, no lo veía tan claro; creía que su colega se estaba cavando una zanja de la que sería difícil salir, y que además era totalmente innecesario porque los saltos no ponían en peligro su teoría. Todo parece indicar que tenía razón, porque la evolución —incluso cuando opera a través de la selección natural— sí que puede dar saltos.

Claro que esto depende de lo que uno entienda por *salto*. Me podrán acusar de intentar retorcer el lenguaje, pero lo cierto es que no está nada claro lo que queremos decir por *gradual* o por ir *a saltos*. Cuando una persona adquiere una mutación genética que causa un cáncer, ¿hablamos de un cambio gradual o de un salto? El cambio genético necesariamente habrá sido repentino, pero se trata simplemente de una letra, quizá el primero de una larga serie de cambios en el avance del tumor. El desarrollo de la enfermedad probablemente sea lento, a medida que los síntomas van apareciendo; el diagnóstico del médico llega como un jarro de agua fría, de golpe, pero el asunto llevaba tiempo fraguándose...

Algo parecido sucede cuando regreso caminando a casa después del trabajo (vivo en una ciudad que me lo permite), pasando por varios puntos intermedios. ¿Es algo gradual porque voy dando un paso tras otro? ¿Supone un cierto salto porque después de varias horas seguidas sentado en la misma silla me traslado *de golpe* un par de kilómetros? Considerando la dinámica del día, en la que he estado principalmente en el despacho, un traslado así podría parecer un tanto drástico. Pero el traslado mismo se va desplegando poco a poco, paso a paso. Un recién nacido gana peso rápidamente en los primeros meses, después sigue creciendo hasta hacerse niño, al llegar a la adolescencia dará un estirón... Cualquier proceso sujeto al cambio funciona así, y también los cambios evolutivos que han ido configurando la vida en el planeta. En unos momentos, el cambio

será más gradual que en otros, dependiendo de la escala en que los consideremos. Lo que está claro es que no todos son exactamente iguales en velocidad o magnitud. El último paso que dio Neil Armstrong para abandonar el módulo lunar sólo fue un paso más, pero como él mismo dijo en su ya famosa frase, supuso un salto gigantesco para la humanidad.

Y esto es lo importante en este contexto, porque la idea de *gradualismo* que manejan los neodarwinistas modernos como Richard Dawkins es esa noción de que los cambios evolutivos se producen siempre a una velocidad constante (habitualmente lenta), uniforme, siempre en una misma dirección. Noción que va muy unida a la idea de *progreso* de la que ya me ocupé en un capítulo anterior. Sin ese avance lento pero inexorable, parece que no sería posible generar todas las formas de vida que el registro fósil nos ha revelado; este sería el único modo de evolucionar. Desconozco cuáles fueron los motivos que llevaron a Darwin a ver en este concepto una condición *sine qua non* para la validez de su teoría. En el caso del neodarwinista convencido y peleón, la razón —al menos en mi experiencia— suele ser de tipo ideológico, por extraño que parezca: un proceso que funciona así *demonstraría* que habitamos un cosmos impersonal, sin sentido alguno, en el que incluso nuestra libertad es una mera ficción. Lo cual es bastante sorprendente, porque bien pensado no tiene nada que ver una cosa con la otra.

En cualquier caso, si hay algo que la biología evolutiva actual ha descartado con firmeza, es esa idea de que la evolución funciona siempre y exclusivamente de modo lento, gradual e imparable. Ya he dicho algo al respecto en capítulos anteriores, y en los párrafos que siguen me propongo exponer algunos ejemplos más. La triste ironía es que esta noción de evolución es, precisamente, la que los creyentes se empeñan en atacar, sin darse cuenta de que —en realidad— están atacando un muñeco de paja. El *gran* argumento antievolucionista, repetido hasta la saciedad, discurre habitualmente así: «¿De qué sirve media mandíbula? ¿qué ventajas tiene media ala para la supervivencia?». La transformación del miembro superior que convierte un brazo en un ala debe ser rápida, casi súbita, o no se entiende muy bien cómo es posible sobrevivir con un medio-brazo-media-ala. ¿Existen fósiles con esos brazos-alas? No parece. Por tanto, si la transformación es rápida ¿cómo explicarla si no hay *alguien detrás* que la causa? El dios-mago podría hacer su aparición de nuevo, pero sólo si previamente hemos refutado la narrativa gradualista. De ahí el interés de unos y otros en este punto.

La explicación de cómo un brazo se puede transformar en ala en un periodo relativamente rápido (entendiendo por *rápido* unos cuantos millones de años) tendremos que dejarla para el capítulo siguiente, porque antes es necesario introducir algunos conceptos que aún no hemos visto. Pero es un cambio que se puede dar por mecanismos puramente naturales sin la intervención de nadie, y de hecho ha sucedido varias veces en la historia evolutiva del planeta (al menos, dos veces en los dinosaurios y una en los mamíferos). Incluso podemos repetir algunos de los pasos de ese proceso en el laboratorio en varios modelos animales (sin tener que esperar millones de años, por suerte). También abordaré la cuestión de la media ala, que en realidad puede resultar bastante más útil de lo que podría parecer. Pero antes de todo eso me voy a centrar en

algunos momentos especialmente importantes del desplegarse evolutivo de la vida, momentos de transición que muestran una cierta aceleración, como una flor que se abre *de golpe* (aunque sea milímetro a milímetro) al recibir los primeros rayos del sol.

Por ir en orden cronológico, en primer lugar nos podemos fijar en la aparición de las células *eucariotas*, que son las que llevan el material genético dentro de una especie de pequeña bolsa —el *núcleo*— que reside en su interior. Las bacterias y otros organismos parecidos llamados arqueas, eran los únicos habitantes del planeta hace tres mil millones de años, y continuaron siéndolo durante mucho tiempo. Las bacterias son bastante sencillas: tienen una pared celular dentro de la cual hay un líquido en el que flotan todos los demás componentes, incluida la molécula de ADN que constituye su genoma. Estos organismos son increíblemente eficaces, logran vivir en los lugares más insospechados y se multiplican cuando tienen nutrientes a su disposición, constituyendo colonias formadas por millones de individuos.

En comparación, una célula eucariota es complicadísima, a pesar de ser también microscópica. Para empezar, tiene un sistema bastante sofisticado de membranas y vesículas internas, que se comunican mediante canales y cisternas; por otro lado, el material genético está empaquetado y protegido por algunas de estas membranas internas, formando ese núcleo del que hablaba más arriba; además, tienen *orgánulos*, pequeñas estructuras encargadas de diversas funciones como la síntesis de proteínas y grasas; una de estas estructuras es la *mitocondria*, la central energética gracias a la cual la célula puede respirar. Las células eucariotas son muy importantes porque todas las plantas y todos los animales, incluido el lector de este libro, están formados por células de este tipo. El hígado, los ojos, el cerebro, todas las estructuras del cuerpo están formadas por miles y miles de estas células.

No está clara la fecha exacta en que hicieron su aparición en escena las células eucariotas, pero uno podría pensar que fue un proceso lento, gradual y constante de modificación de una bacteria, a lo largo de mucho tiempo. Ni mucho menos. Hoy en día, el consenso entre los científicos (con detalles que varían entre diferentes teorías, como suele ser habitual en ciencia) es que uno de aquellos microbios llamados *arqueas* había desarrollado un sistema interno de membranas, y en un momento dado engulló una bacteria entera; eso dio lugar a una simbiosis en la que ambas células salían ganando, con lo que la bacteria engullida se adaptó a vivir dentro de otra célula, disminuyó de tamaño, se especializó en la producción de energía y terminó convirtiéndose en la mitocondria de las futuras células eucariotas. El proceso, como siempre, puede considerarse gradual porque quizás llevó cientos de miles de años, desde los primeros cambios en las arqueas hasta los refinamientos finales. Pero, por otro lado, supone un avance tremendo que no podría haber tenido lugar de no haber sido por ese episodio *inesperado* de fagocitosis, en que una célula se comió a otra. Y no olvidemos que eso es la Vida, la irrupción de lo inesperado; la misma palabra *irrupción* indica que no se trata de algo puramente gradual, uniforme, sino en cierto modo súbito.

Otra gran innovación de la vida, no cabe duda, fue el paso de los organismos formados por una sola célula a organismos multicelulares como nosotros, que estamos hechos por

la suma de trillones de células individuales y, sin embargo, funcionamos como un organismo único, un individuo; todas esas células han aprendido a vivir juntas, han renunciado en cierto modo a su individualidad para formar parte de un proyecto común mucho mayor. Realmente parece algo casi mágico... Tan *mágico* como el experimento realizado por Martin Boraas y sus colaboradores hace ya veinte años, otra de mis historias favoritas que siempre asombra a los alumnos.

Estos investigadores llevaban varios años propagando en el laboratorio un alga unicelular, durante mil generaciones (lo cual no es tanto porque esta alga se divide en dos células hijas cada 20 horas, más o menos). En un momento dado, los científicos introdujeron en el líquido de cultivo otro organismo unicelular que actuaba como depredador de las algas; o sea, se las comía. Las algas, acostumbradas hasta entonces a vivir en condiciones tranquilas, tuvieron que desarrollar alguna estrategia para sobrevivir frente a la amenaza del inesperado agresor. Y la estrategia que mejor funcionó fue organizarse entre varias y comenzar a vivir en comunidad.

Por increíble que parezca, en algo menos de doscientas generaciones las algas —que inicialmente tenían un comportamiento unicelular— habían experimentado un cambio bastante radical: se agrupaban en grumos, cada uno formado por varios cientos de células. El depredador se comía sin dificultad algas individuales, pero no podía con estos aglomerados celulares, y así sobrevivían. Quizás al lector le parezca que esto de hacer grumos es algo fácil de lograr si eres una célula, pero no; requiere la presencia de moléculas que mantengan pegadas unas células a las otras, y que les permita comunicarse entre ellas para coordinarse. Y, sin embargo, lo consiguieron. Con el paso del tiempo, mientras las algas seguían propagándose en presencia del depredador, esos agregados fueron reduciéndose de tamaño hasta estabilizarse en grupos de unas ocho células que se comportaban de modo perfectamente conjuntado. Incluso después de retirar el depredador y seguir propagando las algas sin amenaza alguna, en muchos casos continuaron reproduciéndose como unidades formadas por ocho células.

Resulta sorprendente, pero un cambio ecológico relativamente sencillo (la introducción de un depredador) había provocado una transición evolutiva notable. La selección natural había optimizado el tamaño de los grumos (quizás buscando un número de células suficiente para evitar ser comidas pero que no acarrease los problemas de tener que coordinar a muchas células a la vez). Pero el momento crucial, el momento en que algo inesperado irrumpió en escena, fue la llegada de un depredador. Porque muchas veces son precisamente las situaciones de mayor peligro las que favorecen la aparición de innovaciones más interesantes.

Este experimento, evidentemente, no prueba que la transición de organismos unicelulares a multicelulares durante la evolución de la vida haya sido *exactamente* así. Lo que demuestra es que pudo haber sucedido algo similar, y que pudo haber sido un proceso relativamente rápido debido a cambios ecológicos como la aparición de un nuevo vecino hambriento y con ganas de pelea. En cualquier caso, sabemos con bastante seguridad que la multicelularidad evolucionó en numerosas ocasiones en los últimos dos mil millones de años, habitualmente durante momentos de evolución acelerada. ¿Fueron

cambios graduales, poco a poco, primero dos células, después tres, cuatro... durante millones de años siempre en la misma dirección? La respuesta es un sonoro *no*. Como siempre, hubo algunos saltos más o menos bruscos, junto con otros periodos de mayor estabilidad en que los organismos se ajustaban más lentamente a sus condiciones; arreones de innovación junto con épocas de descanso en las que parecía no pasar nada.

Una de esas explosiones de creatividad, de la que muchos lectores habrán oído hablar, tuvo lugar hace poco más de quinientos millones de años. Por los datos de que disponemos, los seres vivos que entonces vivían en el fondo de los océanos eran en su mayoría blandos, indefensos y pequeños, con tan sólo unos pocos centímetros de tamaño. Un cambio ecológico, en este caso la ligera subida de la concentración de oxígeno del agua del mar, permitió un aumento en el tamaño de los animales. Algunos de estos monstruos comenzaron a comportarse como depredadores de los más pequeños y esto desató una auténtica guerra de armamentos: comenzaron a aparecer esqueletos externos, pinzas, ojos y colas articuladas para moverse a gran velocidad; en definitiva, nuevas estrategias para sobrevivir, comiendo o evitando ser comido. Fue la *explosión* del Cámbrico, porque así se llama el periodo geológico en el que tuvo lugar. En un lapso de cuarenta millones de años se originaron la mayor parte de los planes corporales de los animales, tanto los que existen en la actualidad como los que se quedaron en el camino. ¿Fue un cambio gradual? ¿Fue un salto? Qué más da. Lo importante es que sucedió, y sucedió así; de lo contrario, probablemente no estaríamos aquí.

Como decía Stephen Gould, la teoría moderna de la evolución no requiere que el cambio sea gradual, no necesita ningún postulado sobre la velocidad a la que trabaja. La historia de la Tierra puede representarse como una sucesión de pulsos mediante los cuales los sistemas biológicos transitan a regañadientes de un estado más o menos estable hacia otro. El cambio es, habitualmente, esa transición entre estados, más que una transformación continua, lenta y constante. Pero la selección natural actúa también en esos momentos de aceleración, porque si la arquea que había engullido la bacteria prosperó fue gracias a las ventajas que eso tenía en un nicho ecológico concreto; si los animales multicelulares triunfaron y crecieron de tamaño, diversificándose en multitud de formas y planes corporales, en buena medida fue porque esas innovaciones les daban alguna ventaja y por tanto pasaron el filtro de la selección natural. Sin duda, la deriva genética también pondría su granito de arena, especialmente en esos pulsos de evolución acelerada en que unos pocos individuos desarrollan una nueva estrategia; seguro que los cambios genéticos acumulados durante esos bandazos también contribuyeron a acentuar las diferencias entre poblaciones que estaban ya separándose.

¿Se queda, por tanto, sin argumentos el escéptico para presentar la evolución como un proceso ciego y carente de significado? Si su razonamiento se basa únicamente en el gradualismo a ultranza, parece que sí; pero muchos han superado ya esa posición. La apuesta por el sentido, recordemos, es previa a los argumentos basados en el funcionamiento de la naturaleza. Lo cual se aplica también al creyente: ¿necesita aferrarse a la naturaleza pulsátil del cambio evolutivo para meter ahí de tapadillo, como última estratagema, la acción divina? Sería un error tremendo. El auténtico Dios nunca

tendría que *rebajarse* a introducir una bacteria en una arquea, a hacer aparecer un depredador en los mares de la tierra primitiva o a provocar el cambio climático que hizo subir la concentración de oxígeno en el Cámbrico; simplemente no le hace falta, la propia dinámica evolutiva basta para explicar esos cambios. Eso lo haría el dios-mago o el dios-ingeniero que nos presenta el diseño inteligente, pero no el Dios al que «nadie ha visto jamás» del que nos habla Juan al inicio de su evangelio. A este le da igual si la evolución va rápido o despacio, a golpes o poquito a poco; porque su Amor es capaz de dar sentido a todo.

6. EVOLUCIÓN A LO GRANDE

HACE UNOS MESES PUDE CONOCER POR FIN a mi sobrino-nieto, una preciosa criatura que en ese momento tenía tan sólo pocas semanas. Por las fotos compartidas desde entonces en el grupo familiar, parece que el muchacho está creciendo a marchas forzadas, como corresponde a un bebé de su edad. De hecho, de no ser por las fotos, en nuestra próxima reunión me resultaría muy difícil reconocerle, como suele ocurrir al encontrarnos de nuevo con alguien a quien no hemos visto en mucho tiempo.

