Fe, Razón y la Historia de la Tierra

Un Paradigma de los Orígenes de la Tierra y de la Vida mediante un Diseño Inteligente

1a EDICIÓN

Leonard Brand
Arthur Chadwick

Fe, Razón y la Historia de la Tierra

Un Paradigma de los Orígenes de la Tierra y de la Vida mediante un Diseño Inteligente

1a EDICIÓN

Leonard Brand
Arthur Chadwick

UNIVERSIDAD ADVENTISTA DEL PLATA
EDITORIAL

Adventus

Esta obra se publica con el patrocinio y financiamiento del Faith and Science Council (IASD) y de la Universidad Adventista del Plata, y como aporte a la misión del Consorcio Editorial Universitario ADVENTUS

Título original en inglés: Brand, Leonard and Chadwick, Arthur. 2016. *Faith, Reason, & Earth History: A Paradigm of Earth and Biological Origins by Intelligent Design,* 3rd Ed., Berrien Springs, Michigan: Andrews University Press.

Edición: Marcos Paseggi, Roberto E. Biaggi

Traducción: Roberto E. Biaggi
Diseño de la cubierta: Roberto E. Biaggi
Foto de tapa: Leonard Brand, 2011

Primera edición digital en español.

ISBN: 978-987-765-060-0 (libro digital, PDF)

Catalogación:

Brand, Leonard, 1941–autor. | Chadwick, Arthur, autor.
Fe, razón y la historia de la tierra : un paradigma de los orígenes de la tierra y de la vida mediante un diseño inteligente / Leonard Brand; Arthur Chadwick. - 1a ed. - Libertador San Martín: Universidad Adventista del Plata, 2021.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
Traducción de: Roberto E. Biaggi
ISBN 978-987-765-060-0

1. Geociencias. 2. Paleontología. I. Chadwick, Arthur. II. Biaggi, Roberto, trad. III. Título.
CDD 560.9

Copyright © 2021 Editorial Universidad Adventista del Plata. Esta traducción autorizada se hace disponible en forma gratuita en formato digital (PDF) por su autor Leonard Brand quien autoriza su distribución y reproducción, y aprecia se cite adecuadamente.

Licencia CC BY-NC-SA 4.0 Internacional (Atribución-NoComercial-SinDerivadas)
Esta obra está licenciada bajo la Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visite http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/ o envíe una carta a Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA.

Editorial Universidad Adventista del Plata
25 de Mayo 99, Libertador San Martín,
E3103XAC Entre Ríos, Argentina
Teléfono: 54 343 4918000, Int. 1230
E-mail: editorial@uap.edu.ar
Web: editorial.uap.edu.ar

ISBN 978-987-765-060-0
9 789877 650600

Adventus

Contactos e información
www.adventus21.com

MIEMBROS DEL CONSORCIO EDITORIAL ADVENTUS

- **Corporación Universitaria Adventista**
  Medellín, Colombia — www.unac.edu.co
- **Instituto Tecnológico Superior Adventista del Ecuador**
  Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador — www.itsae.edu.ec
- **Instituto Universitario Adventista de Venezuela**
  Nirgua, Yaracuy, Venezuela — www.iunav.com
- **Seminario Teológico Adventista de Cuba**
  La Habana, Cuba — setac@enet.cu
- **Seminario Teológico Adventista Interamericano**
  Mayagüez, Puerto Rico, Estados Unidos — info@setac.edu
- **Universidad Adventista de Bolivia**
  Vinto, Cochabamba, Bolivia — www.uab.edu.bo
- **Universidad Adventista de Chile**
  Chillán, Chile — www.unach.cl
- **Universidad Adventista de las Antillas**
  Mayagüez, Puerto Rico, Estados Unidos — www.uaa.edu
- **Universidad Adventista del Paraguay**
  Asunción, Paraguay — www.unapy.edu.py
- **Universidad Adventista del Plata**
  Libertador San Martín, Entre Ríos, Argentina — www.uap.edu.ar
- **Universidad Adventista Dominicana**
  Sonador, Bonao, República Dominicana — www.unad.edu.do
- **Universidad de Montemorelos**
  Montemorelos, Nuevo León, México — www.um.edu.mx
- **Universidad de Navojoa**
  Navojoa, Sonora, México — www.unav.edu.mx
- **Universidad Linda Vista**
  Pueblo Nuevo, Solistahuacán, Chiapas, México — www.ulv.edu.mx
- **Universidad Peruana Unión**
  Ñaña, Lima, Perú — www.upeu.edu.pe

Contenidos

Prefacio …… vii

Capítulo 1
¿Qué es la ciencia? …… 1

Capítulo 2
El camino hacia el descubrimiento científico y sus limitaciones …… 15

Capítulo 3
Puntos culminantes en la historia de la ciencia ..…… 37

Capítulo 4
Para comprender la ciencia ….…… 58

Capítulo 5
El naturalismo y una alternativa …… 69

Capítulo 6
La relación entre la fe y la ciencia …… 95

Capítulo 7
El origen de la vida ……..…… 124

Capítulo 8
Microevolución y especiación ……..…… 148

Capítulo 9
¿Puede un creacionista aceptar el proceso de evolución? ……. 180

Capítulo 10
Desafíos a la macroevolución ……..…… 194

Capítulo 11
En defensa de la macroevolución y sus cicatrices …… 227

Capítulo 12
En defensa de la intervención informada …… 262

Capítulo 13
La sociobiología y la conducta altruista …… 304

Capítulo 14
El registro geológico …… 319

Capítulo 15
¿Por qué importa lo que creemos sobre el tiempo geológico? …… 370

Capítulo 16
Dos teorías geológicas …… 377

Capítulo 17
Evidencias de largos períodos …… 431

Capítulo 18
Evidencias de una geología de corta edad …… 462

Capítulo 19
La investigación y las predicciones …… 510

Capítulo 20
Conclusión: Fe, razón y la historia de la Tierra …… 526

Glosario …… 532

Bibliografía …… 543

Prefacio

Las siguientes páginas presentan una visión general de cómo opera el método científico. Esa comprensión luego se aplica a un análisis de los datos tanto de las ciencias biológicas como de la Tierra para ilustrar cómo piensa un científico creacionista. El libro bosqueja una interpretación de la historia de la Tierra que asume que existe un Creador. Muchos científicos alegan que una persona que cree en la creación sin duda no puede ser buen científico y que el creacionismo es incompatible con el método científico. Una tesis central de este libro es que un creacionista ciertamente puede ser un científico eficaz. Esta tesis se sustenta en la experiencia personal y por la observación de individuos que son creacionistas y además son científicos productivos.

El planteamiento que se sigue aquí está asimismo basado en la observación de que no es apropiado ni correcto caracterizar a los científicos no creacionistas como personas poco inteligentes o desinformadas que creen en una teoría ridícula. Ciertamente podemos diferir sobre cuestiones filosóficas importantes, pero los científicos no creacionistas que conocemos son individuos bien capacitados que pueden ofrecer muchas buenas evidencias en apoyo de su comprensión de la historia de la Tierra. En una visión alternativa de la historia de la Tierra, un enfoque constructivo debe concentrarse en un análisis cuidadoso de los datos y en el desarrollo de interpretaciones nuevas y creíbles de los datos. El conflicto no es entre la fe bíblica y la ciencia sino entre la fe bíblica y las principales interpretaciones actuales que sostiene la mayoría sobre la evidencia científica.

Durante los años transcurridos entre la publicación de la primera y segunda ediciones de este libro, han sucedido muchas cosas en la ciencia en general y en el estudio de los orígenes en particular. La biología molecular avanzó en varios frentes, lo que incluye la secuenciación de los genomas humanos y de muchos otros animales y plantas, y la creciente prominencia del campo de la epigenética. Nuevos descubrimientos de fósiles aumentaron la comprensión de las formas previas de vida. El movimiento del Diseño Inteligente se ha hecho de un conocimiento público mucho más amplio y se ha convertido en el centro de numerosas críticas por parte de los que objetan conceptos que requieran cualquier tipo de diseño en los orígenes. Nuestra propia investigación ha aportado conceptos que contribuyen a enriquecer esta edición.

Esta tercera edición sigue el mismo planteamiento básico de las ediciones previas. A pesar de ello, se actualizó y reorganizó una buena parte del libro, y la adición de un coautor con nuevas perspectivas resultó en mejoras importantes (mi padre siempre decía, “Dos cabezas piensan mejor que una”). Sin embargo, es imposible presentar una cobertura abarcadora y completa de las publicaciones en

todas las áreas de un tema tan amplio. Esta edición, como las anteriores, debería leerse como una introducción a una manera de pensar sobre los orígenes. Animamos al lector a profundizar en la lectura de las referencias que se enumeran en el libro y en las abundantes y crecientes publicaciones sobre los temas incluidos, de modo de continuar creciendo en una comprensión de ese fascinante esfuerzo de integrar la fe y la ciencia.

En este libro, a menudo usamos los términos "intervencionismo" e "intervención informada". Las reacciones de nuestros lectores indican que esos términos requieren una mayor explicación. En algunas ocasiones, se puede usar la palabra "creacionismo", pero usamos del término "intervencionismo" por un par de razones. La creación bíblica, en un sentido estricto, es lo que ocurrió al comienzo —el origen de las formas de vida y las características de la Tierra necesarias para mantener la vida. No obstante, mucho de lo que discuten los creacionistas trata sobre la historia de la Tierra y de la vida que ocurrió después de la creación inicial.

La intervención informada es más inclusiva: una visión de la historia que reconoce (1) el papel importante de la intervención inteligente en la historia, incluida la creación original; (2) intervención en la historia geológica; y (3) la comunicación de Dios con nosotros por medio de las Escrituras. Esa visión de la historia también trata con los cambios biológicos y geológicos que, a lo largo de los siglos, han sido el resultado de la operación de procesos físicos y biológicos normales, para producir una imagen unificada de la historia de la Tierra desde la creación. Tratar de incluir todo eso en el término "creación" es cómo incluir toda la teoría evolutiva y geológica en el término "abiogénesis". Una comunicación clara requiere palabras que no sean ambiguas. Por esta razón, nos referimos al planteamiento filosófico que se presenta aquí como intervencionismo.