En general, esto es lo que sucede cuando no podemos observar el desarrollo de un proceso día a día, sino muy de vez en cuando. Lo que vemos son saltos, pero damos por supuesto que ha habido unos pasos intermedios a medida que se pasaba de la situación anterior a la actual. No necesitamos estar constantemente viendo el proceso, y en cualquier caso no podríamos estar en dos sitios a la vez, viviendo nuestra propia vida y observando otros sucesos en tiempo real.

El ejemplo me viene muy bien para ilustrar el famoso asunto de los eslabones perdidos y la *macroevolución*. Invariablemente, cualquier discusión acerca de la evolución con un escéptico (o sea, con un creyente) termina basculando hacia este terreno. ¿Existe alguna evidencia de que los animales terrestres con cuatro patas proceden de los peces? ¿Cómo habría podido sobrevivir un *monstruo* con una medio-aleta transformada en medio-pata? ¿Cómo pudieron seleccionarse, uno tras otro, todos los innumerables pasos intermedios si no ofrecían ventaja alguna? ¿Alguien ha visto alguna vez *todo* el proceso? Si la ciencia no puede mostrar todos y cada uno de los pasos que dieron lugar a esas transiciones, no podemos estar seguros de que hayan sido el resultado de mecanismos puramente naturales. Quizás hubo algo más, *alguien* que transformó –como por arte de magia– las aletas en patas. En cualquier caso, como ya hemos visto en el primer capítulo, transiciones como las de peces a cuadrúpedos no causan una gran inquietud al creyente; el problema reside en que a menudo se invoca el mismo razonamiento al hablar de la evolución humana, que es la auténtica piedra de toque para aceptar sin reservas la evolución.

Por macroevolución entendemos la visión *a lo grande* del proceso evolutivo, la descripción de los cambios en una escala temporal amplia, de millones de años. Vista así, incluye no sólo la aparición de lo que los biólogos clasifican como nuevas especies,

sino también esos saltos aparentemente *imposibles* como la transición de peces a anfibios o reptiles. Lo que sucede es que, como en el caso de mi sobrino-nieto, contamos con una serie de fotos fijas de un proceso, fotos que en este caso están separadas por millones de años. El escéptico creyente exige una prueba irrefutable de los detalles completos del cambio; o sea, no creerá a menos que le enseñen la grabación hora a hora (¿o minuto a minuto?) de un proceso que comenzó hace trescientos cincuenta millones de años y tardó unos treinta o cuarenta millones de años en completarse.

El problema es que todavía no hemos inventado máquinas para viajar en el tiempo, ni sistemas para almacenar los gigantescos archivos de video que serían necesarios para grabar toda la historia de la Tierra. Pero tenemos las fotos tomadas en algunos momentos de ese proceso; esas fotos son los fósiles, y por eso los fósiles son como eslabones sueltos de esa gran cadena de transformación. No forman una cadena perfecta porque no tenemos *todos* los eslabones, pero en conjunto reconstruyen bastante bien lo que sucedió. Hay muchos huecos, algunos de los cuales van siendo rellenados por nuevos hallazgos fósiles (los famosos eslabones *perdidos*), pero otros huecos probablemente nunca llegarán a cerrarse. En realidad, no es necesario tener la cadena perfectamente cerrada — eslabón tras eslabón — para tener la convicción de que, cuando menos, hubo *una cadena*.

Parece un tanto injusto exigir a la evolución este tipo de evidencia — la cadena entera, con todos y cada uno de sus eslabones — cuando en nuestra vida ordinaria no lo hacemos. Si no volviese a ver a mi sobrino-nieto hasta dentro de diez años (Dios no lo quiera), al encontrarme de nuevo con él podría dudar seriamente de que se trata de mi auténtico sobrino-nieto. Podría exigir a su madre que me enseñe un video completo, sin editar, de la vida del niño, pero probablemente me conformaría con ver algunas fotos tomadas con varios años o meses de diferencia. En realidad, me conformaría con la palabra de su madre, claro, pero esa es otra cuestión. El creyente ultra-escéptico, en cambio, no sólo no se fía de los científicos, sino que exige *ver* todo el proceso, no se conformará con menos. Sin esa evidencia — se oye decir tantas veces — la evolución es inválida como explicación científica, no es más que una *simple teoría* que no puede ser probada porque tampoco puede ser refutada.

Además de injusta, esta acusación es errónea. La teoría está respaldada por las fotos que nos han llegado, ese registro fósil cada vez más amplio y detallado. Y puede ser refutada, cómo no. Con cada nuevo fósil que se descubre, o cuya antigüedad se determina con mayor exactitud, la explicación general se matiza en alguno de sus detalles, va precisándose mejor; se hace cada vez más sólida. Pero permanece abierta a la refutación, como decía uno de los primeros teóricos de la evolución: si algún afortunado encuentra un fósil de conejo con una antigüedad de ochocientos millones de años, toda la teoría evolutiva actual tendría que reformularse y, además, el afortunado caza-fósiles recibirá con toda seguridad el premio Nobel. Pero la realidad es que por ahora nadie ha encontrado ningún conejo fósil de esa antigüedad. Y ¿saben por qué? Porque hace ochocientos millones de años no había mamíferos, ni vertebrados; sencillamente, aún no habían hecho su aparición sobre la faz de la Tierra los grandes grupos animales a los que

pertenecen los conejos y las liebres. Sería algo así como encontrar en un cajón una foto de mi sobrino-nieto tomada en 1958, sesenta años antes de nacer.

La disyuntiva, por tanto, es aceptar o no las fotos intermedias de esos procesos, los fósiles que avalan la explicación evolutiva. Si tuviese que describir aquí todos los eslabones perdidos que han ido apareciendo en los últimos cien años, tendría tarea para estar ocupado el resto de mis días. Por suerte, no es necesario; los interesados pueden consultar los libros de texto de evolución, que aun así sólo ofrecen una lista muy resumida de ejemplos. En los párrafos siguientes me limitaré a reseñar un caso bien conocido y especialmente ilustrativo.

Una de las transiciones evolutivas más inverosímiles y cuestionadas por escépticos es el *salto* de los peces a tierra firme. Conocemos hoy en día anfibios e incluso peces pulmonados que pueden respirar fuera del agua, por lo que no es descabellado pensar que animales similares pudieran ser los primeros en arrastrarse por la superficie terrestre. Tenemos fósiles de peces muy antiguos, pero en cambio el rastro de animales con cuatro patas viviendo en tierra firme se termina cuando retrocedemos hasta los trescientos cincuenta millones de años. La teoría, por tanto, propone que algunos peces (recordemos que no todos, sino una pequeña población en algún lugar del planeta) pudo adaptarse a respirar fuera del agua y terminó por preferir ese estilo de vida, que quizás le permitía escapar de los depredadores habituales. Cuando eres perseguido bajo el agua, una buena estratagema es irte a vivir fuera, sobre todo si ya has resuelto el problema de respirar al aire libre. La dificultad, claro, son las patas: está claro que es mejor tener patas que aletas, si vas a vivir en tierra firme; pero ¿cómo diantre conviertes tus aletas en patas?

Algunos fósiles del final de un periodo llamado Devónico, hace unos trescientos ochenta millones de años, tenían aletas con huesos en su interior, pero eran totalmente acuáticos y —como todos los peces— carecían de cuello. Otros fósiles más tardíos, con características ya cercanas a los anfibios, tienen una antigüedad de trescientos sesenta y cinco millones de años. Una predicción crucial de la teoría, por tanto, era que debería haber existido algún eslabón (perdido) con características intermedias; un pez con aletas más similares a las extremidades de los tetrápodos (las patas), con cuello y capaz de respirar fuera del agua. Y ese eslabón debería haber vivido en una franja de tiempo relativamente estrecha, en torno a los trescientos setenta millones de años.

En su magnífico libro *Tu pez interior*, Neil Shubin narra el hallazgo en 2004 de *Tiktaalik*, el pez fósil que cumplía precisamente todos estos requisitos. *Tiktaalik* tiene una antigüedad de trescientos setenta y cinco millones de años, y dentro de sus aletas se pueden ver un húmero, un cúbito y un radio que recuerdan a los huesos de nuestro brazo; incluso tienen huesos similares a los de nuestra muñeca. Posee unos hombros bastante marcados, siendo el primer vertebrado con cuello; y lo más sorprendente, a mi juicio, es que tiene dos orificios en la parte superior de la cabeza, que recuerdan a los orificios nasales. Un eslabón perdido menos... o más, según se mire.

Todo esto está muy bien, pero ¿cómo podemos explicar esas transiciones? ¿cómo actúan la selección o la deriva, qué genes o qué moléculas intervienen? ¿realmente sabemos los mecanismos que subyacen a estos procesos? Son preguntas pertinentes y

totalmente relevantes, que la biología evolutiva intenta responder desde hace mucho tiempo. Ya hace más de treinta años, el gran teórico de la evolución Stephen Gould escribía:

Si no invocamos algún tipo de cambio morfológico a base de pequeñas alteraciones en los procesos de desarrollo, no veo cómo la mayor parte de las grandes transiciones evolutivas pueden llegar a darse; en mi fuertemente sesgada opinión, el problema de reconciliar el darwinismo con la evidente falta de continuidad en la evolución se soluciona, en gran medida, por la observación de que pequeños cambios al principio del desarrollo embrionario pueden acumularse durante el periodo de crecimiento hasta dar diferencias profundas en los adultos.

El secreto, pues, podría estar en ese proceso de crecimiento del embrión, que conocemos con el nombre de *desarrollo*.

En las primeras semanas de vida de un embrión se generan todas las estructuras que después madurarán en el feto y seguirán creciendo hasta el adulto. El proceso de desarrollo embrionario está regulado de manera increíblemente fina mediante la activación selectiva de genes concretos, que se van encendiendo y apagando sucesivamente en distintos lugares del embrión, a medida que se forman los esbozos de las diferentes estructuras. La activación de un conjunto de genes en un punto concreto, en un determinado momento de la vida del embrión, llevará a la aparición en ese lugar de una estructura que comienza a desarrollarse como brazo. Si adelantamos o retrasamos la activación de esos mismos genes, o si los activamos a unos pocos milímetros de distancia del sitio ideal, tendremos malformaciones de diversos tipos en el brazo o en los dedos.

Muchos años de investigación han ido revelando los mecanismos genéticos que regulan este increíble proceso y también los estímulos ambientales que intervienen, porque en algunas especies el detonador que pone en marcha el desarrollo de determinadas estructuras pueden ser influencias externas. Por ejemplo, es conocido el papel que juega la temperatura del agua en la determinación del sexo de algunas especies de tortugas, lo cual cobra especial interés en estos tiempos de aumento global de la temperatura de los mares. En algunas especies, si el embrión de tortuga crece a 32 grados se desarrollará como hembra, los machos solo aparecen cuando la temperatura es de 28 grados. Lo interesante es que muchas de estas influencias ambientales dependen a su vez de factores genéticos, porque la temperatura puede encender o apagar genes con bastante precisión. En el caso de las tortugas, por ejemplo, se ha encontrado recientemente el gen responsable de ese fenómeno; cuando los científicos eliminaron ese gen, los embriones incubados a 28 grados se desarrollaron como hembras, en contra de lo esperado.

De modo que resulta crucial identificar y describir en detalle todos esos encendidos y apagados de genes que acaecen durante el desarrollo embrionario, y cómo responden a estímulos ambientales. Lógicamente, se trata de una tarea gigantesca; aun así, se sabe bastante bien cómo funciona en algunos animales modelo como moscas, gusanos, ranas o peces. Pero en mamíferos como ratones o primates la cosa es mucho más complicada. Los científicos que intentan explicar la evolución mediante cambios en los procesos de

desarrollo han acuñado para su disciplina el término “Evo-Devo”, por el nombre en inglés de la rama de la biología que estudia el desarrollo embrionario: la biología del desarrollo o *developmental biology*.

La Evo-Devo ha experimentado enormes avances en los últimos años, al ir describiendo cada vez con más detalle los mecanismos genéticos que intervienen en el desarrollo. Uno de los hallazgos más sorprendentes, que constituye —a mi entender— la principal *prueba* de la evolución, es que esos mecanismos son increíblemente parecidos en todos los seres vivos. Avalada y complementada por la lectura de los genomas completos de muchas especies en los últimos años, la biología del desarrollo muestra con gran claridad que los genes implicados en el control del desarrollo embrionario son esencialmente los mismos. La misma red genética se ocupa de la formación del brazo en humanos y de la pata delantera en ranas. Cada animal lleva su propia versión de esos genes, como es lógico, porque han cambiado con el paso del tiempo, pero son los mismos genes con funciones prácticamente idénticas; tanto que, en ocasiones, puedes quitar el que controla la formación de una estructura en el ratón y sustituirlo por la versión humana de ese mismo gen, y la estructura se formará igual.

En otros casos, en cambio, pequeñas variaciones en las redes genéticas que controlan el desarrollo de determinadas estructuras pueden provocar cambios importantes, como ya anticipaba Gould en el texto antes citado. Y esto es crucial para entender la evolución de la morfología, la macroevolución. ¿Cómo convertir aletas a brazos? Parece lógico pensar que habrá que *tocar* algo en la red genética implicada en el desarrollo embrionario de esa estructura; si comparamos esa red en peces y ratones, quizás veamos alguna pequeña diferencia que pueda explicarlo, algo que esté presente en los peces pero no en los animales con brazos y piernas, o al revés. El único modo de saberlo es comparar esas redes y los genes que las forman tanto en peces como en ratones, por ejemplo, y ver si hay alguna variación que pueda explicar el *salto* evolutivo. Por supuesto que las hay.

Me centraré, a modo de ejemplo, en un grupo de genes llamados *HOX*, que juegan un papel muy importante en varios aspectos del desarrollo embrionario. Uno de los genes de esta gran familia (*HOXD13*) se activa en el momento en que empieza a formarse la aleta en embriones de pez, o la pata en embriones de ratón. Pero no se activa con igual fuerza, y de hecho los científicos han comprobado que, si aumentan artificialmente la actividad de *HOXD13* en los embriones de pez, ese esbozo de aleta cambia y muestra características que recuerdan a los esbozos de la pata de un ratón. Tras encontrar el *interruptor* genético que modula la intensidad con que se activa este gen, los investigadores hicieron un experimento fascinante: eliminaron dicho interruptor del genoma de un pez y lo sustituyeron por la versión que llevan los ratones. El resultado fue sorprendente: el gen *HOXD13* se activó con más intensidad de la normal en esos peces, precisamente en el sitio donde estaban comenzando a formarse las aletas, y esos esbozos de aleta se modificaron hacia un tipo de desarrollo similar al de los ratones.

Hoy conocemos las secuencias genéticas responsables del alargamiento del cuello de las jirafas; conocemos los genes que se inactivaron e hicieron desaparecer las extre-

midades durante la trayectoria evolutiva de serpientes (cuando las patas les dejaron de crecer); conocemos algunos de los cambios genéticos responsables del aumento de tamaño del cerebro durante la evolución humana. Estudios similares llenan las páginas de la literatura científica, y en conjunto suponen un apoyo muy sólido a la noción de que la evolución *a lo grande*, los cambios morfológicos típicos de las transiciones macroevolutivas, pueden ser el fruto de cambios sutiles en la regulación de genes clave implicados en el desarrollo.

Gracias a la Evo-Devo, hoy contemplamos el proceso de la evolución como una especie de *recableado* o reconfiguración de las redes genéticas que controlan el desarrollo embrionario; ligeras modificaciones en esa maraña de conexiones tendrán como resultado trayectorias evolutivas separadas, ya que producirán ciertas modificaciones morfológicas, poco evidentes al principio, en los embriones, pero con diferencias manifiestas en los adultos. Algunas de estas modificaciones serán ventajosas para la supervivencia y se mantendrán en esa población, como hemos visto anteriormente; otras serán perjudiciales, con lo que esas trayectorias evolutivas se quedarán en nada. En la mayoría de los casos se trata de cambios *pequeños*, como el último paso de Armstrong, pero con consecuencias importantes.

Porque esta es otra propiedad muy interesante, diría que crucial, de la fusión entre biología del desarrollo embrionario y evolución: permite vislumbrar la manera de modificar estructuras enteras a partir de cambios relativamente sencillos. No hace falta una mutación para cambiar el brazo, seguida de otra para la mano, otra después para cada dedo... No, cuando cambia la red genética que controla el desarrollo del miembro superior, *todo el miembro* se reconfigura; pequeños cambios en los sistemas genéticos que determinan la forma de la cabeza ayudarán a entender cómo puede crecer el cráneo y cambiar la cara *a la vez*. Cuando hablamos de redes complejas como estas, cambios ligeros en el *input* pueden dar como resultado modificaciones relativamente drásticas y difíciles de predecir. «Y así», concluía Gould en el ensayo citado, «podemos pasar de la continuidad que subyace al cambio —un postulado esencialmente darwiniano— a alteraciones potencialmente episódicas en sus resultados: una serie de organismos adultos complejos».

7. LA BROMA DE LA EVOLUCIÓN

EXISTE UNA ASCIDIA DE MAR QUE COMIENZA su vida como algo parecido a un renacuajo y al llegar a la etapa adulta sufre una metamorfosis, se asienta sobre una roca y se queda pegada ahí el resto de su vida. Tradicionalmente, se decía que al adoptar un estilo de vida sedentario en el que lo único que tiene que hacer para alimentarse es filtrar agua, el animal “se come su cerebro” porque ya no le hace falta. En realidad, lo que sucede es que se atrofia el principal ganglio nervioso, aunque las neuronas no desaparecen por completo. En cualquier caso, la curiosa vida de este animal da pie a un chiste bastante extendido en círculos académicos: a fin de cuentas, lo que hace la ascidia es lo mismo que le sucede a un profesor universitario cuando se convierte en catedrático...

Después de todo lo escrito en los capítulos precedentes, creo que es un buen momento para detenernos a considerar el camino recorrido, hacer balance y subrayar las ideas principales que han ido saliendo. La historia de la ascidia, bromas aparte, me sirve para ilustrar un punto muy importante sobre el funcionamiento de la evolución, que ya mencioné al principio de este libro. Al igual que hace este animal durante su ciclo vital, la evolución muchas veces retrocede, parece dar un paso atrás y perder el terreno que había conquistado con tanto esfuerzo. Lo cual contradice aquella idea del progreso constante hacia algo *mejor*, que intenté quitar de la cabeza del lector porque no refleja en absoluto el devenir de los procesos evolutivos.

Por desgracia, se trata de una noción tan extendida, tan incrustada en el imaginario popular, que uno se la encuentra por todas partes, incluso en ámbitos científicos. Hace algún tiempo asistí a una conferencia sobre la evolución de la consciencia, en la que un profesor decía imaginarse el proceso como una fuerza que fuese “tirando” de los cambios morfológicos del cerebro a lo largo de la evolución humana, como con una *cuerda*. Una imagen realmente desafortunada: ¿quién o *qué* tira de *qué*? ¿En qué consiste ese *tirar*? ¿Qué es exactamente la *cuerda*? No hay respuestas, evidentemente, porque los procesos evolutivos no funcionan así; ya hemos visto que la evolución no *crea* las soluciones óptimas para cada problema. En realidad, no crea nada, simplemente selecciona de entre lo que tiene a su disposición, que a su vez es el resultado de selecciones anteriores. Evolucionar, digámoslo una vez más, no es progresar sino *explorar*.

Al cambiar el punto de vista, sustituyendo la obsoleta noción de evolución como progreso por esta otra de *exploración*, todo encaja mucho mejor. ¿Quién explora? La vida, todos los organismos de la biosfera en su conjunto. ¿Cómo exploran? Mediante selección natural (o deriva genética) de las variantes existentes, que van cambiando a medida que algunas desaparecen y son reemplazadas por otras nuevas. ¿Y dónde se explora? En un espacio, como en toda búsqueda. Los científicos suelen hablar de *espacio de posibilidades*, es decir, el conjunto de lugares que están disponibles dentro de unos límites concretos. Cuando uno entra en una habitación, por ejemplo, puede caminar siguiendo trayectorias muy diversas, ocupando —a medida que avanza— cualquiera de las baldosas que están libres. Cuanto mayor es el espacio, más trayectorias están disponibles al recién llegado, suponiendo que el suelo sea perfectamente liso. El problema es que los espacios que debe ocupar la vida, habitualmente, no son lisos; de hecho, son bastante accidentados.

Para entenderlo, imaginemos que vamos de excursión por el campo. Nuestro sendero, de pronto, entra en un valle amplio con una llanura relativamente extensa, salpicada aquí y allá por colinas de diversas alturas. En algún punto se elevan picos más altos, algunos bastante escarpados a cuya cima no es nada sencillo llegar, reservados quizá a montañeros experimentados. Si vamos guardando un registro, durante varios meses, de las trayectorias que han seguido los excursionistas llegados al valle, habrá algunos itinerarios que se repiten con más frecuencia que otros. Los caminos más sencillos, que discurren sin grandes subidas, habrán sido frecuentados por familias o por excursionistas menos preparados físicamente. Otros paseantes habrán subido a alguna de las colinas; unos pocos quizá hayan escalado alguno de los picos más difíciles. Y no sería de extrañar que alguna de las cumbres inexpugnables haya quedado sin conquistar.

La evolución está constantemente explorando paisajes, nuevos espacios de posibilidades, porque la naturaleza está repleta de potencialidades latentes; algunas llegarán a realizarse con frecuencia, otras más raramente y otras nunca. Lo importante, como escribe un biólogo llamado John Tyler Bonner, es que «la parte superior de la escala siempre es un nicho ecológico abierto»; siempre hay alguna parte del espacio sin ocupar. Es decir, si en un bosque sólo viven pajarillos de pequeño tamaño, o que comen exclusivamente gusanos, habrá gran cantidad de trayectorias evolutivas abiertas hacia pájaros más grandes, o que se alimenten de mariposas, o de granos... o de los pajarillos pequeños.

Aunque otros excursionistas hayan llegado antes al valle y ocupen las colinas más accesibles, o más hermosas, quedan otras más lejos, o más altas, a las que podemos intentar subir. Lo verdaderamente maravilloso es que con cada nueva innovación evolutiva se abren nuevas posibilidades; lo que no era todavía manifiesto, se hace patente; la topografía de nuestro paisaje cambia, al igual que sucede en una excursión real: cuando se alcanza cierta altura se divisan senderos que hasta ese momento parecían no existir.

Ilustremos esto recurriendo a alguna de las historias que he utilizado en las páginas precedentes. Cuando las células eucariotas (algunas, no todas) tomaron el camino de la

multicelularidad, ese vivir en comunidad abrió la posibilidad de la especialización: unas podían encargarse del movimiento, otras de recibir señales procedentes del exterior, otras de procesar toda la información, otras de extraer oxígeno y distribuirlo por el resto del organismo, y así un largo etcétera. De modo que aparecieron células nerviosas, musculares, intestinales, células madre y todas las demás que constituyen un animal multicelular. Las células que vivían como organismos unicelulares tenían ese potencial latente, porque muchas de las moléculas necesarias ya estaban presentes en ellas, pero ese potencial sólo se hizo realidad cuando unas pocas, en algún lugar concreto y en un momento determinado, tomaron ese camino.

Las implicaciones de todo esto son enormes, si se piensa con detenimiento. Una primera conclusión es que las *innovaciones* evolutivas, en el fondo, no lo son tanto: no se empieza de cero, sino que se construye sobre lo anterior. La inmensa mayoría de las nuevas soluciones (esos *avances*) se apoyan en los logros precedentes. Se insertan en una trayectoria aún en marcha, un tanto errática, que lleva bastante tiempo transitando por nuestro paisaje, ocupando alguna colina o asentándose en un valle.

Obviamente, habrá lugares a los que ya no podamos acceder (o sería muy complicado) porque el camino recorrido nos ha alejado de ellos. Si nuestro caminar nos hubiera llevado a una colina desde la que es relativamente sencillo alcanzar un pico más alto (yendo por el collado, como saben los montañeros), esa será una posibilidad real, factible. Pero si la trayectoria anterior nos hubiese hecho caer en una hondonada profunda desde la que es extremadamente difícil llegar a esa misma cumbre, la probabilidad de lograrlo será mínima.

Retomando alguno de nuestros ejemplos, podemos imaginar que aquellos peces del final del Devónico, con pulmones y aletas que tenían huesos como los del brazo, ocupaban una cierta altura en su particular paisaje evolutivo; desde allí era más fácil alcanzar la cima que supone el paso a tierra firme, simplemente había que modificar algunas redes genéticas para que esa población se adaptase mucho mejor a la vida terrestre y así pudiese alcanzar esa cumbre evolutiva de difícil acceso para las especies que habían ido por otros derroteros.

En su propio paisaje, los primeros animales multicelulares habían alcanzado ya una buena altura; desde allí era más accesible llegar hasta cumbres más altas (los planes corporales de medusas o peces, por ejemplo). Las esponjas, en cambio, se deshicieron del sistema nervioso porque no les era necesario para llevar una vida sedentaria filtrando agua, como sucede con la ascidia del chiste. Se puede decir que las esponjas han *bajado*, han descendido desde una altura lograda con dificultad hasta una hondonada evolutiva (la ausencia de sistema nervioso); les será tremendamente difícil salir de ahí (eso equivaldría a *volver a inventar* el sistema nervioso), pero en realidad no lo necesitan: están muy bien adaptadas a su modo de vida y por eso se han convertido en los pobladores de esa particular hondonada del paisaje evolutivo. De hecho, ahí siguen hasta nuestros días.

Espero que ahora se entienda mucho mejor por qué sigue habiendo bacterias, esponjas, moscas, peces... y monos. Durante millones de años, la vida ha ido ocupando distintos

puntos del inmenso espacio de posibilidades evolutivas, explorando sin descanso; construyendo sobre lo anterior, pero muchas veces también destruyendo lo edificado, retrocediendo, o simplemente quedándose en el mismo lugar, sin cambiar apenas a lo largo del tiempo. Y espero que también se comprenda, por fin, que el ala no sale de la nada, no aparece de golpe, sino que se apoya en alguna estructura pre-existente (la famosa *media-ala*), estructura que cumplía otra función en un organismo que todavía no había desarrollado la capacidad de vuelo. Ya Darwin acuñó un término para esos logros previos sobre los que se construye un cambio evolutivo posterior: los llamó pre-adaptaciones; Stephen Gould, con su enorme capacidad para explicar el funcionamiento de la evolución, los denominó *exaptaciones*.

Una exaptación, o pre-adaptación, sería un rasgo concreto (una estructura, una característica morfológica) que con el paso del tiempo es re-utilizado para cumplir una función distinta de la que tenía originalmente. El ejemplo más habitual es el plumaje que recubre las alas de las aves. En otras trayectorias evolutivas que llevaron a *descubrir* el vuelo como forma de locomoción, por ejemplo, en insectos o en murciélagos, las plumas no hacen falta para nada. En las aves, en cambio, son totalmente necesarias. ¿Por qué? La explicación, abundantemente avalada por descubrimientos de los últimos años, no tiene nada que ver con la narrativa tan ridiculizada por creacionistas y escépticos de la evolución.

Lo que sabemos hoy en día es que las plumas ya existían mucho antes, en los ancestros de los que proceden todas las aves, o sea en los dinosaurios. No en todos, claro (no parece ser el caso del tiranosaurio), pero en los últimos años se han encontrado muchos fósiles de dinosaurios que estaban recubiertos de plumas por todo el cuerpo, con un grado de conservación tan bueno que permite incluso estudiar la estructura microscópica de esas plumas primitivas. Por las características de sus esqueletos, sabemos que muchos de esos especímenes no volaban; la explicación más plausible para la presencia de plumas es que su función no era el vuelo, sino algo más importante: mantener la temperatura corporal. Millones de años después, algunos de estos dinosaurios habían desarrollado una estrategia para huir de los depredadores consistente en planear con las cuatro extremidades extendidas (también hay fósiles que muestran esto muy bien). Gracias al plumaje que cubría su cuerpo y sus patas, el planeo debió de convertirse en una táctica de supervivencia muy eficaz. Desde esa pequeña (o no tan pequeña) colina de su peculiar paisaje evolutivo, la ascensión a la cima que supone el vuelo de las aves actuales no se veía ya tan difícil. El camino recorrido les había acercado hasta allí, al dotarles de algunas características (pre-adaptaciones) concretas.

Es imposible detallar aquí todas las exaptaciones que conocemos en la historia evolutiva del planeta. Pero me parece importante subrayar que, desde que ha sido posible estudiar la evolución mediante la comparación de las secuencias genéticas de muchas especies distintas, los científicos se han llevado muchas sorpresas; en concreto, han encontrado abundantes ejemplos de pre-adaptaciones al nivel molecular, el nivel de los genes y las proteínas. Uno de los casos más llamativos es el de la multicelularidad de la que ya hemos hablado en varias ocasiones.

Al inspeccionar los genomas de seres vivos que están en la frontera entre el comportamiento unicelular y multicelular, porque se comportan de ambas formas según sean las condiciones del medio, resulta que muchos de los genes necesarios para la vida multicelular (los que se encargan de que las células se peguen unas a otras y se comuniquen entre sí, por ejemplo) ya están presentes en organismos que todavía son unicelulares. ¿Qué hacen ahí, si no hace falta pegar células? Pues hacen otras cosas. Durante millones de años, cumplían una función determinada, pero cuando los niveles de oxígeno del océano aumentaron lo suficiente para sustentar la vida multicelular, esos mismos genes —combinados de modos nuevos— fueron *requisados* para realizar nuevas funciones. La evolución no tuvo que inventar todo otra vez desde cero, sino que exploró y salió adelante modificando lo que tenía a su disposición.

Lo mismo sucede con nuestras amigas las esponjas, los animales más simples que existen, filtrando agua y sin sistema nervioso; cuando los científicos leyeron los primeros genomas de esponjas, encontraron bastantes de los genes que se utilizan para construir el sistema nervioso en otros animales como medusas, ratones o incluso en nosotros mismos. Esto muestra claramente dos cosas: por un lado, esos genes se apagaron en las esponjas, se *atrofiaron* porque no era necesario gastar energía en desarrollar un sistema nervioso; pero además, en muchos casos se trata de genes que ya estaban en organismos unicelulares haciendo otras cosas y fueron después re-utilizados para contribuir a formar neuronas.

¿Cómo hacen esto los genes? ¿Cómo es posible que cumplan una función en unos organismos y después pasen a hacer algo distinto en otros? En la mayor parte de los casos, la estrategia es más sencilla de lo que uno podría pensar: se duplican. Un segmento del genoma de un organismo puede copiarse a otra región de ese mismo genoma, lo cual sucede con cierta frecuencia. El resultado es que, en un genoma donde solo había una copia de un gen concreto —que realizaba una función específica— ahora hay dos copias idénticas. Supongamos que la función del gen (en realidad, la proteína codificada por ese gen) es facilitar una reacción química; en el momento en que hay dos copias, una de ellas queda libre para *explorar* nuevas capacidades, irá adquiriendo pequeños cambios a lo largo del tiempo sin que esto afecte a la viabilidad del organismo porque ya hay otra copia que funciona como es debido. En el fondo, es como si en nuestro paisaje se abriesen nuevas posibilidades, nuevos senderos para llegar a cimas que antes no estaban a la vista. Y como la evolución —no me cansaré de repetirlo— es exploración, una de esas nuevas trayectorias tendrá bastante probabilidad de llegar a su destino.