Por sí mismo, el término no define la naturaleza de la intervención. Algunas personas pueden usar la palabra para incluir una variedad de interpretaciones, lo que incluye el concepto de un Dios que pone en marcha el universo y lo deja librado a su desarrollo, o la evolución teísta, o interpretaciones más literales de la Biblia. Usamos el término "intervencionismo" en referencia a una versión del concepto que refleja nuestra confianza en el relato literal de las Escrituras sobre los orígenes y la historia (Génesis 1-11).

El intervencionismo, como lo entendemos nosotros, también incluye la participación continua de Dios en el mantenimiento del universo. ¿Cómo lo hace? Una hipótesis favorita es que Dios mantiene continuamente la constancia de sus leyes de la química y la física para que el universo siga operando como fue planeado. Si él detuviera esa actividad de mantenimiento, todo el universo simplemente dejaría de existir. ¿Será que algún día Dios se cansará de esa actividad de mantenimiento y la detendrá por un tiempo antes de comenzar nuevamente desde donde se detuvo? Esa podría ser una posibilidad intrigante que

considerar, pero si ocurriese, nunca sabríamos la diferencia, e incluso no lo podríamos detectar con nuestra investigación científica. Por lo general, no nos concentramos en esa porción de mantenimiento de la actividad de Dios porque simplemente no sabemos nada sobre ello. Sin embargo, una parte significativa del intervencionismo es el reconocimiento de que Dios sostiene continuamente el universo y la vida.

En este punto se podría presentar una objeción, debido a una filosofía científica común que no acepta la existencia de ninguna intervención sobrenatural. Eso podría indicar que Dios no es capaz de interferir en el funcionamiento de ninguna parte del universo porque es algo que violaría las leyes de la naturaleza. Pero esa objeción se basa en una visión muy superficial de Dios y sus "leyes de la naturaleza," que nosotros sugerimos no existen por sí mismas, sino que son leyes que Dios inventó para el funcionamiento de su universo.

Muchos científicos insisten sobre el uso del naturalismo metodológico en la ciencia (la filosofía que no permite ninguna explicación sobrenatural para algún evento o proceso). ¿Pero sigue Dios en realidad esa regla? Además, ¿qué es un milagro? Discutiremos eso en el capítulo 5.

Existe una última razón para usar el término "intervencionismo". En la comunidad científica, los términos tales como "creación", "creacionista", y "creacionismo" han adquirido una connotación muy negativa, y eso no se debe simplemente a un desacuerdo sobre el concepto de creación. Para muchos, esas palabras evocan imágenes de batallas legales en las cortes sobre qué se debería enseñar en las clases de ciencia de los colegios secundarios, de debates, de ciencia realizada con poco esmero, y de comentarios sarcásticos y burlones sobre "esos evolucionistas". El término "intervención informada" (también "intervencionista" e "intervencionismo"), así como usamos el término, no incluye una agenda tan politizada. Nuestro blanco es discutir estas cuestiones de una manera que no divida a la gente con visiones diferentes, sino que use un enfoque que nos ayude a comprendernos mutuamente, si es que estamos dispuestos a ello.

En resumen, el intervencionismo es la comprensión de que, en algunas instancias, Dios intervino en la historia y que todavía interviene. Él creó un exhaustivo conjunto de leyes a las cuales nos referimos como "leyes de la naturaleza". Constantemente mantiene la operación inmutable de esas leyes para que el universo y la vida continúen su curso diario a lo largo del tiempo. El intervencionismo incluye la creación divina de la vida y del universo, y la participación sustentadora de Dios en la historia geológica y biológica desde la creación inicial. Los eventos de la historia ocurren normalmente a través de la operación de las leyes divinas de la naturaleza. Pero de tanto en tanto, Dios, como ser racional que puede tomar decisiones y actuar, realiza cosas que llamamos milagros. Los milagros parecen misteriosos porque entendemos todo el alcance de

sus leyes y no podemos captar la grandeza de Dios y las opciones que tiene a su disposición. Él no viola sus leyes, sino que las usa para alcanzar sus propósitos. Muchos milagros están asociados con las acciones de Dios entretanto hace frente el problema del pecado. Podemos trabajar como científicos, porque el obrar diario de la naturaleza sigue las leyes divinas de la naturaleza y podemos depender de ellas. Sin embargo, llegaremos a conclusiones equivocadas si no estamos dispuestos a aceptar que Dios interviene en ocasiones apropiadas, usando su poder para hacer eso que llamamos milagros.

Aceptar una creación bíblica literal no es negar la ciencia. En cambio, practicar la ciencia bajo la cosmovisión bíblica intervencionista explica mucho y conduce al descubrimiento de muchas cosas que otros pasaron por alto. Predecimos que esta cosmovisión eventualmente proveerá mejores explicaciones a medida que se descubran nuevas evidencias (especialmente relacionadas con el tiempo geológico y la evolución a gran escala), que forzarán una reinterpretación de elementos que ahora parecen contradecirla.

En cierta medida es un tanto peligroso publicar información como la que aparece en este libro, porque algunos podrían atribuirle más autoridad de la que merece. George McCready Price publicó libros sobre el creacionismo y la geología hace muchas décadas, y aún hoy hay personas que reaccionan a los desafíos de sus escritos como si se estuviera cuestionando la autoridad de la Biblia misma. Un libro, y este en particular, no tiene que ser usado para hallar “las respuestas.” Debe leerse tal como el pensamiento ilustrado de científicos experimentados sobre el tema en la actualidad. Cuando dispongamos de nueva información con el progreso y los cambios de la ciencia, parte de la información en este volumen deberá cambiarse.

Se da por sentado que el lector está familiarizado con los conceptos biológicos básicos, pero no se supone que haya un conocimiento previo de la geología. Un libro de este tipo no puede incluir un análisis completo o exhaustivo de la filosofía de la ciencia o de geología o de la biología evolutiva (es un libro, no una biblioteca). Nuestro propósito es incluir suficiente información sobre esos temas como una base para la discusión de las cuestiones y para ilustrar cómo se integran esos temas en un enfoque coherente de un paradigma intervencionista de la historia de la Tierra.

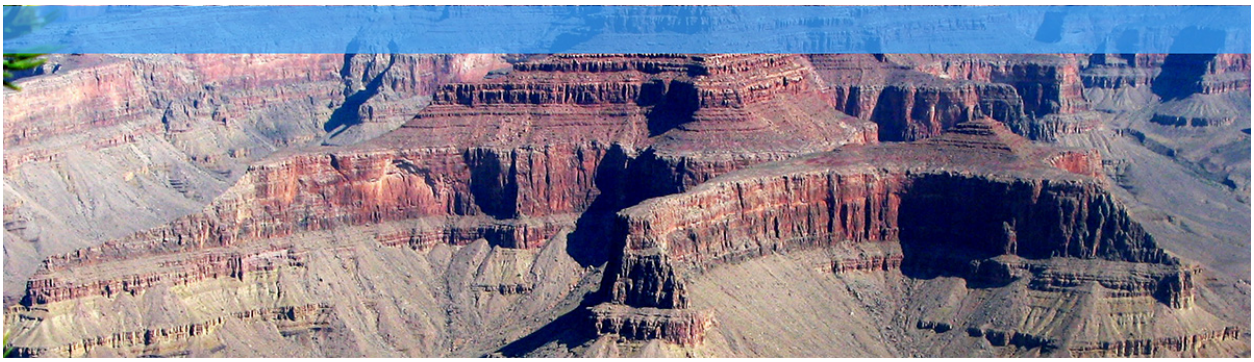
Muchos individuos contribuyeron al desarrollo de las ideas que contiene el libro, y sería imposible agradecerles a todos, o en muchos casos, recordar siquiera quién estuvo involucrado en muchas discusiones estimulantes en los pasillos o en reuniones que hemos tenido. Las preguntas de los alumnos en nuestras clases nos han desafiado a buscar mejores explicaciones, y las discusiones con otros amigos, especialmente con aquellos que no están de acuerdo con nosotros, en muchos casos aclararon algunas cuestiones. Las sugerencias de dos alumnos en particular, David

Nelsen y Matt MacLain, tuvieron un impacto sobre esta tercera edición. Las de otro alumno, Carl Person, aumentaron nuestra percepción del campo de la epigenética. Los siguientes individuos leyeron y analizaron críticamente todo o partes del manuscrito de esta edición o de las anteriores: Earl Aagaard, John Baldwin, Gerry Bryant, Brian Bull, David Cowles, Raoul Dederen, Matthias Dorn, Joseph Galusha, Jim Gibson, Thomas Goodwin, Lester Harris, James Hayward, George Javor, Phillip Johnson, Elaine Kennedy, Del Ratzsch, Arthur Shapiro, William Shea, Bernard Taylor, Lewis Walton, Clyde Webster, Kurt Wise y varios revisores anónimos. No siempre estuvieron de acuerdo con nuestro enfoque, pero todos contribuyeron a que este fuera un mejor libro.