La conclusión principal de todo esto, algo que ya el premio Nobel François Jacob describió con gran lucidez hace años, es que la evolución —en el fondo— se comporta como un amante del bricolaje que toma cosas viejas, ya usadas, y las combina de modos nuevos. Puede hacer una silla, o una mesilla de noche, con las tablas de un pallet o de una caja de naranjas. De igual forma, la evolución no tiene que inventar todo otra vez desde cero para encontrar soluciones a los problemas biológicos, no necesita encontrar la solución óptima para cada nueva dificultad que se le presenta, como lo haría un equipo

de ingenieros; simplemente, construye sobre lo que ya ha alcanzado previamente tras mucho experimentar. Lo cual, a su vez, significa que las posibilidades que se le ofrecen no son infinitas. La historia previa restringe las posibilidades futuras.

La evolución, por tanto, es *sucia*. Me quedaría satisfecho si, al concluir este libro, el lector se queda al menos con esta idea: *la evolución es sucia*. Y lo verdaderamente fascinante es que de esa suciedad han salido cosas maravillosas. Las plumas que cubrían el cuerpo de los dinosaurios, un plumón que les daba calor, acabaron convirtiéndose en las estructuras que permiten el vuelo majestuoso de las águilas. En un grupo de plantas, algunas hojas se especializaron para atraer a los polinizadores, adoptando diversas formas y colores, y hoy tenemos los pétalos hermosísimos de las distintas especies de orquídeas. Y así un largo etcétera.

Estos diseños casi perfectos y extremadamente sofisticados se presentan a veces como el resultado normal, *esperado*, de los procesos evolutivos, pero no siempre es así. Ya hemos hablado del nervio innecesariamente largo que recorre el cuello de la jirafa, e igualmente podríamos hablar de tantas otras estructuras que parecen estar mal diseñadas. Hasta el punto de que quizás estos diseños deficientes sean la norma general de la evolución, y los diseños perfectos sean la excepción; es difícil saberlo. Lo importante es que esta visión de conjunto demuestra que trayectorias aparentemente erráticas por el paisaje evolutivo han sido capaces de generar diversidad de formas, de colores, de estructuras, de soluciones; innumerables seres vivos a cuál más hermoso y sorprendente.

Y esto es, precisamente, lo que Stephen Gould llamaba *la pequeña broma* de la evolución: la prueba más sólida de la evolución reside en sus imperfecciones, no en los diseños *óptimos*. Las imperfecciones demuestran que no ha habido detrás ningún ingeniero, ningún mago sacando de su chistera nuevos trucos. Las imperfecciones manifiestan una historia previa que determina las opciones disponibles y explora nuevas soluciones; no serán necesariamente las soluciones óptimas, las *mejores*, pero son lo suficientemente buenas como para permitir que la vida siga adelante en ese nicho ecológico concreto. La evolución nunca construye un órgano partiendo de cero, no planifica el funcionamiento del sistema circulatorio como lo haría un experto en hidráulica, no conecta las neuronas como lo haría un ingeniero electrónico. Al contrario, está limitada por las imperfecciones y los fallos del pasado, y con esas herramientas tiene que salir adelante. El resultado final de esa exploración *a tientas* es el famoso árbol de la vida del que ya hemos hablado en varias ocasiones. Unas ramas se habrán quedado secas a mitad de camino; de los nudos interiores han salido otras que hoy forman la copa.

¿Se trata de un proceso ciego, imparable, totalmente aleatorio, *sin sentido*, cómo dice tantas veces el escéptico? De ningún modo. ¿Es un proceso perfecto, fruto de un diseño que se va construyendo de acuerdo a un plan pre-establecido, como responde otras tantas el creyente? En absoluto. Tal y como lo vemos hoy, el proceso evolutivo aparece como una larguísima cadena de sucesos que podrían haberse dado de otra forma, podrían haber seguido otros caminos, dentro de un marco delimitado, siguiendo unas reglas precisas y con su propia lógica interna. Por increíble que parezca, fruto de ese andar errático, a

tientas, gobernado por mecanismos puramente naturales y relativamente sencillos, la vida se ha abierto paso durante los últimos tres mil millones de años, superando todos los obstáculos que encontraba en su camino.

¿Se puede afirmar la autonomía de este proceso y defender a la vez la acción creadora de Dios? Si nos aferramos al dios-ingeniero-mago del diseño inteligente, me temo que se trata de una tarea imposible. En cambio, para el auténtico Dios que da sentido a todo y actúa de modos que no conocemos, no es ningún problema que la evolución sea un proceso puramente natural de exploración, repleto de casualidades. Para el verdadero creyente tampoco debería serlo.

8. EVOLUCIÓN DE LA MENTE

MI CUADRO FAVORITO DEL MUSEO DEL PRADO es un perro semi-hundido en la arena que Goya pintó en una de las paredes de la famosa Quinta del Sordo. Muchos visitantes pasan por delante de este cuadro sin prestarle mucha atención, pero tiene algo que me hace sentir una sensación muy especial, una mezcla de nostalgia y asombro, difícil de explicar con palabras. Nuestra subjetividad está llena de experiencias similares: el cosquilleo en la espalda al escuchar a Tchaikovsky, las lágrimas que saltan a los ojos al leer ese pasaje concreto de una novela o durante esa escena especialmente emocionante de una película... Todo eso, además, se inserta en un mundo interior, una historia personal que experimentamos como propia y única, una narración en primera persona que nos acompaña toda nuestra vida. Ese conjunto de experiencias se ha llamado de diversas formas: psiquismo, consciencia, mente; y es lo que hace de los humanos una especie muy peculiar en el planeta Tierra.

Una de las grandes preguntas que intenta resolver la ciencia en este siglo es, precisamente, cómo surge ese mundo interior. Está claro que el cerebro juega un papel fundamental, pero el problema es definir exactamente cuál es la relación entre la actividad cerebral y la mente. *Mente* suele definirse como el conjunto de fenómenos cognitivos y emocionales que constituyen el ser subjetivo de una persona, de ese sujeto concreto. No voy a repasar aquí todos los modelos que se han propuesto sobre la estructura de la mente, sino que me limitaré a resumir los principales componentes o módulos en los que coinciden la mayoría de los autores que han escrito sobre el tema.

De modo muy esquemático, podemos decir que la mente humana se apoya sobre siete grandes pilares cognitivos; la peculiar integración de todos ellos es lo que nos hace ser una especie con unas características muy concretas. Estos módulos fundamentales incluyen la capacidad de *meternos en la cabeza* de nuestros semejantes, hacernos cargo de una situación desde el punto de vista de otro, *leer* su mente; lo cual hace posible desarrollar estrategias muy singulares de imitación y aprendizaje. Tenemos también un tipo de creatividad muy especial, ya que podemos planificar acciones futuras e imaginar situaciones —o incluso mundos— que no están presentes ahora, y quizás nunca lleguen a existir. Poseemos además un control muy fino sobre ciertos movimientos (especialmente de las manos). Junto con esto, está esa increíble capacidad de compartir

una misma intención, cooperar para alcanzar un fin común e imponer normas de comportamiento que afecten a todo un grupo. Lo cual, evidentemente, exige un modo de comunicación simbólica único, flexible y altamente sofisticado, el lenguaje humano.

¿Cómo contribuye el cerebro a construir todo ese *mundo*? El filósofo David Chalmers, hace más de veinte años, se refirió a esta cuestión como el problema *difícil* de la consciencia, en contraposición a los problemas supuestamente *fáciles*. Estos últimos — los fáciles— serían cuestiones más definidas: qué patrones de actividad cerebral sustentan una capacidad mental concreta, qué circuitos se activan al percibir ciertas sensaciones, cómo funciona la memoria, cómo se integra la información de distintos sistemas cognitivos, etcétera. El problema *duro*, el difícil, sería explicar cómo todo ese conjunto coordinado de estados cerebrales da lugar a una experiencia subjetiva, a ese *yo* que vive en primera persona sensaciones sublimes que resulta tan difícil explicar con palabras. Porque, a fin de cuentas, saber cómo funcionan los mecanismos de una experiencia no es lo mismo que *tener* la experiencia.

Como es lógico, el tema genera un intenso debate y la literatura en torno a él es abundantísima, así que ni siquiera voy a intentar resumirla en estas breves pinceladas. Hay pensadores para los que el problema *difícil* ni siquiera existe, y los problemas realmente difíciles son los que parecen fáciles. Para otros, se trata de una cuestión que ni la neurociencia, ni la filosofía, ni la combinación de ambas podrá nunca resolver satisfactoriamente.

¿Llegaremos algún día a tener un mapa de cada posible estado mental con su correspondiente estado de actividad cerebral? ¿Será eso suficiente para explicar los fenómenos subjetivos de consciencia? Existe un acuerdo casi unánime en que cada uno de los fenómenos que constituyen la mente se apoya en sustratos neurológicos concretos (patrones de actividad en circuitos específicos del cerebro); si esos patrones de actividad son *suficientes* para generar el estado mental subjetivo de consciencia, en cambio, es algo mucho más debatido. Resulta difícil aceptar que una masa de tejido nervioso, altamente desarrollado, sea el asiento de ese maravilloso mundo interior cuya riqueza nos asombra día tras día. Nos da cierto reparo caer en una visión tan materialista, porque de algún modo tenemos la intuición de que resulta insuficiente.

Pero la misma objeción podría plantearse en otros ámbitos: ¿cómo es posible que la mera sucesión de veintisiete letras, combinadas de modos diversos, den lugar a un poema que nos emociona hasta hacernos llorar; que unas cuerdas vibrando compongan nuestra música favorita; que unas manchas de pintura den forma al perro cuya cabeza asoma tras la arena en el cuadro de Goya? Desde un punto de vista no son más que eso: letras, vibraciones, manchas; pero en realidad son mucho *más*. Si logramos distinguir bien los niveles, los planos, podremos avanzar en la comprensión del problema. Si sólo fuésemos capaces de ver las manchas, sin alejarnos lo suficiente para poder contemplar el cuadro, haría falta un gran acto de fe para estar convencidos de que realmente hay un cuadro, y por tanto un pintor. Una pulga que cayese en la superficie del cuadro vería trazos, manchas, navegaría por el terreno y podría percibir los colores o los sabores y olores de la pintura, pero la imagen completa que da sentido a la obra queda

necesariamente fuera de su alcance. Y cuando digo *fuera* no me refiero a una cuestión de distancia porque, aunque la tomemos en la mano y nos alejemos lo suficiente para apreciar el cuadro completo, la pulga será incapaz de apreciar su belleza o tan siquiera ver cuadro alguno: sus sistemas visuales y cognitivos no lo permiten.

Esta es precisamente la situación en la que nos encontramos con respecto a la naturaleza. Vemos las manchas de esa evolución sucia que camina a tientas, y nada parece indicar que exista otro plano en el que tenga un significado. No podemos alejarnos lo suficiente para verlo, no podemos acceder a ese nivel; para eso tendríamos que adentrarnos en la mente divina.

No sé si algún día la neurociencia llegará a explicar satisfactoriamente la espiritualidad humana. A día de hoy parece improbable, pero no lo podemos descartar porque la historia reciente ha sido testigo de problemáticas similares. Uno de los padres fundadores de la Genética, William Bateson, creía inconcebible que un fenómeno tan fascinante y sofisticado como la herencia tuviese una base puramente material; que los genes (término que él mismo acuñó) no fuesen más que una *simple* molécula. Durante el debate suscitado en torno a esta cuestión llegó a escribir:

Suponer que las partículas de cromatina, indistinguibles entre sí y de hecho prácticamente homogéneas, puedan conferir por su naturaleza material todas las propiedades de la vida, sobrepasa los límites incluso del más convencido materialismo.

Cuarenta años después, Watson y Crick descubrieron la estructura del ADN y, como se suele decir, lo demás es historia. De modo que quizás algún día nuestro conocimiento de los procesos cerebrales llegue a ser tan profundo que se pueda vislumbrar una solución al problema *difícil* de la conciencia, y por supuesto también a los fáciles.

Como el lector habrá adivinado, la intención de este largo preámbulo es introducir el tema central que he venido mencionando repetidamente a lo largo de este libro. En realidad, todos los capítulos precedentes podrían considerarse una preparación para abordarlo. El tema es la evolución humana, que en el fondo se reduce al problema de la aparición de la mente humana, asiento de esa dimensión espiritual que se designa con la palabra *alma*. ¿Cómo han aparecido todos esos fenómenos mentales que acabamos de describir? ¿Ha sido un proceso puramente natural? ¿Ha intervenido Dios directamente de algún modo? Esta es, sin duda alguna, la principal piedra de tropiezo para el creyente que se enfrenta con el hecho evolutivo.

La enseñanza católica en este punto no entra en muchos detalles, pero suele resumirse con la afirmación un tanto genérica de que Dios ha *infundido el alma*, ha insuflado el aliento de vida mediante el cual los seres humanos adquieren esa dimensión espiritual. Cómo se interpretan esas expresiones es otra cuestión, ya que uno se encuentra con opiniones variadas. En 1950, Pío XII escribió —en el famoso punto 29 de la encíclica *Humani Generis*— que «las almas son creadas directamente por Dios». Pero cuarenta años después, en el Catecismo de Iglesia Católica, leemos que «alma significa el principio espiritual en el hombre». ¿Es esa dimensión espiritual equiparable a los fenómenos cognitivos y emocionales que constituyen el ser subjetivo de una persona, su mente? ¿Cómo ha creado Dios *directamente* eso?

Un punto crucial para responder a estas preguntas es la correcta comprensión de la relación entre materia y espíritu. Con demasiada frecuencia se ha acudido a la *solución* un tanto ingenua de decir que “la evolución crea el cuerpo y Dios crea el alma”. Pero esto no deja satisfecho a nadie que se tome realmente en serio el ser humano como una unidad personal. En este sentido, Joseph Ratzinger, en el escrito antes citado, propone considerar la materia como «un momento en la historia del espíritu». Bajo ese punto de vista, se puede sostener a la vez que el espíritu ha sido creado por Dios pero que —al mismo tiempo— haya aparecido bajo la forma de evolución. «Si hay algo que no podemos representarnos como una actividad artesanal por parte de Dios» —según Ratzinger— «es la creación del espíritu. Si creación es equivalente a dependencia del ser, creación especial es dependencia especial». Desde esta perspectiva, podemos volver ahora sobre aquella idea que incoé en el primer capítulo de este libro, la noción de que es imposible comprender el modo divino de actuar; anclados en esa convicción, se difuminan muchas de las barreras que nos impiden aceptar que Dios estaba creando mientras la evolución daba origen al ser humano. El problema es que esto exige una fe fuerte, profunda, un salto que no siempre es fácil dar. Porque implica aceptar que procesos puramente naturales dieron forma a ese cerebro tan especial, con una actividad tan sofisticada que es capaz de sustentar el espíritu humano.

Llegados a este punto, por tanto, parece llegado el momento de preguntarse por la historia evolutiva de esos módulos mentales típicamente humanos y de los circuitos cerebrales en que residen. Para responder esa pregunta, lo más obvio es mirar qué sucede en el resto de los animales, especialmente en aquellos que muestran comportamientos más cercanos a los del ser humano. Lo primero que llama la atención es que los sustratos neurológicos sobre los que emerge la consciencia están ya presentes en muchas ramas del reino animal, pero especialmente en los cerebros de vertebrados, desde formas más primitivas en reptiles y pájaros hasta configuraciones mucho más elaboradas en mamíferos y primates.

Lo cual lleva necesariamente a formular la pregunta en sentido contrario: si esos circuitos cerebrales están ya presentes en otros animales, quizás ellos también poseen una forma más rudimentaria de mente, o ciertos estados de consciencia. Por desgracia, esto no es nada fácil de comprobar porque los animales no poseen un lenguaje con el que puedan explicarnos qué está pasando por su mente. Ya Wittgenstein había dicho que, si un león pudiese hablar, no le entenderíamos porque el tipo de experiencia subjetiva que pueda tener nos resulta totalmente ajeno. Y en 1974 Thomas Nagel ahondó en este problema en un famoso artículo titulado “¿Qué se siente al ser un murciélago?”, llegando a la conclusión de que nunca lo podremos saber con certeza.

En cualquier caso, durante las últimas décadas los científicos han dedicado muchos esfuerzos a intentar adentrarse en la cognición animal y en los sustratos cerebrales que la sustentan. Lo que tradicionalmente se había llamado *etología*, o estudio del comportamiento animal, ha dado lugar en nuestros días a la disciplina científica conocida como *cognición evolutiva*, cuyas técnicas experimentales cubren todo el espectro que va desde la psicología a la neurociencia comparada. Una vez más he de

pedir al lector que se contente con un resumen rápido de la ingente cantidad de datos generados en este campo en los últimos años; aquellos que estén interesados en profundizar algo más en este terreno tienen a su disposición magníficas obras de divulgación y gran cantidad de material disponible en internet, por ejemplo, una charla TED a cargo de Frans de Waal, una de las figuras más destacada este campo. Este mismo investigador ha escrito varios libros en los que cuenta sus años de experiencia analizando el comportamiento de chimpancés y de otros animales, cuya lectura resulta fascinante. Veamos algunos ejemplos.

Enfrentados a diversos test que exploran tareas como la memoria o el aprendizaje del uso de herramientas, los chimpancés responden al mismo nivel que un niño de dos años y medio. Estos mismos simios (y también las abejas, como se ha demostrado recientemente) tienen una gran habilidad para el reconocimiento de caras (no caras humanas, claro, sino las de sus congéneres). En cambio, cuando se trata de desarrollar habilidades sociales, como aprender de otros o seguir sus indicaciones gestuales, los niños claramente superan a los simios. Aun así, los babuinos (un tipo de mono africano) viven en colonias numerosas y establecen una jerarquía social bastante elaborada, de tipo matrilineal y con castas muy bien delimitadas. Esa organización social implica reconocer a cada miembro de la colonia por su cara, su voz o su olor; incluso son capaces de predecir cómo se comportarán los demás miembros de la colonia según el lugar que ocupan en la jerarquía, aunque su apariencia física haya cambiado. Esta inteligencia social está gobernada por reglas de comportamiento, y lo llamativo es que se llega a establecer incluso en ausencia de lenguaje.

En uno de los videos que más triunfan entre mis alumnos, aparecen dos chimpancés que deben tirar, a la vez, cada uno de una cuerda para acercar una bandeja con comida. Cuando uno de ellos había sido alimentado previamente y muestra escaso interés en la tarea, su hambriento compañero le toca el hombro y le anima a seguir ayudando. Estas formas básicas de cooperación son imprescindibles para hacer posible la vida social característica de comunidades humanas, mucho más elaborada. El conocido psicólogo Michael Tomasello, que ha comparado durante años el comportamiento de simios y niños, ha llegado a la conclusión de que nuestra especie es la única capaz de compartir una intención para conseguir un objetivo común; «es inconcebible que veamos algún día dos chimpancés llevando un tronco». Aun así, comprender a fondo la cooperación en animales y conocer los sustratos neuronales que la hacen posible puede servir de guía para entender cómo ha aparecido la capacidad humana de ayuda mutua, muchas veces desinteresada.

De hecho, resulta poco creíble que la extraordinaria habilidad para la cooperación que tienen los humanos haya aparecido *de la nada*, porque se encuentran formas de cooperación bastante notables en muchos animales. El comportamiento auténticamente cooperativo (no la mera coordinación social de un rebaño de ovejas), requiere entender la intención (no puedo cooperar con alguien si no sé lo que quiere) y predecir qué va a hacer el otro, para así dirigir la propia conducta hacia la consecución del objetivo común. Puede parecer sencillo, pero los niños tardan meses en conseguirlo: los estudios llevados

a cabo demuestran que los niños entienden la intención de otro entre los doce y los dieciocho meses de edad. Eso sí, ya a esas edades ofrecen ayuda de manera espontánea y desinteresada en un rango amplio de situaciones, algo que no sucede en chimpancés.

En su último libro (por ahora), Frans de Waal cuenta la historia de Lisala, una chimpancé que vive en una reserva cerca de Kinshasa. Un día, una investigadora observó que Lisala tomaba del suelo una roca de unos cinco kilos y se la subía a los hombros, llevando al mismo tiempo a una cría colgada de su espalda. Caminó así durante diez minutos, haciendo tan sólo una pausa en un sitio donde dejó la piedra, recogió del suelo unas nueces de palma, volvió a tomar la piedra y siguió su camino. Al llegar a su destino, una gran superficie de roca dura, dejó sobre ella la piedra (y la cría) y se puso a romper las nueces con la piedra, usándola como martillo contra la gran roca del suelo. Es difícil explicar este comportamiento sin admitir una capacidad bastante notable de planificar acciones, imaginar algo que va a suceder en un lugar alejado usando una herramienta para procesar un alimento que todavía hay que encontrar. Cuando se puso en marcha, Lisala tenía en mente todo lo que se proponía hacer. Esta habilidad para el *viaje mental*, como suele denominarse, no comienza a desarrollarse en bebés humanos hasta los seis meses de edad; según los experimentos realizados, sólo alrededor de los veintitrés meses los niños comienzan a prever actividades futuras basándose en experiencias pasadas.

Otro elemento fundamental para la vida social es la *empatía*, adivinar lo que otros quieren o necesitan, para ayudarles en ese empeño; o apreciar si sufren, para ofrecer consuelo. Entre los chimpancés, por ejemplo, es común que tras una pelea alguno acuda a consolar al que ha salido peor parado. Pero en el reino animal hay abundantes ejemplos que recuerdan esta capacidad de adoptar un “punto de vista empático”, algunos bastante espectaculares en simios, elefantes o delfines. Una buena muestra de ello es el documental titulado *Spy in the Wild*, en el que robots extraordinariamente bien camuflados, con cámaras en los ojos, registran el comportamiento normal, diario, de diversos animales. Una escena recoge el comportamiento de una colonia de langures (unos monos que viven en Asia) cuando una cría-robot de langur aparece una mañana “muerta” en medio de la colonia. Las grabaciones muestran las reacciones del resto: rodean el cadáver, alguna hembra lo toma en su regazo para comprobar si está vivo o no, otras crías se abrazan a sus madres, que parecen consolarlas. Los investigadores hablan de señales de duelo; quizás sea una exageración, o un modo de hablar analógico, pero está claro que el comportamiento empático típicamente humano tiene también raíces muy antiguas.

Frans de Waal también recoge ejemplos de chimpancés que engañan a otros para que no les arrebaten la comida que habían guardado en ciertos sitios; o hembras que resuelven conflictos al modo salomónico: partiendo en dos la rama por la que se peleaban dos chimpancés jóvenes y dándoles una mitad a cada uno; o machos que toman sobre su espalda la cría de una hembra que cojea. Y qué decir del sorprendente sentido de equidad de los monos capuchinos, como muestra gráficamente un experimento que este mismo científico presenta en una charla TED. En él se ve cómo una investigadora

ofrece recompensas a dos monos que están en jaulas separadas, pero claramente a la vista uno del otro. Para obtener la recompensa, cada mono debe entregar una piedrecilla a la investigadora; el problema es que uno de los monos recibe siempre una uva (las uvas les encantan), mientras el otro recibe una rodaja de pepino (no tan apetecible si eres un mono capuchino). Al ver el distinto trato que recibe, la reacción de este mono es sorprendente: le arroja el pepino a la investigadora, agita el plástico que le separa de las uvas, comprueba si su piedra tiene algún defecto, se enfada, protesta... sólo le falta gritar «no es justo, yo hago lo mismo que el otro y a él le das una uva mientras a mí me das ese pepino asqueroso». No lo puede decir con palabras, claro, aunque quizás esa sea su manera de expresarlo. En cualquier caso, el experimento demuestra que este fino sentido de lo que es justo está presente, al menos de forma rudimentaria, en un amplio abanico de primates no-humanos.

La idea que me gustaría transmitir, para concluir este capítulo, es que no podemos pensar que nuestra mente, espíritu, consciencia o alma es una cosa, una especie de *nubecilla*, una sustancia separada que hizo su aparición súbitamente sobre la superficie de la tierra con la aparición de los primeros seres humanos. Hoy en día es innegable que los sustratos neurológicos sobre los que se asienta la consciencia tienen una historia muy antigua en el reino animal. Lo cual tiene mucho sentido si recordamos que la evolución es exploración, búsqueda incansable de nuevas soluciones. En este contexto, no tiene nada de extraño que todas las habilidades cognitivas necesarias para la vida social, la cooperación, la empatía, la equidad, la planificación, el viaje mental, la fabricación de herramientas o la comunicación simbólica hayan sido *intentadas* repetidas veces a lo largo de la historia evolutiva.

El resultado de esas trayectorias es lo que vemos hoy en día en otros animales: un conato, un indicio, un rudimento de mente y de consciencia. En los humanos esto dio lugar a algo especial, porque de lo contrario los pájaros estarían escribiendo libros sobre Evolución o los chimpancés estarían discutiendo acerca del comportamiento de Frans de Waal. Algo sucedió en una trayectoria evolutiva concreta, de entre todas esas que intentaron desarrollar la consciencia. Recordemos la metáfora del paisaje, con todos los caminos que van tomando los recién llegados; nuestra especie representa la única trayectoria que llevó a un cerebro capaz de albergar la espiritualidad que nos caracteriza. ¿Sabemos cómo fue ese itinerario evolutivo? Buena pregunta; esta es, al fin, la última cuestión que hemos de intentar responder.

9. EL FENÓMENO HUMANO

DESDE HACE AÑOS DISFRUTO DE UNA CITA anual con los alumnos para visitar los yacimientos de la Sierra de Atapuerca y el Museo de la Evolución Humana de Burgos. En el Museo hay una pieza que llamó muchísimo mi atención la primera vez que la vi, porque se trata de la réplica de un hallazgo arqueológico bastante conocido: un fragmento de hueso de elefante, con la forma de la hoja de un cuchillo, que está grabado con varias líneas rectas paralelas. Parece fuera de toda duda que el diseño fue realizado intencionalmente, quizás con fines decorativos (algunos lo han interpretado como una forma de calendario); pero lo extraordinario es que el original, hallado en un yacimiento en Bilzingsleben, en Alemania, tiene una antigüedad de 350 000 a 400 000 años. En esa época, Europa estaba poblada por los ancestros de los neandertales, conocidos habitualmente como *Homo heidelbergensis*. Si estos pre-neandertales poseían ya una mente capaz de crear cierto tipo de arte, o elaborar representaciones abstractas relativamente sofisticadas, resulta difícil sostener que no eran humanos. De hecho, sus descendientes neandertales pintaron figuras geométricas en las paredes de grutas, como se ha demostrado recientemente en una cueva de Cantabria donde se han descubierto pinturas con una antigüedad de 65 000 años (unos 20 000 años antes de que los humanos modernos llegásemos a la península ibérica).

«El hombre vino al mundo silenciosamente», escribe Teilhard de Chardin en su libro *El Fenómeno Humano*. El famoso paleontólogo francés usa esta imagen para ilustrar el hecho de que es difícil —imposible, quizás— determinar con certeza quiénes fueron los primeros humanos, porque el único modo de saber si tenían una cognición calificable como humana es analizando el rastro que dejaron, es decir, su cultura. Y cuando encontramos ese rastro ya habrá transcurrido mucho tiempo, probablemente miles de años, desde su auténtico origen. Vemos el final de la rama del árbol, pero no los segmentos iniciales de esa rama después de separarse de todas las demás. Vemos el término de la trayectoria evolutiva, los últimos tramos de la subida a la colina de nuestro paisaje, pero no los primeros pasos de la ascensión. Como en tantas otras especies, una población periférica sometida a fuerzas concretas terminó desgajándose del gran grupo y acumuló modificaciones en sus sistemas de desarrollo embrionario mediante selección y deriva genética, junto con cambios más drásticos en su genoma; utilizó exaptaciones

para solventar nuevos obstáculos que se le iban presentando. Explorando, buscando, terminó convirtiéndose en la ramilla que hoy asoma en la copa del árbol. Pero la inmensa mayoría de esos *primeros pasos* permanecerán ocultos para siempre.

Por esta razón, es muy difícil deducir el tipo de cognición, de mente, de espiritualidad que poseían los autores de una cultura, porque las manifestaciones culturales van desarrollándose paulatinamente, de modo gradual. Esto es lógico, pero nos hace volver al problema de que entonces la mente, la espiritualidad, también habría aparecido gradualmente. Ya he insistido en que resulta poco productivo obsesionarse con el término *gradual*, pero en cualquier caso es importante tener en cuenta que los avances culturales siguen una dinámica propia y no siempre van necesariamente asociados a ganancias cognitivas de la misma magnitud. De hecho, los hombres de Cro-Magnon realizaron impresionantes pinturas rupestres hace 30 000 años, pero no componían sinfonías ni programaban computadoras; y sin embargo ya tenían un cerebro tan grande como el nuestro (algunos incluso más), exactamente con los mismos circuitos neuronales que los humanos del siglo XXI. El impresionante desarrollo cultural y tecnológico de los últimos milenios no se ha visto acompañado de ganancias equivalentes en la arquitectura de nuestros cerebros.

Cultura suele definirse como la transmisión diferencial y acumulativa de tradiciones típicas de grupos concretos, y sólo es posible generar una cultura si existen ciertas habilidades de imitación de lo que hacen otros y se reconoce el fin hacia el que se dirigen los demás miembros del grupo; si se puede compartir la atención y cooperar en tareas comunes; si hay una trama muy elaborada de relaciones sociales con normas de comportamiento, facilitada por una forma de comunicación simbólica sofisticada y una gran red semántica compartida. Por tanto, si los neandertales o los *Homo heidelbergensis* fueron capaces de crear cierto tipo de cultura, quizás poseían ya estas habilidades cognitivas, aunque no fuesen nuestros ancestros directos sino una ramilla colateral de nuestro árbol que terminó extinguiéndose. De igual modo, si *Homo erectus* desarrolló algo que podamos llamar cultura un millón de años antes, es posible que tuviese ya un cerebro capaz de sustentar una mente o espiritualidad humana, sin llegar a manifestarse con la riqueza del *Homo sapiens* actual.

Prometo que esta es la última vez que pido al lector que se fíe de mí y me permita resumir en unos pocos párrafos la ingente bibliografía escrita sobre el tema. Al fin y al cabo, para el propósito de este libro lo importante es el cuadro general que resulta de todas las investigaciones realizadas hasta la fecha. Realmente, el meollo del proceso de aparición del fenómeno humano podría resumirse en una sola frase: las circunstancias ecológicas en que vivían algunos homínidos africanos favorecieron nuevas formas de cooperación que requerían capacidades cognitivas nuevas y modos de comunicación más sofisticados. De los varios intentos de aceleración cognitiva que se dieron, uno cuajó mientras los demás se fueron quedando en el camino: en la mayoría –los monos y simios actuales– el avance fue limitado. En otros grupos, estas capacidades se desarrollaron en diverso grado durante los últimos tres millones de años; estos representan la gran diversidad de homínidos que nos presenta el registro fósil. De entre ellos, un linaje

evolutivo concreto experimentó una aceleración excepcional de las capacidades cognitivas; esa es la rama que incluye a todos los humanos modernos.

Veamos este largo proceso con algo más de detalle. El punto de partida fue un primate bípedo y encefalizado, es decir, un simio que caminaba habitualmente erguido y poseía un cerebro mayor de lo que correspondería a su tamaño corporal. El andar bípedo se consideraba tradicionalmente como un punto crucial y casi exclusivo del linaje evolutivo humano; en efecto, según la narrativa clásica las patas delanteras, al quedar libres, se convirtieron en manos y eso habría acelerado el desarrollo de la mente y la espiritualidad. Pero hoy sabemos que no existe una relación tan directa, porque en distintos lugares del planeta se han encontrado fósiles de primates que ya eran bípedos mucho antes de aparecer los primeros homínidos. Lo cual encaja muy bien con nuestro proceso exploratorio: quizás el bipedismo fue el primer paso dado por muchas de las trayectorias que discurrían por este paisaje evolutivo, una pre-adaptación que resultaría muy útil —más adelante— a alguno de estos grupos.