Los siguientes son algunos de nuestros objetivos al escribir y actualizar este libro:

- Presentar una introducción detallada de un paradigma que combina la fe en las Escrituras con un respeto realista por el proceso científico
- Ayudar a los lectores a comprender la ciencia, incluso sus fortalezas y sus debilidades humanas
- Animar a los lectores a reconocer que la ciencia no es la única, ni necesariamente la mejor, herramienta para el aprendizaje sobre nuestro origen
- Animar a los creacionistas a respetar a los científicos y a ver el valor de los datos científicos, aun cuando podamos no estar de acuerdo con porciones significativas de la interpretación científica de la historia de la Tierra
- Reducir los destructivos ataques verbales y el sarcasmo de los cristianos hacia los científicos evolucionistas, animándolos a recordar que Dios ama y busca a todos, incluso a los científicos evolucionistas
- En última instancia, animar a los lectores a confiar en la Palabra de Dios, aun cuando no tengamos todas las respuestas a nuestras preguntas

Las ilustraciones de este libro, otras ilustraciones suplementarias y seis presentaciones en PowerPoint están disponibles (actualmente solo en inglés) para su uso en el dictado de clases o para presentaciones. Pueden consultarse en http://medicine.llu.edu/freh-illustrations. Cualquier uso de esos materiales debería dar crédito a *Fe, razón y la historia de la Tierra: Un paradigma de los orígenes de la Tierra y de la vida mediante un diseño inteligente*, tercera edición, por Leonard Brand y Arthur Chadwick. Copyright © 2016 por Andrews University Press. Adicionalmente el Dr. Brand preparó una serie de videos en los cuales explica algunos de los puntos sobresalientes que ha hecho en esta obra (actualmente solo en inglés). Se pueden acceder en el sitio del GRI (Geoscience Research Institute): https://www.grisda.org/audio-visual-media?album=6517045.



Capítulo 1

¿Qué es la ciencia?

Reseña

¿Ha visto alguna vez un animal que pele una fruta tan arrugada como una pasa de uva? Las ardillas listadas (*chipmunks*) lo hacen. Observé numerosas ardillitas listadas sentadas manipulando una pasa de uva con sus patitas. Cuando corren, dejan una pilita de cáscaras de pasa de uva donde estaban sentadas. Las ardillitas listadas son unas criaturas adorables para estudiar, pero ¿cuál es la diferencia entre observar lo que esas cositas preciosas hacen y un estudio científico? Para calificar como ciencia, las observaciones o experimentos deben realizarse de una manera planificada y sistemática, para que otros científicos puedan verificar el estudio repitiendo los experimentos o las observaciones para ver si los resultados terminan siendo los mismos. Las observaciones al azar no alcanzan. El estudio científico está diseñado para contestar una pregunta o poner a prueba una hipótesis. Puede ser que la investigación conteste la pregunta y simplemente lleve a otras preguntas que estudiar. La idea a estudiarse puede provenir de cualquier lado, pero debemos tener la capacidad de ponerla a prueba mediante el proceso científico. La ciencia, como la definimos, es una búsqueda sistemática de la verdad a través de la experimentación y la observación. Es un método poderoso para el descubrimiento, pero hay algunas limitaciones, como veremos. Algunas ideas o eventos no pueden estudiarse por medio de la ciencia (como los milagros de Jesús, o qué diseño de automóvil resulta más estético).

El impacto del darwinismo

La teoría de la evolución de Charles Darwin tuvo mucho éxito como buena teoría científica. Hace unas décadas, se publicó un artículo titulado "Nada en la biología tiene sentido excepto a la luz de la evolución".[1] Ese artículo ilustra la confianza de la comunidad científica en la teoría de la evolución y hasta qué punto ha sido exitosa para organizar y explicar un amplio rango de datos biológicos.

Las ardillas listadas proveen un ejemplo de ese éxito. Solo una especie, *Tamias striatus*, vive en la mitad este de los Estados Unidos, pero los estados del oeste tienen 22 especies de ardillas listadas (fig. 1.1).[2] ¿Por qué hay tantas especies en el oeste pero solo una en el este? La teoría de la evolución ofrece una respuesta. El oeste tiene una gran variedad de hábitats adecuados para las ardillas listadas, que incluyen matorrales densos, bosques semidesérticos de pinos *Pinyon*, bosques de pinos amarillos y bosques a gran altura de pinos *Lodgepole.* Muchos hábitats inadecuados tales como desiertos o llanuras de pastizales, separaron a pequeñas poblaciones de ardillas listadas en bolsones geográficos aislados. A medida que cada población se adaptó a su hábitat, algunas poblaciones se convirtieron en especies diferentes por medio de la selección natural. Sin embargo, en el este de Estados Unidos, el medioambiente boscoso original era relativamente uniforme, y existían pocas barreras naturales que aislaran pequeñas poblaciones de ardillas listadas para que produjeran nuevas especies. La evolución no solo provee explicaciones como esas sino que también sugiere experimentos para poner a prueba esas explicaciones. En muchos casos, la teoría predice exitosamente el resultado de los experimentos, dándole a los científicos gran confianza en la evolución.

Por casi 1900 años, la mayoría del mundo cristiano aceptó sin cuestionamiento el relato de la creación del libro de Génesis. Luego, en unas pocas décadas, Charles Darwin y sus colegas cambiaron todo eso. Para muchas personas actuales, la evolución es la única descripción válida para el origen de todos los seres vivos. ¿Cómo es que la teoría de Darwin tuvo tal impacto? ¿Ha hecho que la creencia del cristiano en un Diseñador Maestro sea insostenible, o será que se pasaron por alto algunos factores?.

La historia de la ciencia muestra que a veces aun teorías muy exitosas necesitan ser mejoradas o reemplazadas. Por lo tanto, es apropiado continuar examinando los fundamentos de la teoría evolutiva y formular preguntas difíciles.

Figura 1.1. Ilustración diagramática de la distribución de las especies de ardillas listadas (*chipmunks*) en los Estados Unidos. Cada símbolo está ubicado en el medio de la extensión geográfica específica de una especie. Ilustración de Leonard Brand.

¿Todas las partes de la teoría tienen buen respaldo científico? ¿Hemos pasado por alto o subestimado alguna evidencia importante? ¿Necesitamos corregir algunos aspectos de nuestra lógica? Si se conduce en forma apropiada, esa indagatoria beneficia tanto a la ciencia como a la religión. Debemos ser honestos con las incertidumbres en los datos y ser cuidadosos en distinguir entre los datos y la interpretación. Las siguientes páginas bosquejan un planteamiento de esas preguntas y otras similares que afirman la integridad del proceso científico a la vez que mantiene un contexto de fe. Debemos abordar la tarea con humildad y una mente abierta, y reconocer cuando los datos señalan hacia dimensiones de la realidad más allá de nuestra comprensión actual. Sobre todo, es esencial que nos tratemos mutuamente con respeto aun si no estamos de acuerdo en las cuestiones fundamentales.

El éxito de la ciencia estimuló la tendencia de creer cualquier cosa que ella afirme. Una comprensión tanto de las fortalezas como de las limitaciones de la ciencia nos permitirá relacionarnos con ella de manera más realista. En consecuencia, comenzaremos esta exploración examinando el proceso científico (capítulos 1 al 4) y comparando los enfoques convencionales e intervencionistas de la ciencia (capítulos 5 y 6). Luego aplicaremos nuestra comprensión del proceso científico a una comparación de diferentes teorías sobre los orígenes (capítulos 7 al

19). El capítulo final es un breve resumen de las cuestiones fundamentales cubiertas en el libro.

Una definición de ciencia

Se puede definir la ciencia como una búsqueda de la verdad a través de repetida experimentación y observación. En ese esfuerzo podemos reconocer dos partes: Primero, el contenido de la ciencia—las cosas que la ciencia aprende y el sistema de organizar ese conocimiento. Ciertamente esta es una parte importante de la ciencia. Pero si nos detenemos aquí, nos perdemos la parte más fascinante y valiosa—el proceso de buscar y descubrir algo nuevo. En los próximos capítulos, trataremos de comprender mejor ese proceso de descubrimiento.

El proceso científico: la búsqueda

En el proceso del descubrimiento, los científicos formulan hipótesis o teorías, recogen datos, conducen experimentos para poner a prueba las teorías, y desarrollan generalizaciones llamadas leyes científicas. Ese proceso de búsqueda científica tiene dos partes principales: (1) la recolección de datos y (2) la interpretación de los datos.

Todas las actividades de un científico pueden concentrarse en estas dos categorías. La recolección de datos es un paso absolutamente esencial en la ciencia. Puede ser apasionante, o también puede ser bastante rutinaria. A continuación, determinar qué significan los datos es el aspecto más creativo y gratificante de la investigación. Es el que abarca el ámbito de las ideas y de la aplicación de esas ideas para que los datos tengan sentido, y para formular un plan para continuar la búsqueda mediante la futura recolección de datos.

La ciencia se muestra bastante despreocupada, y diferentes personas abordan la recolección de datos y la interpretación de diferentes maneras. Al trabajar en los laboratorios y en los sitios de investigación de campo, la gente aprende a practicar la ciencia con científicos experimentados.[3]

Cuando el científico tiene una idea, se expresa como una pregunta que puede ser abordada con el método científico. Por ejemplo, al observar las ardillas, las escuchamos hacer un sonido. ¿Están comunicándose las ardillas? Y si fuera así, ¿qué están comunicando a otras ardillas? Si estamos en el desierto y vemos varios tipos de formaciones rocosas que contienen fósiles, nos podemos preguntar cómo se originaron esas rocas y los fósiles. ¿Cuál es el proceso por el cual llegaron allí? Luego de postular las preguntas, tratamos de determinar qué tipos de datos se

necesitan para contestarlas. A menudo se necesita desglosar una pregunta en otras preguntas más específicas.

¿Qué tipo de datos podría responder la pregunta sobre los chillidos de las ardillas? Ayudaría si por lo menos supiéramos bajo qué circunstancias se producen esos chillidos. Por ejemplo, ¿se dan esos chillidos cuando se acerca un depredador o cuando una ardilla vecina se acerca al lugar donde está almacenada la reserva de comida de la ardilla que chilla? Al observar las ardillas, anotamos todo lo relacionado con las circunstancias. Esos datos pueden comenzar a contestar nuestras preguntas. Las rocas y los fósiles son un poco más difíciles. No los podemos observar cuando se formaron, pero podemos observar qué ocurre hoy cuando los ríos, arroyos y las corrientes oceánicas depositan arena, barro u otros sedimentos. Podemos comparar esos procesos modernos (análogos modernos) con las características de las rocas para ver qué depósito es más similar a las rocas que estamos estudiando.

Imaginemos que somos arqueólogos que hemos descubierto varios trozos de vidrio rotos de una ruina antigua (fig. 1.2). Si somos honestos, no podemos argumentar con datos descriptivos como esos la forma o composición de los objetos. Esos hechos son datos objetivos, elementos que se pueden pesar, medir y definir por cualquiera con los mismos resultados. Pero no importa con cuánta fidelidad los midamos o pesemos, los datos siguen siendo pedazos de vidrio rotos. La investigación está incompleta hasta que podamos darle sentido a los datos por medio de la interpretación.

La interpretación implica examinar las relaciones entre los fragmentos de datos. En este caso, las relaciones necesitan expresarse en términos de cómo era el objeto y cómo se usaba. Probablemente no podríamos contestar esas preguntas directamente a partir de los datos, dado que esos solo nos dicen cómo son los trozos de vidrio roto. Debemos relacionarlos con lo que ya sabemos acerca de objetos similares y las teorías arqueológicas. Entonces podemos elaborar una hipótesis acerca de cómo era el objeto de vidrio (Fig. 1.3A). La interpretación no es un proceso objetivo. Debemos usar creatividad y la imaginación, pero no podemos permitir que se descontrolen. Los datos crean límites para nuestras hipótesis; los patrones de color deben tener sentido y las curvaturas de la reconstrucción deben estar de acuerdo con la forma de los trozos de vidrio. La posibilidad de objetividad se reduce por un par de otros factores. En la ciencia, los datos a menudo no son tan objetivos como la forma de un trozo de vidrio, y nuestra manera de describir los datos y los datos que recojamos por lo general se verán influidos por nuestras teorías.

Figura 1.2 Trozos de vidrio “descubiertos” por los arqueólogos. Ilustración de Leonard Brand.

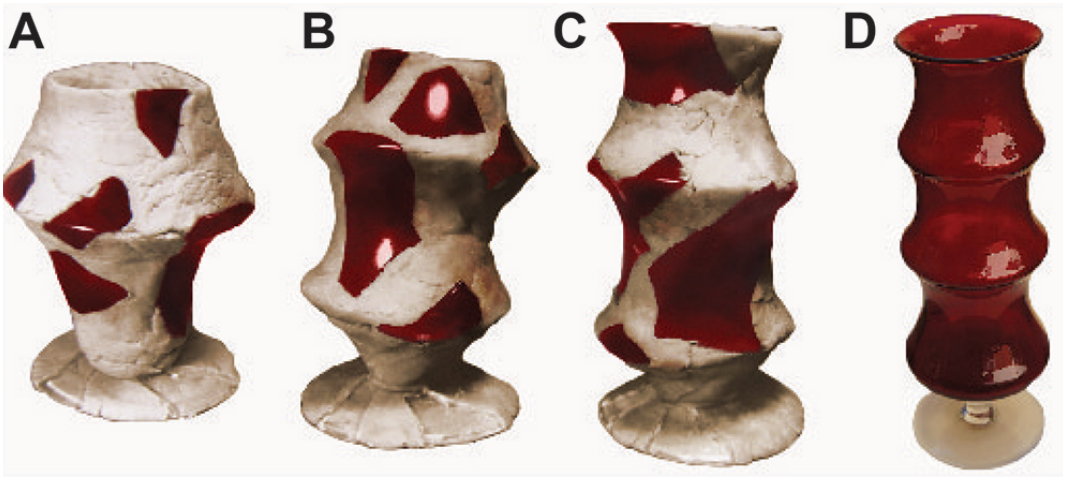


Figura 1.3. Hipótesis sobre la forma del jarrón (A, B, y C) y el jarrón original (D). Ilustración de Leonard Brand.

¿Es correcta nuestra hipótesis? ¿Cómo saberlo? Faltan muchos de los datos, así que no podemos estar seguros. Como sucede a menudo en la ciencia, otro científico puede mirar nuestra interpretación de los datos y decidir que no se hizo

correctamente, de manera que él o ella desarrolla otra hipótesis (Fig. 1.3B). Los jarrones rotos, tal como los rompecabezas, probablemente se arman solo de una manera. Sin embargo, si faltan la mayoría de las piezas, es probable que podamos arreglar las piezas restantes de diferentes maneras que parecen lógicas. Por esa razón, puede haber diferencias de opinión sobre nuestro objeto de vidrio. En la ciencia, especialmente en campos que se desarrollan rápidamente, es muy común que se escuchen diálogos interesantes entre personas que tienen diferentes interpretaciones. Pero en última instancia, lo que queremos saber es cuál hipótesis se acerca más a la correcta. ¿Cómo determinamos eso? La única manera es buscando más datos.

Tal vez tengamos éxito en nuestra búsqueda y encontremos otros pedazos de vidrio. Uno tiene un reborde en cada extremo, lo cual encaja con la segunda hipótesis. Pero el otro trozo, con la parte superior acampanada, no encaja en ninguna de las dos hipótesis. Así que elaboramos otra nueva hipótesis en la que encajen todos los datos actuales (Fig. 1.3C). Ahora, ¿está correcta? Todavía no es seguro, ya que ni siquiera sabemos cuántos datos faltan. En ese caso, haremos trampa y miraremos el original (Fig. 1.3D). Parte de nuestra hipótesis era más o menos correcta, pero todavía hay otros aspectos incorrectos.

El jarrón de vidrio ilustra el aspecto de autocorrección de la ciencia: al reunir más datos, mejoramos las posibilidades de eliminar las ideas incorrectas. Los datos que se acumulan muestran dónde yacen todavía los problemas en nuestras hipótesis o teorías y nos ayudan a pensar en otras hipótesis mejores. Por supuesto, pueden surgir complicaciones en el camino. ¿Qué pasa si los trozos de vidrio son en realidad parte de algo que no está para nada relacionado con un jarrón, pero nosotros solo consideramos hipótesis sobre jarrones? Nuestras teorías influyen nuestras interpretaciones de los datos, y las teorías equivocadas pueden retrasar el proceso científico. En ese caso, una mejor comprensión de la naturaleza puede depender de nuevas y creativas interpretaciones de los datos existentes, o deberá esperar el descubrimiento de datos adicionales que aclaren lo que pensamos.

Factores que hacen que una teoría sea útil a la ciencia

En la década de 1790, un sacerdote llamado Spallanzani hizo unos fascinantes experimentos con murciélagos.[4] Le tapó los ojos a algunos murciélagos y los oídos a otros. A partir de los resultados, llegó a la conclusión que los murciélagos tienen que usar sus oídos, no sus ojos, para navegar con éxito de noche. Spallanzani no podía oír los sonidos ultrasónicos que los murciélagos usaban. En consecuencia, sus conclusiones no tenían mucho sentido con el conocimiento que se tenía en esa época. Pero los datos aún apoyaban su conclusión.

El destacado científico Cuvier respondió proponiendo una teoría de que los murciélagos usaban un sofisticado sentido del tacto para encontrar su camino en la oscuridad. No tenía evidencia para su teoría, pero él era más prestigioso en los círculos científicos, y más científicos aceptaron su explicación.[5]

Más de cien años después, Spallanzani fue reivindicado cuando el descubrimiento de la ecolocación dio sentido a sus observaciones. Los murciélagos producen gritos ultrasónicos, escuchan los ecos y los usan para desplazarse.

Una buena teoría científica o hipótesis posee varias características específicas. La primera se ilustra mediante Spallanzani y sus murciélagos:

l. Una teoría organiza y explica hechos previamente aislados.

Cuando surge una nueva área del conocimiento, pueden existir muchos datos. Pero si es difícil ver cómo se relacionan entre sí (como el caso de los murciélagos y su uso de los oídos para la navegación), la gente puede tener diferentes ideas sobre cómo organizarlos de manera coherente. Una teoría exitosa logra que los hechos previamente aislados ahora tengan sentido. Eso sucedió con las nuevas investigaciones cien años después de Spallanzani.

2. Una buena teoría también sugiere nuevos experimentos y estimula el progreso científico.

La teoría de Donald Griffin de la ecolocación sugirió experimentos para poner a prueba esa teoría. Los experimentos no se seleccionan al azar. Generalmente se eligen porque alguna teoría indica que brindarán una comprensión nueva. Los experimentos se llevan a cabo para poner a prueba una determinada teoría.

Eso introduce otra característica de una buena teoría científica:

3. Debería ser susceptible de ser puesta a prueba.

Deberíamos tener la posibilidad de pensar en los datos que potencialmente podrían refutar la teoría. Si eso no es posible, entonces puede que la teoría no sea muy provechosa. La ecolocación pudo ponerse a prueba mediante experimentos, y la teoría pasó el examen.

Para ilustrar aún más lo que significa que una hipótesis puede ponerse a prueba, compare estas tres hipótesis:

A. Las hormigas se comportan de la misma manera tanto en túneles subterráneos sin tocar como en cámaras de observación de vidrio.

B. Los peces dorados necesitan oxígeno para vivir.

C. La percepción extrasensorial es real.

¿Cuál de esas tres pueden ser puestas a prueba? ¿Cómo podrías comprobar o refutar la primera hipótesis? Probablemente no hay ninguna forma de encontrar qué hacen las hormigas varios metros bajo tierra si no intervenimos en sus túneles. Si las molestamos, no podemos determinar definidamente qué están haciendo en los túneles cuando no lo hacemos. Si realmente queremos comprender la conducta de las hormigas, debemos conocer la respuesta a esa pregunta; sin embargo es imposible de contestar. Muchas veces la ciencia tiene que vivir con tales incertidumbres.

La segunda hipótesis, ¿se puede poner a prueba? Un experimento adecuado sería sellar herméticamente la pecera donde está el pez dorado y ver qué pasa, o proveer al pez una atmósfera artificial que no contenga oxígeno. Si el pez sobrevive al experimento, entonces se habrá refutado la hipótesis.