La segunda característica, como decía, fue la tendencia al aumento del tamaño del cerebro, eso que se conoce como *encefalización*. En los primates hay una correlación bastante clara entre el tamaño del cerebro y el número de individuos que conforman los grupos sociales de cada especie, por lo que muchos científicos piensan que la notable expansión cerebral de los primates se explica, precisamente, por la necesidad de desarrollar habilidades cognitivas capaces de gestionar redes sociales amplias. En este contexto, las circunstancias ambientales podrían haber jugado un papel determinante, porque se sabe que el clima estuvo sujeto a variaciones bastante drásticas durante el Pleistoceno (el periodo que va desde hace dos millones y medio de años hasta hace doce mil años, aproximadamente). Por tanto, en esta situación de clima cambiante, la facilidad para modificar los programas genéticos del desarrollo embrionario y generar cerebros cada vez más grandes e interconectados habría resultado una gran ventaja, una exaptación que realmente marcaría la diferencia. Dicho de otro modo, las necesidades de organización social y los nuevos dilemas de cooperación que dictaban los cambios climáticos sólo encontraron respuesta en grandes simios africanos que habían desarrollado la capacidad de andar erguidos y de aumentar la complejidad de sus cerebros.

Sin embargo, bipedismo y encefalización son la receta perfecta para el desastre. La biomecánica del andar bípedo provoca el estrechamiento de la pelvis, y por tanto del canal del parto. Lo cual, sumado a bebés con cerebros anormalmente grandes, conduce a partos difíciles, con una alta tasa de mortalidad. En las trayectorias evolutivas de chimpancés y grandes simios no se dio este conflicto: al no ser totalmente bípedos ni muy encefalizados, el canal del parto deja una gran holgura para el paso del feto. Muchos de los intentos evolutivos de la trayectoria humana —en cambio— probablemente fracasaron por este motivo. Sólo hubo una estrategia, una solución, una trayectoria que alcanzó esta pequeña —o no tan pequeña— cumbre: retrasar el periodo de mayor crecimiento del cerebro hasta después del parto. Esta modificación del programa de desarrollo embrionario en la línea humana, pequeña en apariencia, tuvo

consecuencias gigantescas derivadas del hecho de que los bebés nacen en un estado inusualmente inmaduro. Lo cual, como es lógico, supone un serio problema para la supervivencia del grupo. Como sucede tantas veces, lo que era una amenaza se convierte en la oportunidad de que lo inesperado haga su entrada en escena.

En efecto, la presencia de crías que tardan muchos meses en valerse por sí mismas, porque el crecimiento y maduración final de su cerebro se ha retrasado durante el embarazo, supone una serie de desafíos que solo se podrán superar mediante una organización social y unas formas de cooperación mucho más sofisticadas de lo que nunca se había visto antes en grandes simios. Una primera consecuencia de estos cambios fue la aparición de esa *infancia* inicial en la que las crías exigen especiales cuidados por parte de los padres y de otros miembros del núcleo familiar, como abuelos o tíos.

De hecho, el gran primatólogo japonés Tetsuro Matsuzawa, que ha dedicado muchos años a comparar la cognición de chimpancés y humanos, considera que la gran innovación que nos ha hecho humanos fue —por sorprendente que parezca— la postura *boca arriba* tan típica de los bebés de nuestra especie. En chimpancés y otros grandes simios, cualquier cría que se deja en el suelo boca arriba tiene el reflejo de ponerse boca abajo; en cambio, la posición característica de las crías humanas durante meses, hasta que empiezan a gatear, es la de estar tumbados boca arriba. Esa postura permite un tipo de interacción muy especial e intenso con la madre y con los otros miembros del grupo que se encargan de su cuidado. Esos primeros jardines de infancia supusieron un modo de estimulación cognitiva totalmente novedoso en el mundo de los primates.

En estos homínidos bípedos, encefalizados, con relaciones sociales complejas y modos de cooperación elaborados en los que las crías —estimuladas muy tempranamente— pasan por un largo proceso de maduración y aprendizaje, resultaría muy favorecida la transmisión de conocimientos y de habilidades mediante la imitación y la instrucción. Esto sería imprescindible, por ejemplo, para hacer posible los primeros avances tecnológicos, como la fabricación de herramientas de piedra. No sé si algún lector intrépido habrá intentado fabricar un hacha de piedra, pero no es tan sencillo como parece: requiere una destreza manual que ningún primate actual posee, además de que es necesario tener la imagen mental de la herramienta, aprender a fabricarla mirando cómo lo hace otro, corregir errores, innovar... En cualquier caso, los primeros *Homo* las hacían con bastante facilidad y obtenían además unas lascas finas, afiladas y cortantes que se desprenden con cada golpe; estas cuchillas les permitieron mejorar mucho el consumo de carne y el aporte de proteínas que requerían sus grandes cerebros.

Desde este punto de partida, en poco más de un millón de años se abrió camino una tecnología nueva llamada *achelense*, caracterizada por esas hachas grandes con forma de pera talladas por ambas caras. El homínido que las fabricaba, el *Homo erectus*, tuvo un éxito extraordinario: con un cerebro entre 800 y 1000 centímetros cúbicos (el nuestro actualmente tiene unos 1300) salió de África y se extendió por toda Eurasia en poco más de cien mil años, llegando incluso a colonizar islas remotas. Sus capacidades cognitivas eran desde luego muy avanzadas. Por ejemplo, estudios recientes han mostrado que los

circuitos cerebrales que se activan durante la fabricación de herramientas achelenses son los mismos que empleamos para actividades muy creativas como tocar el piano. El *Homo erectus* cuidaba de los enfermos, dominaba el fuego, enseñaba a fabricar herramientas y fue el primer homínido en experimentar una cierta explosión demográfica. Lo cual, para muchos investigadores, sugiere que poseía un sistema de comunicación simbólica sofisticado, un proto-lenguaje con campos semánticos bastante elaborados.

Esta fue, quizás, la última de las grandes exaptaciones o pre-adaptaciones de nuestra historia evolutiva. Muchos de los lectores conocen ese juego en que una persona debe conseguir que su equipo adivine el título de una película, pero sin hablar, sólo mediante gestos. Aparte de las risas que genera por algunas confusiones graciosas, la comunicación gestual funciona bastante bien; si además se acompaña de gruñidos o sonidos que imiten el trueno o el rugir de un león, hay pocas cosas que no se puedan *decir*. Una vez que se habían desarrollado los sustratos neurológicos de la comunicación gestual simbólica, el salto a un lenguaje extraordinariamente flexible, con sintaxis, gramática y un léxico complejo, estaba ya en camino.

«No me oirán decir algo parecido muy a menudo, pero considero que somos la única especie lingüística», escribe Frans de Waal. Y continúa: «Irónicamente, el inmenso esfuerzo que se ha hecho para encontrar lenguaje fuera de nuestra propia especie ha llevado a apreciar que la capacidad del lenguaje es algo muy especial». Entre otras cosas, requiere unos mecanismos de aprendizaje muy elaborados gracias a los cuales un niño de dos años es lingüísticamente muy superior a cualquier animal. Sabemos que la última reinvención de la humanidad tuvo lugar (en África, cómo no) hace 300 000 años. Cuando estos antepasados abandonan el continente doscientos mil años después, ya llevan consigo un lenguaje simbólico complejo y composicional, capaz de representar un número prácticamente ilimitado de significados. ¿Cómo se produjo esta innovación, quizás la última de las grandes novedades de nuestra trayectoria evolutiva?

El arqueólogo Steven Mithen propuso hace años un modelo de la mente humana conocido como el “modelo de la catedral”. Según este investigador, los pilares cognitivos que conforman la mente humana serían, en nuestros antepasados más antiguos, como las capillas que rodean el ábside de una catedral. Inicialmente, en los primeros homínidos, se encontrarían separadas entre sí por muros infranqueables. A medida que esos grupos mejoraban las estrategias de supervivencia y experimentaban un cierto aumento demográfico, se presentaban nuevas demandas sociales que sólo podían resolverse con una cognición más avanzada: aparecían nuevas capillas, o se ampliaban las existentes. Pero a llegar el *Homo sapiens* moderno sucedió algo especial, como si los muros que separaban esas capillas se hubiesen derrumbado por completo para dar lugar al gran espacio interior de la catedral.

Ese *derrumbamiento* es una metáfora de la fluidez cognitiva alcanzada en las últimas fases de nuestro transitar por el paisaje evolutivo, fruto de una nueva reestructuración de los procesos de desarrollo embrionario y fetal del cerebro. Entre otras innovaciones, se estableció lo que los investigadores denominan *bucle fonológico*, un tipo especial de

memoria que permite retener sonidos en la cabeza, jugar con ellos, imaginar palabras. Como resume magistralmente Francisco Aboitiz, fue la intensa y sofisticada vida social, junto con una cultura basada en la fabricación de herramientas y unas circunstancias ecológicas específicas, lo que seleccionó formas cada vez más complejas de vocalización y capacidad gestual; esta dinámica generó un círculo vicioso al consolidarse gradualmente el bucle fonológico, hasta alcanzar un cierto umbral tras el cual el proceso *explotaría* en nuestros ancestros recientes. El *Homo sapiens* anatómicamente moderno que sale de África hace cien mil años ya posee la increíble herramienta del lenguaje, y con él las historias junto al fuego, las tradiciones orales, la analogía, la metáfora, la capacidad de imaginar mundos...

Al final de toda esta exploración nos encontramos con algo extraordinario: la cultura se *externaliza*. Ya no es necesario que cada nueva generación reinvente todo desde cero, porque somos una especie caracterizada sobre todo por el aprendizaje. Con la infancia anormalmente larga, aparece también un espacio para la instrucción, la educación; gracias a esta estrategia, un nuevo miembro del grupo puede adquirir en poco tiempo los conocimientos y habilidades acumulados por el grupo durante muchos años. Y esto sienta las bases para que el progreso cultural sea cada vez más veloz.

Llegados a este punto, la evolución sufre una curiosa transformación: adquiere un carácter típicamente *lamarckiano*. Las innovaciones biológicas que hicieron posible la mente, alcanzadas con tanto esfuerzo por mecanismos biológicos, han dado lugar a un nuevo modo de evolución, la evolución cultural, capaz de avanzar a velocidades que serían inalcanzables por procesos puramente naturales. Todo lo que una generación aprende, lo transmite a la siguiente mediante la escritura y la tradición oral; ahora sí que los caracteres adquiridos se transmiten, gracias a la tecnología y la cultura.

En una milésima de segundo de la historia cósmica hemos transformado la superficie del planeta sin haber cambiado sustancialmente nuestra constitución genética. *Homo erectus* subsistió millón y medio de años gracias a una tecnología precaria, con tan solo un discreto aumento de su tamaño cerebral. Desde su irrupción en escena, el *Homo sapiens* moderno ha progresado desde las cuevas de Altamira hasta el iPhone sin ninguna modificación significativa de sus circuitos neurológicos. Simplemente, ya no es necesario; de hecho, nuestro cerebro se está haciendo más pequeño.

Hasta ahora no he mencionado nada relativo a los cambios genéticos que hicieron posible esa reestructuración del desarrollo cerebral en la evolución de los homínidos. No hay aquí lugar para ello, aunque los últimos años han sido testigos de algunos avances realmente espectaculares. Por ejemplo, se ha identificado en el genoma humano un *interruptor* genético que por sí mismo puede aumentar el tamaño del cerebro de ratones de laboratorio hasta un 12%. La versión de chimpancé de ese mismo interruptor, por el contrario, no surte ningún efecto a pesar de que sólo se distingue de la humana en diecisiete letras. Se han estudiado también algunas de aquellas duplicaciones de las que hablábamos en un capítulo anterior, con especial atención a las que están presentes únicamente en el genoma humano; algunas son también responsables de acelerar los procesos de desarrollo cerebral, e hicieron su aparición en nuestro genoma coincidiendo

con innovaciones cognitivas clave en los últimos dos millones de años. Y se ha visto que la versión moderna del famoso gen del lenguaje, llamado *FOXP2*, apareció al menos hace 200 000 años y estaba ya presente en nuestros primos neandertales. Y tantos cambios más, grandes y pequeños, la mayoría aún por descubrir, que fueron permitiendo a nuestra especie adentrarse por el paisaje evolutivo, generando trayectorias diversas.

Así, explorando a tientas, el hombre llegó al mundo sin hacer ruido, silenciosamente. Teilhard de Chardin fue el primero en utilizar el término *hominización* para designar este largo peregrinar, y tuvo también la magnífica intuición de compararlo con la infancia. Hablamos a menudo del *uso de razón* que alcanzan los niños en torno a los siete años. Parece que antes de esa edad aún no son totalmente racionales, y por eso no les exigimos responsabilidad moral; pero llega un momento en su vida en que adquieren esa capacidad de deliberar y decidir, y comienzan a construir su propia historia. De modo que un niño se hace *racional* y se convierte en un ser moral. Algo ha cambiado en esa mente, en los procesos cognitivos que la sustentan; el cambio ha ido fraguándose durante tiempo, pero ha llegado silenciosamente, sin hacer ruido. ¿Ha sido cuestión de horas, de días, de meses quizá? Es imposible precisarlo, pero los padres y educadores saben perfectamente que en ese niño está teniendo lugar una transformación.

De modo semejante, los últimos dos millones de años de evolución humana han sido esa infancia que preparaba el momento de nuestra irrupción final en la historia del cosmos. Es inútil buscar un instante preciso, y es muy probable que nunca lleguemos a saber los detalles exactos de lo que sucedió. La pregunta “¿quién fue exactamente el primer humano?” resulta irrelevante ya que es imposible responderla, como es imposible precisar el momento en el que un niño pierde la inocencia y se hace mayor. Cuando tenemos la seguridad de que el cambio se ha producido, porque vemos manifestaciones claras de ello, ya es tarde; el *primer* paso de esa transición tuvo lugar antes. Del mismo modo, cuando vemos los rastros de un comportamiento *humano*, ya han transcurrido miles de años de infancia en nuestro deambular evolutivo. Para el creyente, lo que de verdad importa es que si Dios ama a cada niño desde el primer instante de su existencia, mucho antes de alcanzar la racionalidad, también tuvo que amar de un modo particular, desde su inicio —sea cual sea— esa ramilla del árbol evolutivo; la única que, a su vez, sería capaz de conocerle y amarle, y llamarle de *Tú*.

10. EVOLUCIÓN, DIOS Y AZAR

EN UNA DE LAS HISTORIAS DEL FAMOSO cura-detective creado por G. K. Chesterton, el padre Brown hace un comentario que resulta fundamental para comprender todo lo dicho hasta ahora en este libro: «Lo que quiero decir es que estamos en el lado malo del tapiz. Lo que sucede aquí parece no tener ningún significado; tiene sentido en otro lugar».

La imagen empleada es bien conocida: cuando observamos por la parte de atrás uno de esos magníficos tapices antiguos que cuelgan en palacios reales, lo que vemos es un montón de pequeños nudos. Los hilos (cuerdas finas) que componen el tapiz han sido trenzados y anudados con gran habilidad; pero desde la parte posterior del tapiz —el lado malo— no vemos escena alguna. Es más, para alguien que no haya visto nunca el otro lado, o que no haya visto jamás un tapiz, resultará muy difícil concebir que pueda haber *algo* al otro lado, que todos esos nudos tengan en realidad algún sentido, que no estén ahí sin más, al azar. En tales circunstancias, aceptar eso exige dar un salto en el vacío, hacer un acto de fe.