¿Puede ponerse a prueba la tercera hipótesis? Uno puede diseñar un experimento en el que a un hombre que afirma tener poderes de percepción extrasensorial se le hacen preguntas sobre pensamientos o eventos en otro lugar. Si puede contestar las preguntas correctamente, indicaría que algo inusual está sucediendo, pero todavía quedaría por demostrar exactamente qué es. Sin embargo, si no podría contestar las preguntas, todavía podría afirmar que usualmente lo puede hacer pero que en ese caso no pudo porque un científico lo estaba observando. Si eso ocurre, ¿qué vamos a decir? El experimento no podría refutar la hipótesis.

Tenga en mente que la discusión anterior describe la situación ideal, pero la ciencia a menudo va más allá del fenómeno ideal que se puede probar. Puede ser que las teorías acerca del universo distante o los eventos en la historia de la Tierra realmente no puedan ponerse a prueba porque no estábamos allí o no podemos llegar hasta allá, pero aún así pueden constituir ciencia legítima. La ciencia no siempre es tan objetiva o directa como deseamos.

4. En la ciencia experimental, tal como la química, la física o la fisiología, deberíamos tener la capacidad de repetir los experimentos que se llevan a cabo para poner a prueba una determinada hipótesis o teoría.

Debería definirse un experimento en términos precisos y cuantitativos, de manera que otra persona en otro laboratorio pueda realizar el mismo experimento y obtener los mismos resultados. Los peces en diferentes laboratorios de investigación ¿responden de la misma manera ante la falta de oxígeno? En contraste, las hipótesis sobre conceptos subjetivos tales como las opiniones o actitudes humanas son muy difíciles de poner a prueba con experimentos repetibles.

5. La última característica de una teoría provechosa es que predice el resultado de experimentos que todavía no se han realizado.

Existe una razón que es importante. Si realizamos un experimento para poner a prueba una teoría y luego, después de terminado el experimento, tratamos de mostrar que los resultados apoyan nuestra teoría, eso no resultará convincente. Pero volvamos a la década de 1790. El trabajo de Spallanzani sugirió que si pudiéramos oír lo que oye un murciélago, podríamos escuchar los sonidos que el murciélago usa en la navegación. Más de un siglo después, esa predicción implícita fue puesta a prueba, y se demostró que Spallanzani estaba en lo correcto. El hecho de que el último resultado fue predicho por adelantado da una gran credibilidad a la teoría de la ecolocación.[6]

Esas cinco características de una teoría provechosa no dicen que la teoría debe ser correcta. ¿Es eso decepcionante? Esperamos que nuestra teoría sea verdadera, pero ¿cómo lo sabremos? Eso es lo que estamos tratando de descubrir con nuestros experimentos. No sabemos de antemano si la teoría es verdadera. Debemos esperar que se obtengan resultados, y a menudo eso puede durar mucho tiempo. Una teoría puede estar equivocada y aun así llevar a un avance científico significativo antes de descubrir que estaba equivocada. Discutimos este concepto un poco más en un capítulo posterior.

La fuente de una idea no es lo que determina su valor científico

¿Cómo surgen las ideas que formulamos como hipótesis? El científico Arquímedes tuvo una experiencia interesante como resultado de una tarea que le dio el rey. Los súbditos le habían dado una corona al rey. Le dijeron que era de oro puro, y el rey le pidió a Arquímedes que determine si eso era verdad. Era una tarea delicada, porque la cabeza de alguien podía estar en peligro. Arquímedes estaba pensando en eso, cuenta la historia, cuando fue a los baños públicos. Su mente alerta notó que cuando se metió en la bañera, el nivel del agua subió por los costados. Se le ocurrió una idea: a lo mejor un objeto sumergido en el agua desplaza un volumen de agua igual al volumen del objeto. Estaba tan entusiasmado, que se olvidó de sus ropas y corrió por la calle gritando, “¡Eureka!” (“¡Lo encontré!”)

Parte la historia puede ser apócrifa, pero aparentemente, Arquímedes obtuvo información de sus observaciones en la bañera que le ayudaron a concretar la tarea. Al meter la corona en el agua, pudo determinar su volumen. Entonces pudo pesarla y calcular su densidad, la cual no era la densidad del oro. Alguien probablemente perdió la cabeza por eso, pero no fue la de Arquímedes. La experiencia de Arquímedes ilustra de qué manera observaciones al azar algunas veces llevan a una

idea. Por supuesto, fue importante que la mente de Arquímedes estuviera preparada para reconocer el significado de su observación fortuita.

Otro ejemplo proviene de investigaciones realizadas con ratones de patas blancas (género *Peromyscus*).[7] Debemos atrapar los ratones en las secas e infértiles islas del Golfo de California. Ponemos las trampas en los valles de un hábitat típico de *Peromyscus* y solo atrapamos dos o tres ratones cada cien trampas, como se esperaba. Mientras caminábamos a lo largo de la playa buscando víboras de cascabel y murciélagos que se alimentan de peces, vimos algo que se movía sobre una roca. Por curiosidad, comenzamos a dar vuelta las rocas y encontramos un *Peromyscus*. Nosotros "sabíamos" que los *Peromyscus* no viven en las playas. Pero cuando pusimos las trampas a lo largo de la playa, atrapamos treinta ratones en lugar de los esperados tres. Los ratones en esas islas se habían movido hacia un hábitat único, aparentemente haciendo uso de una fuente de alimentos que era traída por las olas del océano. Una observación fortuita de un ratón corriendo sobre una roca nos llevó al descubrimiento que nunca hubiésemos hecho de otra manera.

La experiencia previa o teorías conocidas también son importantes a la hora de sugerir ideas. Por ejemplo, se sabe que si dos aves están en conflicto por un determinado territorio, el ave que defiende su territorio tiene una ventaja psicológica y casi siempre vence al invasor. Un amigo y yo (Brand) nos preguntamos si las ardillas listadas exhibían la misma conducta. Nuestra investigación reveló que las ardillas listadas no son tan territoriales como las aves, pero sí se tornan más agresivas cuando están cerca de sus nidos.[8] Los conceptos conocidos sobre las aves nos ayudó a diseñar hipótesis que se pueden poner a prueba en lo que respecta a la conducta de las ardillas listadas.

A veces los científicos señalan que tuvieron alguna idea por medio de un sueño o que simplemente se les ocurrió. Eso parece ser muy impredecible. ¿Cómo puede la ciencia funcionar de esa manera? Puede, porque las ideas pueden provenir de cualquier tipo de lugar y de todas las maneras posibles. La procedencia de una idea no puede definirse en términos objetivos,[9] de manera que ¿qué le hace eso a la ciencia? Las características de una teoría científica provechosa resultan útiles en ese caso. ¿Se puede poner a prueba una teoría? Esta es la respuesta. Las observaciones de Arquímedes en la bañera pudieron ponerse a prueba con experimentos. Es irrelevante de dónde proviene una determinada idea. Si podemos realizar experimentos para ponerla a prueba, cualquier idea puede ser científicamente provechosa. Imagínese a una científica que visita una cultura primitiva y observa que el curandero trata a los pacientes con curas mágicas de hierbas. Ella espera encontrar algunas plantas con valor curativo. ¿Es esa una fuente aceptable de ideas científicas, o será que esas ideas deben surgir de procesos científicos normales? Siendo que ella puede analizar las plantas para ver si realmente son medicinales, no importa de dónde provenga la idea. ¿Puede ser que

aún ideas productivas de investigación provengan de la Biblia? Piense en eso, y lo discutiremos más adelante.

Los datos no conducen a los científicos automáticamente a la verdad

Algunas personas influyentes, como Francis Bacon, promovieron la idea de que los datos fielmente nos conducen a la verdad.[10] Sin embargo, Bacon era excesivamente optimista. Los datos casi nunca sugieren directamente la interpretación, y los datos no garantizan que nuestras interpretaciones de los datos serán correctas. El científico tiene que relacionar los datos con las teorías y los "hechos conocidos", trabajando en forma creativa para interpretarlos. En nuestro estudio de los trozos de vidrio rotos, tuvimos que relacionar esos datos con la información que ya conocíamos para desarrollar una interpretación. Por supuesto, algunas de las teorías y "hechos conocidos", y por lo tanto la interpretación, podrían estar equivocados. Las explicaciones científicas se desarrollan a lo largo del tiempo a medida que interpretamos los datos, evaluamos nuestras conclusiones y aprendemos de nuestros errores.

Cuando no todos los datos parecen apuntar a la misma conclusión, los científicos en general eligen la conclusión que piensan está apoyada por el mayor peso de la evidencia. Pero siempre tenemos solo una parte de los datos potenciales, y nuestra propia teoría preferida puede influir sobre nuestra evaluación de los datos. Cuando Galileo Galilei argumenta que la tierra rota alrededor del sol, existía importante evidencia que parecía indicar que Galileo estaba equivocado. El aparente peso de la evidencia en un momento determinado puede en realidad apuntar en la dirección equivocada. Lo mejor que podemos hacer es confiar que, con el tiempo, la continua investigación revelará tales errores. Por supuesto, al evaluar el peso de la evidencia, algunas fuentes de información pueden considerarse mucho más confiables que otras. Los científicos siempre confiarán más en las revistas científicas que en los periódicos. Los intervencionistas bien informados tomarán el relato bíblico de los orígenes con mayor seriedad que otros científicos.

¿Existe alguna verdad fuera de la ciencia?

Deben existir respuestas verdaderas a nuestras preguntas sobre la naturaleza, y nuestras teorías y modelos científicos son herramientas para asistirnos en la búsqueda de esas verdades últimas. Sin embargo, una idea que es verdadera en un

sentido último puede no ser científicamente provechosa (Fig. 1.4). Decir que algo "no es científico" puede significar dos cosas muy diferentes. Puede significar que la idea es falsa, o que la ciencia no puede determinar si es verdad porque no puede ser puesta a prueba. Si pudiésemos ver desde la perspectiva de Dios, podríamos definir una porción de las ideas humanas como verdaderas y reconocer otras como falsas. Encontraríamos que la ciencia es capaz de poner a prueba algunas de esas ideas verdaderas y convencernos de su veracidad (por ej., la gravedad). La ciencia también puede poner a prueba algunas de las ideas falsas y demostrar que son falsas (que el sol rota alrededor de la Tierra). Otras ideas, tanto en las categorías "verdadera" como "falsa", no pueden ser puestas a prueba científicamente.

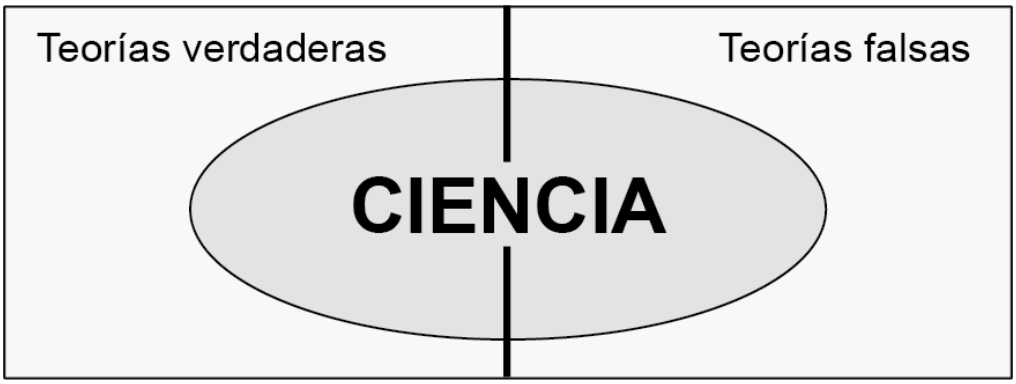


Figura 1.4. Relación de la ciencia con teorías verdaderas y falsas. Algunas teorías en cada categoría pueden ser puestas a prueba, y otras no. Por supuesto, no podemos saber qué porcentaje de ellas se encuentran en cada categoría. Ilustración de Leonard Brand.

Existen elementos en la religión que no responden a la investigación científica. La ciencia no puede ponerlas prueba. Eso no significa que sean falsas. Simplemente yacen fuera del ámbito de lo que la ciencia puede tratar. ¿Jesús realmente sanó enfermos? Cada uno de nosotros tenemos nuestra opinión, pero la ciencia no puede contestar esa pregunta. De la misma manera, hay muchas otras preguntas que no pueden contestarse. Un abordaje honesto de la filosofía de la ciencia y la religión necesita admitir esas limitaciones humanas, y consideraremos eso con más detalle en el siguiente capítulo.

[1] T. Dobzhansky, “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”, [En la biología nada tiene sentido excepto a la luz de la evolución], *The American Biology Teacher* 35 (1973): 125-29.

[2] E. R. Hall, *The Mammals of North America* [*Los mamíferos de Norteamérica*] (New York: John Wiley and Sons, 1981).

[3] National Academy of Sciences, *On Being a Scientist* [*Sobre ser un científico*] (Washington, D.C.: National Academy Press, 1989); National Academy of Sciences, *On Being a Scientist, 2nd ed.* [*Siendo un científico*, 2a. ed.] (Washington, D.C.: National Academy Press, 1995).

[4] J.E. Hill y J.D. Smith, *Bats: A Natural History* [*Los murciélagos: una historia natural*] (Austin: University of Texas Press, 1984).

[5] *Ibid*.

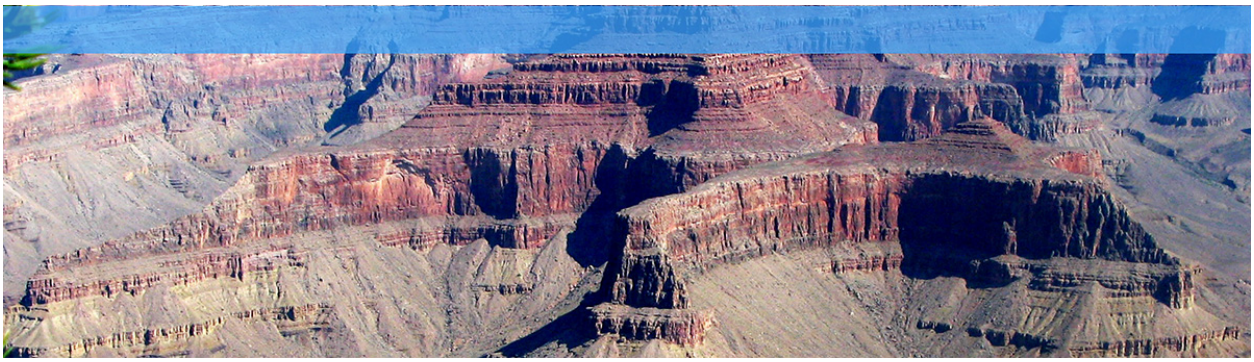
[6] *Ibid*.

[7] L.R. Brand y R.E. Ryckman, “Laboratory Life Histories of *Peromyscus eremicus* and *Peromyscus interparietalis*” [Historias de vida en el laboratorio de *Peromyscus eremicus* y *Peromyscus interparietalis*], *Journal of Mammalogy* 49 (1968): 495-501.

[8] L.R. Brand, “Vocalizations and Behavior of the Chipmunks (Genus *Eutamias*) in California” [Vocalizaciones y conducta de las ardillas listadas (Género *Eutamias*) en California] (tesis doctoral, Cornell University, 1970); C. Dunford, “Behavioral Aspects of Spatial Organization in the Chipmunk, *Tamias striatus*” ([Aspectos conductuales de la organización espacial en la ardilla listada *Tamias striatus*], *Behaviour* 36 (1970): 215-30.

[9] K.R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York: Harper & Row, 1959), 31-32; [Existe versión en español: *La lógica del descubrimiento científico*, Madrid: Tecnos, 1962]; A.H. Cromer, *Uncommon Sense: The Heretical Nature of Science* [*Un sentido poco común: La naturaleza herética de la ciencia*] (New York: Oxford University Press, 1993), 148.

[10] K.R. Popper, “Science: Problems, Aims, Responsibilities,” [La ciencia: problemas, blancos, responsabilidades], *Federation Proceedings* 22 (1963): 961-62.



Capítulo 2

El camino hacia el descubrimiento científico y sus limitaciones

Reseña

En cierta ocasión, un teólogo declaró que pondría en juego toda creencia y doctrina para que fuera aceptada o rechazada de acuerdo con las conclusiones de las ciencias físicas. ¿Es eso realista o necesario? ¿Es apropiado depositar tanta confianza en el proceso científico? Formular una respuesta inteligente y fundamentada a esa pregunta requiere de una comprensión de las fortalezas y las limitaciones de la ciencia. Esta discusión ayudará a brindar un fundamento para discutir la relación entre la ciencia y la fe. Debemos usar el tipo de lógica apropiado al definir nuestros estudios científicos y al interpretar los resultados, y es importante entender las limitaciones de la lógica. La efectividad del diseño de nuestra investigación se verá influida por el tamaño de la muestra, nuestros controles experimentales, y nuestro uso cuantitativo de los datos donde sea posible. Los científicos son humanos y capaces de ser tendenciosos, pero la manera en que los científicos se critican los trabajos entre sí, es de esperar de forma constructiva, ayuda a reducir el sesgo. El estudio de los eventos en la historia de la Tierra tiene su límite, pero aun así es un tema gratificante. Una de nuestras tareas es aprender a pensar críticamente, entender la diferencia entre datos e interpretaciones de esos datos y evaluar las interpretaciones en relación con el enfoque subyacente.

La lógica y sus limitaciones

Primero consideramos el diseño experimental, un plan para llevar adelante un proyecto de investigación con buenos datos, suficientes datos, y los datos correctos para contestar nuestras preguntas. Eso también se puede denominar diseño de investigación, siendo que algo de la investigación, tal como el estudio de los fósiles o las rocas, puede consistir en observaciones, pero no en experimentos. Una parte del diseño de la investigación es la lógica. La lógica es una herramienta importante de la investigación cuando se utiliza de manera juiciosa. El filósofo Charles Kettering declaró en cierta ocasión: "Cuidado con la lógica. La lógica es una manera organizada de equivocarse con confianza".[1] El uso descuidado de la lógica nos puede llevar por caminos equivocados.

Nuestro blanco es hacer la investigación con objetividad, sin sesgos, pero eso no es tan fácil como parece. Hay algunos principios básicos que nos pueden mantener en la senda correcta. Aceptar o rechazar todo lo que los científicos dicen es una salida muy fácil porque no requiere pensar. Pero no podemos escapar de la necesidad de pensar y evaluar los conceptos científicos.

Diseño experimental

Un buen diseño experimental es importante debido a que nos guía al recolectar los mejores tipos de datos. Primero consideraremos qué elemento determina cuántos datos necesitamos recolectar.

Los límites del tamaño de la muestra

Puede ser impactante aprender que la ciencia no provee respuestas absolutas. Una razón por la que no puede hacerlo es que nunca tenemos todos los datos. Un proyecto de investigación hipotético ilustra de qué manera eso afecta el proceso científico. Esa investigación tiene como blanco determinar la abundancia de cierto tipo de bacteria en la boca humana. Algunas bacterias están presentes en todas las bocas. Puede ser que no tuviesen ningún efecto evidente en un individuo sano, pero pueden causar problemas si las defensas de alguien están reducidas. Es imposible analizar a todas las personas de la Tierra para conocer la abundancia de la bacteria, por lo que la única opción práctica es un análisis cuidadoso y selectivo. De los miles de millones de personas en la Tierra, solo podremos estudiar unos pocos cientos o a lo mejor mil.

Aun si la muestra fuera pequeña, no es realista pensar que podemos recolectar y contar cada bacteria, de manera que, además, tenemos que reducir nuestro juego de datos. Desarrollamos una técnica estándar de muestreo, sacando solo un mililitro de saliva de cada boca como muestra. Aun en esa muestra, existen miles de bacterias, por lo que probablemente no las podamos contar a todas. Para resolver ese problema, diluimos la muestra y tomamos de ella un porcentaje menor, contamos las bacterias, y calculamos cuántas había en la muestra total. Como resultado, debemos basar nuestras conclusiones sobre una porción muy pequeña de datos respecto de lo que queremos saber.