Si al principio del libro pedía al creyente que tuviese una fe más profunda, y al escéptico que no estuviese tan seguro de tener todas las respuestas, ahora que se acerca el momento de concluir creo que ya podemos precisar mejor en qué consisten ese *fiarse* y ese *dudar*. Después del largo argumento que he ido desarrollando en las páginas precedentes, espero haber mostrado cuál debería ser el contenido del auténtico acto de fe: creer que toda la historia cósmica tiene un sentido. Habitualmente no *vemos* ese sentido, pero este no es el problema; el auténtico problema es que, de hecho, nunca lo veremos claramente mientras estemos inmersos en las cuatro dimensiones de nuestra existencia material. Estamos capacitados para buscarlo, pero no para percibirlo en toda su plenitud.

Cuanto más observamos el universo, más nudos encontramos; muchos y muy sofisticados, pero nudos. Y el gran descubrimiento de la ciencia moderna es, precisamente, que los hilos tienen la increíble propiedad de que se atan *por sí mismos*. El gran logro de la evolución biológica fue dar paso a un tipo de cognición, una mente, capaz de generar un sistema no-genético, no-biológico, de progreso rápido, basado en la transmisión del saber. A tientas, con un explorar errático, las fuerzas *puramente naturales* que hemos repasado brevemente —selección, deriva genética, exaptaciones,

ecología, reestructuración de programas de desarrollo embrionario— se desplegaron en infinidad de trayectorias que fueron ocupando llanuras, hondonadas y alturas del paisaje evolutivo. Una vez alcanzada la cumbre de la consciencia, se abrió un panorama nuevo, regido por otras reglas: las de la evolución cultural.

Es comprensible la inquietud del creyente y su reticencia a aceptar este relato. Si los nudos realmente se atan por sí mismos, entonces quizás no haya nadie anudándolos; y si no hay nadie, quizás ni siquiera haya escena alguna que contemplar al otro lado. De ahí el esfuerzo por *ver* en alguno de los nudos *la mano* del artífice, su acción *directa*. Pero se trata de un esfuerzo inútil, una estrategia equivocada; porque si encontrásemos esas huellas entonces habríamos dado con un artífice humano, quizás un gran experto en nudos, pero —al fin y al cabo— alguien como cualquiera de nosotros. El artífice auténticamente divino, si realmente merece ese adjetivo, debería ser capaz de dar la existencia a unas cuerdas que irán anudándose por sí solas hasta formar —sin saber muy bien cómo— la escena del otro lado.

En todo caso, lo que sí podemos ver con nitidez son las cuerdas moviéndose y generando infinidad de nudos, desde un lazo sencillo hasta un elegante as de guía. Y este es también el hecho crucial que el escéptico debe aceptar como inexplicado: la presencia de unas cuerdillas con un dinamismo propio, en búsqueda constante, que generan ataduras; eso sí, sin un sentido claro, porque a menudo parecen moverse *al azar*.

Creo que en toda la historia del pensamiento no hay una palabra que haya sido tan mal empleada como la palabra *azar*. Aunque en la jerga propia de las matemáticas y la física tiene un significado bastante preciso, su uso en el lenguaje corriente implica algo muy distinto; y cuando se emplea para describir los procesos biológicos e históricos, invocar el azar resulta especialmente pernicioso. Ya lo vio con claridad Stephen Gould, el gran evolucionista del siglo XX y conocido escéptico de todo lo sobrenatural:

Los darwinistas hablamos de la variación genética, el primer paso, como *al azar*. Se trata de un término desafortunado, porque no queremos decir aleatorio en el sentido matemático de igualmente probable en todas las direcciones; simplemente queremos decir que la variación no tiene una orientación preferente.

Es decir, lo que quiere decir el darwinista es que, si comienza a hacer frío y resulta que tener una capa de lana más espesa ayuda a la supervivencia, no veremos aparecer mutaciones que promuevan la formación de más lana, y mucho menos *por azar*. Sería bonito, sería rápido, pero no es así como funciona la naturaleza. Lo hemos visto en el capítulo segundo y lo he repetido después con machacona insistencia: la naturaleza genera muchas variantes, explora numerosas posibilidades, *esperando* que alguna ellas conducirá a pelajes más favorables en las distintas condiciones climáticas que se vayan presentando. Pero eso no tiene nada que ver con el azar.

Recordemos a Chargaff cuando nos decía que la vida es la continua irrupción de lo que uno menos espera. Así sucede: una de las muchas posibilidades acaba abriéndose camino sin que sepamos muy bien por qué, puesto que no es la que habríamos esperado. Pero el hecho mismo de que sea inesperado ya quiere decir que detrás hay una *lógica*, unas reglas de juego según las cuales esperábamos otra solución y no esta. En definitiva —y esto es lo crucial— no se trata de algo totalmente *arbitrario*.

La evolución es el resultado de la tensión entre la variación genética y las exigencias de la selección natural, y ninguno de estos dos procesos es realmente aleatorio en el sentido preciso de la palabra. Los mecanismos de daño y subsiguiente reparación del ADN que dan lugar a la variación genética, por ejemplo, siguen unas reglas muy bien conocidas. El resultado es que algunas mutaciones son más probables que otras, luego no son *totalmente* aleatorias. Además, una misma mutación puede tener consecuencias muy distintas para el funcionamiento de la célula dependiendo de su situación concreta en el genoma, como saben muy bien los alumnos de Genética; podemos predecir cuáles van a ser esas consecuencias porque hay una lógica. La selección, ya lo hemos visto, sigue unas reglas bastante precisas que se describen mediante fórmulas matemáticas; de hecho, es el proceso menos aleatorio de toda la dinámica evolutiva. La misma deriva genética, impregnada de aleatoriedad, se mueve dentro de los límites marcados por la variación genética y podemos predecir su fuerza en función de las oscilaciones demográficas por las que atraviesa la población. Los cambios en las redes genéticas que controlan el desarrollo embrionario son cada vez mejor conocidos, y la nueva biología de sistemas se esfuerza por desentrañar la lógica que las gobierna. Y si hay unas reglas, si hay una lógica, la evolución no es algo totalmente arbitrario, algo inexplicable fruto del *puro azar*.

Creo que una de las mayores aportaciones que se podrían hacer a este debate sería proponer un término que sustituya *azar* para describir la dinámica de los cambios evolutivos. Por suerte, existe un vocablo bastante más adecuado que se emplea con frecuencia en la literatura científica; por desgracia, no ha llegado todavía a calar entre la gran masa de creyentes y de escépticos. La palabra es *contingencia*.

Un suceso es contingente cuando podría haber sucedido de otra manera, o no haber sucedido. Salimos de casa hacia el trabajo y nos encontramos en la calle con ese conocido que nos da una noticia; quizás ese encuentro inesperado cambie lo que nos proponíamos hacer esa mañana. Curioseamos por la estantería de la biblioteca y topamos por casualidad con ese manual del que alguien nos había hablado, pero que habíamos olvidado por completo. O eventos más trascendentes, que quizás hayan marcado nuestra vida de modo profundo porque nos han llevado a estudiar esa carrera, a compartir el resto de la vida con esa persona, a encontrar el trabajo que realmente nos apasiona... Cada vida es una historia de pequeños o grandes sucesos que podrían haber ocurrido de otra forma o momentos diferentes.

Al ser un modo de despliegue histórico, el proceso evolutivo está sujeto a esta misma dinámica plagada de casualidades. Un cambio climático, en una población de pájaros en un borde concreto de un bosque en particular, desencadena una trayectoria evolutiva que abre un nuevo abanico de posibilidades, al tiempo que cierra otros. Con cada bifurcación, con cada pequeña subida o bajada por nuestro paisaje, unas posibilidades quedan atrás y van apareciendo otras. El proceso está salpicado de contingencias, el futuro está por hacer y en cierto modo indeterminado. Pero es una contingencia restringida por los pasos dados con anterioridad y por la lógica que gobierna el paisaje. Cuando hablábamos de la evolución como exploración, búsqueda *sucia*, a tientas, una

forma de bricolaje... todo eso son imágenes para expresar el papel central de la contingencia en la dinámica evolutiva. Pero esas casualidades no son infinitas, se dan dentro de los límites del paisaje que transitamos.

D'Arcy Wentworth Thompson escribió en 1942 un monumental libro titulado *Sobre el Crecimiento y la Forma*, en el que recoge ejemplos de bellas estructuras naturales que se ajustan a las leyes de la física y las matemáticas. Si determinadas formas evolucionan repetidamente es porque algunas trayectorias llevan a esos lugares del paisaje con más facilidad. Stephen Gould, que escribió el prefacio a una de las ediciones del libro de Thompson, lo explica de modo elocuente: triángulos, paralelogramos y hexágonos aparecen con frecuencia en la naturaleza porque son las únicas figuras geométricas que rellenan completamente un espacio sin dejar huecos; la única curva que no cambia de forma a medida que crece es una espiral logarítmica, de ahí que la encontremos en muchos caparazones; un sistema espiral que aumenta de tamaño añadiendo elementos en el ápice, uno a uno, como en las caracolas de mar, da como resultado una serie de Fibonacci. Encontramos estas formas en la naturaleza con mucha más frecuencia que otras porque se ajustan mejor a ciertas leyes de la física, y favorecen por tanto la eficacia biológica de los organismos que las llevan. Esta conjunción entre las tendencias o restricciones generales y la contingencia de cada decisión concreta es lo que define realmente la evolución; y no guarda relación alguna con el *puro azar*.

Si la propia constitución física de la naturaleza hace que algunas formas hayan evolucionado repetidamente y otras nunca, que *soluciones* como la consciencia hayan sido *intentadas* en numerosas ocasiones de la historia natural del planeta, parece claro que esas casualidades no son totalmente arbitrarias. Sin embargo, en su esfuerzo por eliminar de la naturaleza cualquier atisbo de sentido o de significado, Stephen Gould subrayó en exceso esta dimensión. En su libro *La vida maravillosa*, el gran paleontólogo toma como ejemplo la película del mismo nombre dirigida por Frank Capra, en la que el protagonista tiene la oportunidad de ver cómo habría sido su propio pueblo si él nunca hubiese nacido. Gould utiliza este símil para explicar un momento evolutivo crucial de nuestro planeta, conocido como la *explosión* del Cámbrico: un periodo de unos cuarenta millones de años en que la vida se diversificó enormemente y aparecieron los planes corporales que conocemos hoy en día, junto a muchos otros que desaparecieron en sucesivas extinciones. Narra Gould con maestría la historia del descubrimiento de los fósiles más representativos de dicha explosión de vida, para terminar con el golpe de efecto: si rebobinamos la cinta de la vida y volvemos a pulsar el *play*, el resultado final sería totalmente distinto. ¿Sobreviviría de nuevo un animal llamado *Pikaia*, ancestro de todos los que hoy poseemos columna vertebral, o habría quedado definitivamente en el olvido, y con él todos nosotros? Él estaba convencido de que el resultado de volver a dejar evolucionar la vida durante quinientos millones de años daría un planeta radicalmente distinto al que conocemos. Yo no estoy tan seguro.

Como es obvio, la cuestión cae en el terreno de la especulación; lo que sabemos a ciencia cierta es que muchas innovaciones evolutivas han sido alcanzadas repetidamente, muchas trayectorias han llevado por caminos diversos a un mismo pico. De hecho, si en

vez de remontarnos al Cámbrico fuésemos mucho más atrás, al origen de los primeros seres vivos, y dejásemos correr de nuevo la película, creo que el guion sería muy similar en los puntos centrales, siempre y cuando el planeta hubiese atravesado por las mismas condiciones ambientales. Las primeras formas de vida habrían sido seres unicelulares cuya única vía posible de innovación sería la multicelularidad; habrían aparecido animales cada vez mayores a medida que aumentaba la concentración de oxígeno y se instauraban dinámicas ecológicas entre presas y depredadores; habrían aparecido sistemas nerviosos y cerebros para cazar, escapar y camuflarse... con mucha probabilidad habría aparecido la mente.

Cantidad de *detalles* habrían sido distintos, sin duda, pero las líneas básicas serían las mismas, aunque hubiese llevado más tiempo (o menos). De no ser así, si realmente la vida y la consciencia son eventos únicos e irrepetibles en el universo, puras casualidades, no tiene mucho sentido buscarlos fuera de nuestro planeta. Los astrobiólogos encuentran cada vez mayor número de planetas con características similares a las de la Tierra (en tamaño, gravedad, densidad, temperatura, distancia a su sol...) y albergan la esperanza de que en alguno de ellos haya vida —al menos el tipo de vida que conocemos— y se haya desarrollado un tipo de inteligencia capaz de comunicarse con nosotros. Si damos por supuesto que esto fue una casualidad irrepetible, una chiripa, esta empresa tiene muy pocas probabilidades de éxito.

Yo no lo creo así; yo creo que nuestro universo de algún modo favorece la aparición de la vida y de la mente. Porque, en el fondo, las contingencias históricas cambian aspectos más o menos accidentales de la narración general, pero muy pocas veces la alteran por completo. Si *El candor del Padre Brown* no hubiese caído en mis manos *casualmente* un día concreto este capítulo no habría comenzado con la historia del tapiz, pero seguramente habría encontrado otra metáfora similar; o quizás habría leído esa novela en otro momento, lo cual es más plausible dada mi afición al autor. Si Darwin hubiese decidido —por *pura* casualidad— abrir las hojas del folleto que describía los experimentos de Mendel, quizás habría explicado su teoría de la selección natural e iniciado la Genética, nunca lo sabremos. Pero es muy posible que, aunque lo hubiese llegado a leer, no hubiera apreciado la relevancia de los experimentos con guisantes ni su posible relación con los mecanismos evolutivos, como le ocurrió a otros científicos de la época. Si Bateson no hubiese leído el trabajo de Mendel mientras se dirigía a dar una conferencia en la Sociedad Real de Horticultura de Londres —como sostiene la leyenda—, antes o después alguien habría descubierto las reglas de la herencia; de hecho, otros científicos estaban avanzando en esa dirección en esos mismos años, de modo que hoy podríamos no tener ni idea de quien fue Mendel, pero las leyes de la herencia serían las mismas. Si el famoso meteorito al que se atribuye la extinción de los dinosaurios hubiese pasado de largo hace sesenta y seis millones de años —se nos dice— hoy no estaríamos aquí, porque los mamíferos no habrían podido diversificarse y los primates no habrían llegado a evolucionar. Pero quizás, en ese caso, la consciencia habría aparecido en dinosaurios bípedos y muy encefalizados; si parece increíble que unos pequeños mamíferos con forma de roedor hayan dado lugar —millones de años después— a

primates bípedos con una mente capaz de generar cultura, ¿por qué no habría podido darse una trayectoria similar a partir de unos reptiles especialmente avanzados?

La pregunta que hemos intentado responder todo este tiempo, por tanto, puede reducirse a esta: ¿podemos aceptar la acción divina en el contexto de una historia evolutiva plagada de casualidades? Es más, ¿podemos aceptar que el desplegarse más o menos errático de esa historia, mediante sus propios mecanismos, constituye *precisamente* la acción creadora? Si la contingencia es indiscutible, si cierta impredecibilidad es real —y a nivel físico ciertamente lo es— Dios no puede ser responsable directo de cada uno de los pequeños sucesos materiales que componen la historia natural del planeta, de cada especiación, de cada fecundación, de cada extinción... Su actuar debe estar, necesariamente, en otro plano, en un nivel de causalidad que no podemos comprender.