No obstante, aun si encontramos ese número de bacterias, ese no será el mismo para cada persona. Algunas personas tienen pocas bacterias, mientras que otras tienen muchas, y podría ser bastante diferente en distintas ciudades o países. Nuestro resultado no es una respuesta absoluta sino una conclusión basada en esa pequeña muestra.

Toda investigación es así. Nunca tenemos todos los datos. Solo estudiamos una muestra. Una vez (Brand) estaba llevando a cabo una investigación sobre las ardillas listadas (*chipmunks*) del norte de California.[2] También eran muy comunes las ardillas de suelo de manto dorado, y se comportaban de manera diferente que las ardillas listadas. Las ardillas listadas comúnmente trepaban a los árboles, pero las ardillas de suelo de manto dorado no. Luego de hacer esa observación muchas veces en varios lugares, podría haber concluido que las ardillas de suelo de mando dorado no trepan árboles. Esa hubiera sido una conclusión bien respaldada por un número sustancial de observaciones. Pero entonces fui al lado este de la Sierra Nevada en el bosque seco de pinos *Pinyon.* Las ardillas de suelo de manto dorado se comportaban diferente allí y estaban trepando a todos los árboles. Si yo hubiera hecho una conclusión y la hubiera publicado basada en mi muestra anterior, me habría equivocado, porque mi muestra era muy pequeña hasta ese momento. La conclusión habría sido válida para algunas poblaciones de ardillas, pero no habría sido una generalización correcta para todas las ardillas de suelo de manto dorado.

Como científicos, analizamos la muestra que pudimos recolectar, pero no sabemos si al agrandar la muestra cambiará el cuadro completamente. Las realidades prácticas dictan que a menudo tenemos que vivir con esa incertidumbre, pero el valor de la ciencia no se reduce. Solo nos recuerda que la ciencia es una búsqueda continua a la que nunca se le acaban las preguntas interesantes que estimulan nuestra curiosidad.

¿Estamos usando la lógica correcta?

A veces los experimentos o las observaciones no nos muestran lo que nosotros pensamos porque no hemos usado el tipo apropiado de lógica. Un chiste antiguo

ilustra este punto con la ayuda de una pulga imaginaria entrenada llamada Herman. Queremos descubrir dónde están los oídos de Herman. No todas las criaturas tienen oídos donde esperamos que las tengan. Algunos insectos tienen oídos en las patas, en los abdómenes y aun en las antenas. Primero, vemos si Herman quiere colaborar. "Salta, Herman." decimos, y él salta. Obviamente nos oyó. Así que veamos si podemos encontrar sus oídos. A lo mejor están en sus antenas, así que removemos sus dos antenas. "Ahora, Herman, ¡salta!" Salta otra vez, indicando que sus oídos no están en sus antenas. ¿En qué otro lugar podrían estar? A lo mejor en sus patas delanteras. Así que le sacamos las patas delanteras. "Herman, ¡salta!" Ningún problema, todavía salta. Aparentemente sus oídos no están en sus patas delanteras. A menudo los insectos tienen oídos en sus patas traseras, así que se las sacamos. "Ahora, Herman, ¡salta!" Herman no salta, así que sus oídos deben estar en sus patas traseras.

¿Por qué se ríe? ¿Cuál es el problema? Por supuesto, necesita las patas traseras para saltar. El ejemplo es obviamente absurdo, pero ilustra un problema muy real en la lógica que, en muchas otras situaciones más complejas no serían tan obvias. Podemos cometer el mismo error y recolectar datos que de hecho contestan una pregunta diferente de la que pensábamos estábamos contestando. No siempre está claro que ha sucedido algo así.

Considere otro breve ejemplo: "Si no tengo combustible, mi automóvil no arrancará. Mi auto no arranca. Por lo tanto no tengo combustible."

¿Está de acuerdo con esa declaración? El problema con la conclusión es que podría haber otras razones por las cuales el automóvil no arranca. Eso parece obvio; pero si estamos estudiando procesos muy complejos y sofisticados, podría ser más difícil ver si hemos cometido ese error de lógica. Ahora fíjese en la siguiente afirmación: "Si no tengo combustible, mi automóvil no arrancará. Mi auto sí arranca. Por lo tanto, no me falta combustible."

La diferencia entre esas dos declaraciones es muy importante para el método científico. La primera trata de decir que podemos probar algo, que el automóvil no tiene combustible, porque no arranca. Pero no es posible comprobar cosas en la ciencia, porque siempre habrá factores que complican lo que no hemos considerado. La segunda declaración usa un abordaje diferente: la "refutación" o falsificación. Probar que algo está equivocado y de ese modo eliminar una mala teoría o hipótesis es más fácil que probar que algo es correcto. Por tanto, el segundo ejemplo es más realista.[3] Si una teoría soporta los esfuerzos por refutarla y no se la puede refutar, entonces tenemos más confianza en ella. Eso se parece más a la manera de trabajar de la ciencia. Aun ese método tiene sus limitaciones, dado que podemos pensar que hemos refutado una hipótesis cuando en realidad no tuvimos suficientes datos para refutarla o no interpretamos bien los datos. Aun así, la refutación es una herramienta importante en la ciencia, siempre que recordemos

que no nos da la verdad absoluta, sino que es una manera práctica de decidir cuál es el peso de la evidencia en el momento actual.

Siempre usamos la lógica al interpretar los datos. La naturaleza de la lógica que usemos debe ser considerada cuidadosamente, junto con las limitaciones de esa lógica. Ambos, el razonamiento deductivo y el inductivo son importantes en la ciencia. El razonamiento deductivo comienza con una generalización y la usa para interpretar los datos en un caso específico.

Al comienzo de mi experiencia como investigador, habría visto (Brand) algunas ardillas pequeñas en un árbol y concluido que eran ardillas listadas (*chipmunks*) siendo que las ardillas de suelo no trepan a los árboles. Ese es un uso correcto de la lógica deductiva, pero la conclusión no es confiable porque está basada en una presuposición falsa sobre las ardillas de suelo. Si la presuposición llega a estar equivocada, la conclusión puede ser equivocada. ¿Será que eso quiere decir que la lógica deductiva no es provechosa? No, pero necesitamos ser conscientes de sus limitaciones. La ciencia sigue avanzando, y debemos darnos cuenta de que las conclusiones científicas son tentativas. Puede que resistan o no; debemos esperar y ver.

El otro abordaje es el razonamiento inductivo. La inducción comienza con observaciones individuales, tales como los muchos datos individuales del número de bacterias en la boca, y usa esas observaciones para desarrollar generalizaciones. Esas generalizaciones son esenciales en la ciencia. La generalización se convierte en la suposición que nos ayuda a predecir y luego interpretar los datos de otro experimento. El problema con la inducción es que en realidad no podemos predecir lo desconocido. El nivel de bacterias podría ser muy diferente en algún otro lugar.

Una solución a esos problemas es muy importante para comprender la ciencia. Los científicos y filósofos de la ciencia han detectado algunas declaraciones interesantes y perturbadoras sobre ese asunto. Eso hace parecer que estamos rebajando la lógica científica. Existen sin embargo respuestas al dilema. “La habilidad de la inducción para tratar con un caso futuro colapsa, y siendo que ese es el único aspecto provechoso de la inducción, nos enfrentamos a un colapso total. Por lo tanto, debe informarles que noticias desalentadoras se han filtrado de la ciudadela de la lógica. Las paredes externas parecen tan formidables como siempre, pero al mismo centro de la fortaleza supuestamente sólida del pensamiento lógico todo es confusión”.[4] Esos problemas de la ciencia pueden aparecer inquietantes. ¿Significa eso que la ciencia no es provechosa? No, obviamente no. “Como herramientas prácticas, ninguno duda del continuo valor de los armamentos. Pero en términos de fortaleza interna y última, las revelaciones son ciertamente asombrosas. La base última para ambos tipos de pensamiento lógico está infectada, en el mismo núcleo, con imperfección.”[5]

La frase “herramientas prácticas” puede ser la respuesta al dilema. Si esperamos que la ciencia prediga con certeza lo que hemos de encontrar en nuestra próxima observación, entonces a menudo quedaremos chasqueados. Esos dos tipos de lógica son herramientas muy útiles que debemos usar, pero no nos aseguran la verdad absoluta. Podemos reconocer su función como extremadamente valiosa y provechosa y, al mismo tiempo, ser realistas y conscientes de que la lógica es solo una herramienta que nos ayuda a organizar el pensamiento. En nuestra investigación, hacemos la generalización que la lógica sugiere. Nos ayuda a ver qué experimento debemos realizar a continuación. Nos ayuda a pensar de una manera organizada, pero no nos da la verdad absoluta. Para ilustrar un poco más este concepto, considere un ejemplo de un proyecto de investigación real:[6]

> Datos de las observaciones de campo: Todos los nidos de ardillas listadas encontrados en este estudio se encontraron en lugares altos en los árboles.
>
> Conclusión: las ardillas listadas anidan en árboles.

Eso suena lógico. El investigador recogió los datos, usó la inducción, y llegó a la conclusión de que las ardillas listadas anidan en los árboles, por lo menos en el verano. Eso también predice que otros nidos de ardillas listadas estarán en los árboles. ¿Cuál es la interpretación correcta de esa conclusión? Es una manera de verlo:

> “LAS ARDILLAS LISTADAS ANIDAN EN ÁRBOLES.”

Es una conclusión absoluta; es la manera en que es. Pero se puede ilustrar otra forma de ver esa conclusión al recomponerla como se ve a continuación:

> Bajo las condiciones de esa investigación, en los lugares donde se condujo la investigación, los nidos que se encontraron estaban en los árboles.
>
> “Las ardillas listadas anidan en árboles” es una hipótesis que necesita explorarse aún más.