Creo que es perfectamente posible sostener que las cuerdas del tapiz son *realmente* autónomas en su modo de operar y al mismo tiempo tener la convicción de que al otro lado está dibujándose una escena cada vez más maravillosa. Diferenciar bien estos dos planos es crucial para resolver el problema, pues de lo contrario el creyente se ve obligado a aceptar que Dios es también la causa directa de la muerte de niños inocentes. Porque la insistencia en que uno de los nudos es demasiado complicado para haberse anudado a sí mismo, y por tanto debe existir un dios-artífice que lo ha hecho, implica que ese mismo artífice habrá enlazado también esos otros nudos contrahechos y feos que dan a este lado del tapiz la apariencia de un gran océano de sinsentido.

De hecho, este es precisamente el gran atractivo que tiene, para los escépticos de lo divino, una evolución sucia y llena de contingencias: parece imposible concebir un Dios que se arriesgue a crear mediante una larguísima cadena de *casualidades*, de sucesos que podrían haber tenido lugar de otro modo. Y así, tanto el creyente como el escéptico terminan pecando de la misma falta de imaginación, porque no pueden ir más allá del pobre concepto de acción divina como algo semejante a lo que hace un artesano o un ingeniero que planifica cada detalle de su obra y la lleva a cabo *sin errores*. La irrupción de lo inesperado parece dejarnos a merced de un azar ciego y despiadado en el que nada tiene sentido. En el fondo, tanto unos como otros exigen como demostración última de la existencia del Creador la evidencia de un universo perfecto y acabado en todos sus detalles; en otras palabras, exigen ver *ya* el otro lado del tapiz.

Pero así sería muy fácil creer; es más, sería imposible no creer. Y este es el gran misterio que permea todo el universo material en que nos encontramos. ¿Por qué no estamos todos contemplando ya ese grandioso tapiz acabado, hecho de un solo golpe maestro por un artista de poder inigualable? ¿Por qué la necesidad de vislumbrarlo a través de cuerdas y nudos? A muchos, la respuesta tradicional les parece poco convincente, pero creo que es acertada. Desde la perspectiva del creyente, se podría formular así: a ese tapiz ya rematado y aparecido de golpe por obra del artista le faltaría todavía algo; de hecho, le faltaría lo más importante, eso que resulta realmente grandioso e inconcebible para una mente humana. A ese tapiz le faltaría el haberse hecho *a sí mismo*, mediante la acción de unas cuerdas que se buscan a tientas, sin saber qué escena

deben componer; sin saber siquiera que al otro lado hay una escena; pero que aun así, por caminos sucios, imperfectos y plagados de contingencias, van dibujando ese increíble cuadro.

La relevancia de esto es clara, porque entre todas las cualidades de las que carecería ese tapiz *perfecto*, hay una realmente especial, única: la existencia de unas cuerdas que tomaron conciencia de lo que estaba sucediendo y se preguntaron por primera vez si habría *algo* al otro lado. Unas cuerdecillas que llegaron a desarrollar una mente especial, y esa mente se convirtió en autoconsciencia y en espiritualidad, y se llamó a sí misma alma. Esos son los hilos que, por vez primera en la historia cósmica, comprendieron alguna de las reglas que gobiernan la formación de nudos e intentaron anudar estructuras más bellas, contribuyendo —muchas veces sin saberlo— al cuadro final del otro lado del tapiz.

Al final, esto es todo lo que podemos contemplar desde este lado. A algunos les parecerá poco; a mí me parece más que suficiente. Si todo fuese *puro* azar, no habría tapiz, ni nudos, sólo cuerdas deformes moviéndose sin fin para dar una maraña sin sentido; cuerdas cuya existencia misma resultaría inexplicable. En un mundo así sería imposible cualquier tipo de ciencia. En cambio, podemos hacer ciencia y lo que esta nos muestra es, precisamente, la existencia de unas cuerdas que se mueven siguiendo una lógica, unas reglas, junto a una indeterminación repleta de sucesos inesperados que llamamos *casualidades*. Esos movimientos dan lugar a nudos de muy diversas formas y tamaños; algunos muy bellos y sofisticados, otros más feos y deshilachados.

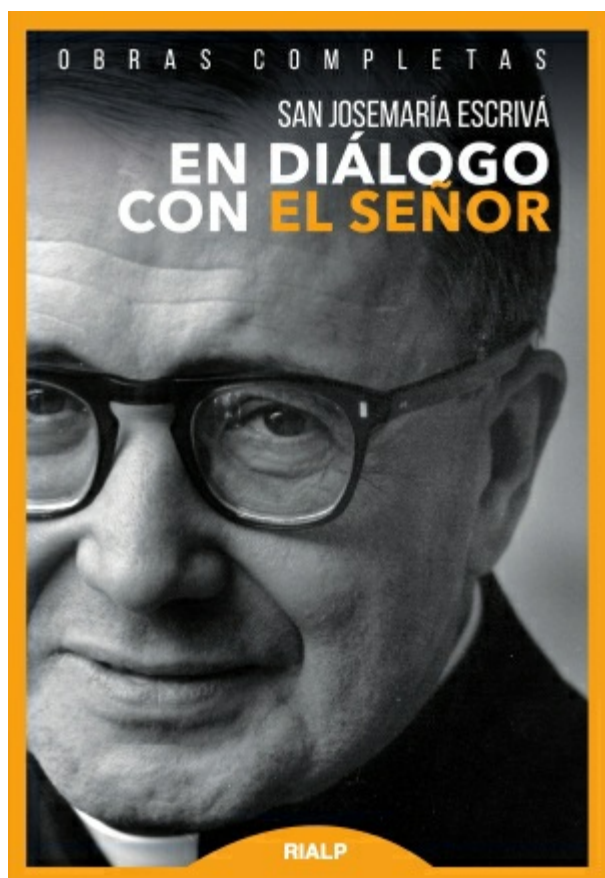
Llegados a este punto, le toca a cada uno decidir. El creyente ha de dar el salto último de fe: el *convencimiento* de que por la otra parte se está formando una imagen que dará sentido a este mar de nudos. El escéptico se ha de contentar con contemplar este lado renunciando a darle significado alguno, sin poder explicar tampoco por qué está ahí. En cualquier caso, a esta decisión se llega por caminos muy diversos; pero esos caminos no tienen nada que ver con la ciencia, y mucho menos con la evolución.

Me gustaría concluir, pues, retomando el discurso del capítulo inicial. Para esa mayoría de creyentes cuya fe en un Dios creador y providente resulta incompatible con la autonomía del proceso evolutivo, espero que estas reflexiones sean de ayuda y les muevan a replantearse el modo divino de actuar en el contexto de un universo que continúa avanzando hacia un futuro lleno de promesas.

Otros creyentes aseguran no tener ningún problema en aceptar la evolución: si Dios es la causa de *todo* —razonan— también será la causa de las mutaciones genéticas y de los cambios ambientales que han dirigido los procesos evolutivos. Parece una solución fácil, pero en realidad esa postura suele ocultar una gran contradicción. Si “ser causa de todo” se entiende como la causa *eficiente*, el principio que produce directamente un efecto, entonces Dios sería también la causa de cada muerte, de cada desastre natural, de todo mal. Si Dios es la causa eficiente de las mutaciones que han hecho posible la evolución, también es responsable directo de cada niño que nace con una enfermedad genética. No, ese modo de *ser causa* es el que corresponde, precisamente, a la naturaleza, que actúa de acuerdo con su propia lógica.

El modo de causar de Dios debe estar en un plano totalmente distinto que nos resulta incomprensible, y es lógico que sea así. Solo en ese plano podemos afirmar que Él es la causa de todo, que *interviene* constantemente en el mundo y en nuestras vidas. Si esto se entiende bien, no tiene lugar preguntarse si una mutación (quizás una de las que hicieron posible la aparición de la mente humana) fue causada *directamente* por Dios. Lo razonable es aceptar que esa mutación es el resultado directo de procesos naturales gobernados por sus propias dinámicas, llenas de indeterminación y de casualidades. Esta aceptación nos permitirá vislumbrar la auténtica acción creadora del Dios que lo sustenta todo, que está *detrás* de todo; el Dios que contempla ya el otro lado del tapiz y sonríe al comprobar que, por caminos y vericuetos inverosímiles, su Amor va cobrando forma.

Javier Novo es doctor en Medicina por la Universidad de Santiago de Compostela y catedrático de Genética en la Universidad de Navarra. Ha realizado estancias postdoctorales en Cambridge y Londres. Además de artículos de investigación, libros y capítulos de libros en las áreas de genética, bioinformática y genómica, ha escrito libros de divulgación científica (*Genes, microbios y células*, RBA 2011) y filosofía de la naturaleza (*Naturaleza Creativa*, Rialp 2018). Actualmente su investigación se centra en la evolución de las secuencias genéticas que controlan el desarrollo del cerebro.



En diálogo con el Señor

Escrivá de Balaguer, Josemaría

9788432148620

512 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Este volumen de las obras completas, primero de la serie Textos de la predicación oral, recoge el texto de veinticinco predicaciones de san Josemaría entre 1954 y 1975. Dirigidas en su momento a miembros del Opus Dei, sus palabras son ahora publicadas por primera vez para un público general, en el contexto de sus obras completas, para que "muchas otras personas —además de los fieles del Opus Dei— descubran una ayuda para tratar a Dios con confianza y afecto filial". Su título "manifiesta bien el contenido y finalidad de esta catequesis: ayudar a hacer oración personal", en palabras de Javier Echevarría. El estudio crítico-histórico ha sido llevado a cabo por Luis Cano, secretario del Instituto Histórico San Josemaría Escrivá de Balaguer y profesor de Historia de la Iglesia en el Istituto di Science Religiose all'Apollinare (Roma) y Francesc Castells i Puig, licenciado en Historia y doctor en Filosofía, y miembro del mismo Instituto.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

JOSÉ LUIS GONZÁLEZ GULLÓN

ESCONDIDOS

El Opus Dei en la zona republicana
durante la Guerra Civil española (1936-1939)



Escondidos

González Gullón, José Luis

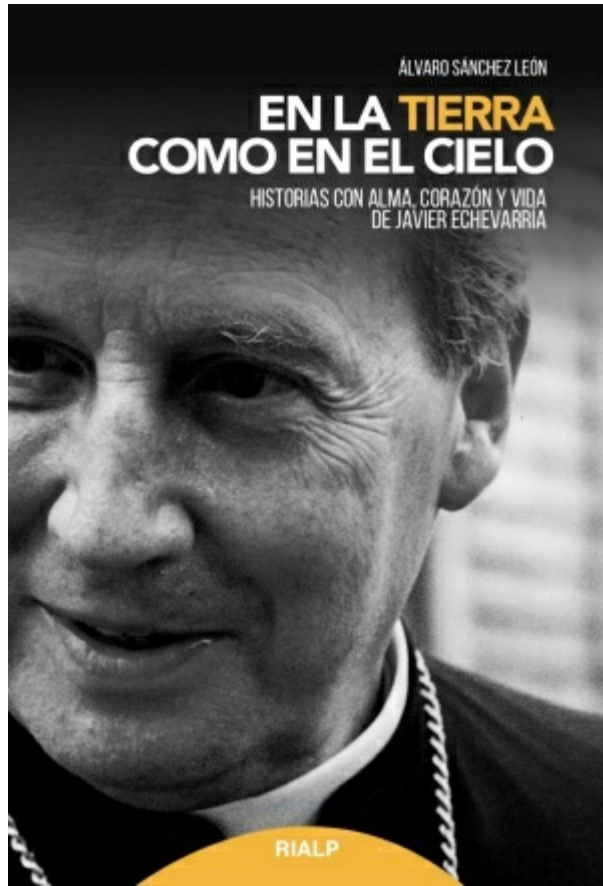
9788432149344

482 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

El inicio de la Guerra Civil española, en 1936, sorprendió al fundador del Opus Dei y a la mayoría de sus miembros en la zona republicana. Todos se escondieron para evitar la dura represión revolucionaria. Con el paso de los meses, los refugios y asilos dieron paso a las escapadas y expediciones. Gracias al desvelo de José María Escrivá, el Opus Dei sobrevivió en medio de la tragedia desencadenada por el conflicto armado.

[Cómpralo y empieza a leer](#)



En la tierra como en el cielo

Sánchez León, Álvaro

9788432149511

392 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

El 12 de diciembre de 2016 murió en Roma Javier Echevarría. Esa noche fue trending topic. Era el tercer hombre al frente del Opus Dei. A los 84 años, el obispo español dejaba la tierra después de sembrar a su alrededor una sensación como de cosas de cielo. Menos de 365 días después de su fallecimiento, 45 de las personas que más convivieron con él, hablan en directo de su alma, su corazón y su vida. Sin trampa ni cartón. Este libro no es una biografía, ni una semblanza, ni un perfil, ni un estudio histórico. No es, sobre todo, una hagiografía... Es un collage periodístico que ilustra, en visión panorámica, las claves de una buena persona, que se implicó en mejorar nuestro mundo contemporáneo.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

JACQUES PHILIPPE

*Si conocieras
el don de Dios*
Aprender a recibir



PATMOS
LIBROS DE ESPIRITUALIDAD

RIALP

Si conocieras el don de Dios

Philippe, Jacques

9788432147173

200 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

¡Si conocieras el don de Dios! Así se dirige Jesucristo a la mujer de Samaría, junto al pozo de Sicar. Quien conoce ese don, lo conoce todo. La existencia cristiana no consiste en realizar esfuerzos tensos e inquietos, sino en acoger el don de Dios. El cristianismo no es una religión del esfuerzo, sino de la gracia divina. Ser cristiano no es cumplir una lista de cosas que hay que hacer, sino acoger, mediante la fe, el don que se nos ofrece gratuitamente. Jacques Philippe, con ese telón de fondo, trata así de la apertura al Espíritu Santo, la oración, la libertad interior, la paz de corazón, etc., invitando a los lectores "a anticipar la Pentecostés de amor y misericordia que Dios desea derramar sobre nuestro mundo".

[Cómpralo y empieza a leer](#)

San Josemaría Escrivá de Balaguer

Amar al mundo apasionadamente

Con un Prólogo de Mons. Javier Echevarría
y un Análisis del Prof. Pedro Rodríguez



RIALP

Amar al mundo apasionadamente

Escrivá de Balaguer, Josemaría

9788432141812

80 Páginas

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Este libro es una edición especial de la célebre homilía predicada por San Josemaría Escrivá en el Campus de la Universidad de Navarra, en 1967. Se ha preparado con ocasión del 40º aniversario del día en que la pronunció. En esta edición, la homilía va precedida de un Prólogo de Mons. Javier Echevarría, Prelado del Opus Dei, y acompañada de un análisis del Prof. Pedro Rodríguez, que constituye una guía para su lectura actual. "El Fundador del Opus Dei preparó esa homilía con mucho interés (...), deseoso de llegar al corazón y a la mente de los que iban a escucharle en Pamplona. Ese texto, plenamente embebido de las enseñanzas del Concilio Vaticano II y del espíritu del Opus Dei, fue considerado por muchos comentaristas como la carta magna de los laicos (...). Esta homilía de San Josemaría no sólo conserva su frescura y fuerza originales, sino que se muestra más actual que nunca." (del Prólogo de Mons. Javier Echevarría). Desde 1968 se incluye este texto en Conversaciones con Mons. Escrivá de Balaguer.

[Cómpralo y empieza a leer](#)

Índice

PORTADA INTERIOR	2
CRÉDITOS	3
DEDICATORIA	4
CONTENIDO	5
1. «EL VATICANO NO ACEPTA LA EVOLUCIÓN»	6
2. LA EVOLUCIÓN NO FUNCIONA ASÍ	12
3. LA EVOLUCIÓN FUNCIONA ASÍ	17
4. LOS INESPERADOS BANDAZOS DE LA EVOLUCIÓN	23
5. LA EVOLUCIÓN DA SALTOS	29
6. EVOLUCIÓN A LO GRANDE	35
7. LA BROMA DE LA EVOLUCIÓN	41
8. EVOLUCIÓN DE LA MENTE	48
9. EL FENÓMENO HUMANO	55
10. EVOLUCIÓN, DIOS Y AZAR	62
AUTOR	70