Ahora tenemos una comprensión realista de lo que hemos encontrado. Esa es una hipótesis basada en lo que conocemos hasta ahora. Puede ser que después de más investigación futura no se sostenga, pero aun así, todavía es un sumario

provechoso (*un informe de progreso*) del lugar donde nos encontramos a esa altura de nuestra comprensión de las ardillas listadas.

Otra analogía provechosa es provista al comparar el razonamiento inductivo y deductivo a la información o "herramientas" que se necesitan para leer un mapa vial. Si usamos correctamente esas herramientas y tomamos la decisión correcta en una intersección, eso no significa que hemos llegado a nuestro destino. La carretera nos llevará a otros puntos de decisión donde debemos usar las mismas herramientas otra vez. Si persistimos en el uso sabio de esas herramientas de la lógica, continuaremos progresando positivamente en nuestro viaje. La ciencia siempre es un "*informe de progreso*" sobre dónde nos encontramos en esa búsqueda dinámica hacia la comprensión de un tema.

Existe otro nivel del razonamiento científico que va más allá de la recolección de datos, la inducción, la deducción, o leer mapas viales, y lo es el desarrollo de teorías que explican nuestros hallazgos. El saber que los próximos nidos de ardillas listadas que veamos probablemente estén en los árboles no explica por qué están allí. Desarrollar hipótesis o teorías sobre por qué algo funciona de la manera en que lo hace requiere un proceso creativo que va más allá de los datos observacionales. Vimos eso en operación en la dependencia en las teorías existentes y los "hechos conocidos", al analizar los trozos de vidrio rotos que encontró un arqueólogo.

Los controles experimentales

Una parte importante del diseño experimental es el uso de controles experimentales. La palabra "control" tiene un significado específico en la ciencia. Un "control" científico no se refiere a mantener las condiciones experimentales constantes, aunque eso también es importante. Un control es un estándar conocido y que previamente ha sido puesto a prueba para la comparación con nuestros datos experimentales. El control es exactamente como la situación experimental en todos sentidos excepto en el punto específico que se está sometiendo a prueba.

El siguiente ejemplo, en parte hipotético, pone a prueba la conclusión de Spallanzani de que los murciélagos usan sus oídos para navegar en la oscuridad. Observamos los murciélagos que vuelan en un cuarto oscuro en el que se han extendido alambres desde el piso al cielo raso para ver cuán bien pueden navegar. Normalmente los murciélagos son muy buenos en esquivar obstáculos, y solo tocan los alambres 1.3 veces cada quince minutos. Para ver si Spallanzani estaba en lo correcto, les pusimos tapones en los oídos a los murciélagos. Ahora tocan los alambres un promedio de 38.7 veces cada quince minutos y muy pronto dejan de volar, así que deben necesitar los oídos para navegar.

Este es un gran experimento, pero ¿significa lo que creemos que significa? ¿Puede ser que los resultados sean causa de otros factores? ¿Con qué lo podemos comparar? Para ver lo que en realidad les hemos hecho a los animales, necesitamos tener un control como un estándar con lo cual comparar el experimento. Este es un experimento real que realizó Spallanzani en 1798.[7] Halló que los murciélagos con tapones en los oídos no podían navegar muy bien. Pero a lo mejor para un murciélago con un tapón pegado en su oído es muy incómodo usar su habilidad de navegación. Para poner a prueba eso, se realizó un control en el cual tanto los murciélagos control como los experimentales tenían pequeños tubitos de bronce pegados a los oídos. Los tubos en los murciélagos control se dejaron abiertos para que podrían escuchar, en cambio los murciélagos experimentales tenían sus tubos tapados. Ambos grupos tenían la misma cantidad de incomodidad y el peso extra, pero los de control todavía podían oír porque sus tubos estaban abiertos. Los murciélagos de control con los tubos abiertos tuvieron casi tanto éxito al navegar el laberinto como los murciélagos normales sin tapones en sus oídos, lo que de esa manera verifica la conclusión original.

Este ejemplo ilustra cuán esencial es el control para aclarar si estamos verificando lo que pensamos que estamos poniendo a prueba. Algunas veces aun buenos científicos no usan controles adecuados, y a veces sabemos muy poco acerca del fenómeno como para comprender qué controles se necesitan. ¿Significa eso que no podemos realizar la investigación? No. A medida que realizamos más experimentos, aprendemos qué controles debíamos tener anteriormente, así que repetimos los experimentos con los controles adecuados.

La naturaleza de nuestro diseño experimental es extremadamente importante, pero no siempre es fácil saber cuando estamos usando una lógica deficiente. A medida que hacemos más experimentos, aprendemos qué errores cometimos, así que regresamos y repetimos los experimentos con un mejor diseño. Eso nos muestra que la ciencia es un proceso dinámico que cambia y mejora con el tiempo. Además indica que no podemos aceptar las conclusiones científicas como verdad absoluta. Son declaraciones que con el tiempo podrían ser revisadas.

Los datos cuantitativos

En cierta ocasión, al estudiar unos rastros fósiles,[8] para hacer una comparación, observé (Brand) la conducta de animales modernos. Un trabajo de otro investigador afirmaba que cuando las salamandras están en el agua no caminan sobre el fondo sino que nadan de un lugar a otro. Al tratar de determinar si eso era correcto, pasé un par de horas atrapando algunas de las salamandras más abundantes en una laguna en las montañas y observando su conducta. Luego

escribí una entrada en mi cuaderno de notas de que la declaración mayormente era correcta dado que, aunque las salamandras a veces caminan sobre el fondo, usualmente nadan.

Cuando terminé de atrapar los animales, comencé a recolectar datos cuantitativos. Con un reloj en la mano, controlé las actividades de muchas salamandras para determinar cuánto tiempo pasaban caminando sobre el fondo. No recomiendo observar los lentos movimientos de las salamandras para aquellos que se aburren fácilmente. Pero con la acumulación paciente de los datos, fue evidente que alrededor del 75 por ciento del tiempo en que se movían, estaban caminando sobre el fondo. ¿Por qué fue que mi primera conclusión sin datos cuantitativos estuvo tan errada? Para un observador humano, una salamandra que avanza lentamente a lo largo del fondo de una laguna no es algo digno de destacar. La salamandra que llama la atención es la que nada hacia la superficie para obtener aire. Nuestras mentes no están hechas como las computadoras; no evalúan toda la información que llega de la misma manera. Si lo hicieran, nos volveríamos locos tratando de seguir tantos detalles. Las mentes fueron diseñadas para detectar cosas obvias e importantes. En consecuencia, no son muy buenas para comparar una acción muy obvia con otra muy sutil. El contar o medir los fenómenos que se estudian nos ayuda a evitar las impresiones parciales y a veces engañosas que a menudo resultan de observaciones no cuantitativas. Los datos cuantitativos son otra parte importante de un diseño de investigación efectivo.

Otra ilustración de la importancia de la lógica y la observación cuidadosa proviene del estudio de las esporas de plantas fósiles bajo el microscopio.[9] Esas esporas representaban una variedad de plantas cuyos restos físicos constituyeron la mayoría del carbón del Paleozoico. En ese caso, estaba tratando (Chadwick) de determinar las diferencias entre los tipos de plantas representadas por las esporas de diferentes yacimientos de carbón. Al examinar las preparaciones microscópicas, me impresionó repetidamente un tipo de espora grande, sin rasgos llamativos, que parecía estar en todas las preparaciones microscópicas, en algunos casos de forma abundante. Sin embargo, cuando examiné las publicaciones de los investigadores que habían estudiado el carbón originalmente, esas esporas ni se mencionaban. Parece ser que los investigadores habían elegido registrar solo las esporas obvias, claramente definidas a las que estaban acostumbrados y habían pasado por alto completamente, o ignorado esa espora, que en algunos casos consistía en alrededor del 80 por ciento de las esporas presentes en las preparaciones microscópicas. ¿Por qué las pasaron por alto? Probablemente porque las esporas no eran comunes para los investigadores y en general no tenían un aspecto muy llamativo.

¿Puede un científico tener prejuicios?

Un investigador realizó un experimento cinco veces. En uno de esos experimentos, obtuvo los resultados que quería, así que publicó ese, pero no los otros cuatro. Los científicos son humanos, así que tenemos que considerar la posibilidad de que puedan existir prejuicios.[10] Desafortunadamente, ocurren más fraudes deliberados de lo que los científicos quieren admitir. Un geólogo publicó más de 350 trabajos científicos sobre la geología de las montañas del Himalaya en Asia durante un período de veinticinco años y se lo reconocía como un experto mundial sobre el tema. Entonces se descubrió que compraba fósiles que no eran para nada de los Himalayas. En sus trabajos publicó de qué lugar de los Himalayas provenían los fósiles, sacando conclusiones sobre estratigrafía y edades a partir de los fósiles. Nunca había estado en algunas de las zonas donde él afirmaba haber encontrado los fósiles y estudiado la geología.[11] El hombre probablemente quería hacerse de gran nombre, y ¡ciertamente lo logró!

Una editorial de *American Scientist* declaró lo siguiente:

> Creo que hay muy pocos científicos que falsifican su trabajo, engañan a sus colegas, o roban de sus estudiantes. Por otro lado, temo que muchos científicos se engañan a sí mismos de vez en cuando al tratar los datos, dado que pasan muy por arriba los problemas que involucran errores sistemáticos o minimizan las contribuciones de otros. Esas son las "sinceras equivocaciones" de la ciencia. Son el equivalente de la "pequeña mentira blanca" del discurso social. La comunidad científica no tiene manera de protegerse de la literatura engañosa o chapucera excepto descubrir el trabajo de quién, se sospecha, es poco fiable.[12]

El artículo pasa a discutir las intensas presiones sobre los jóvenes miembros del cuerpo docente de ciencias. Muchos necesitan ser exitosos en sus investigaciones y en la publicación de sus resultados a fin de ser promovidos (en las categorías docentes), o incluso para mantener sus puestos. Si la investigación no va bien, como lo señala la editorial, las presiones para usar pequeñas mentiras blancas se tornan muy intensas a fin de que las cosas se vean mejor. Es tentador interpretar los datos en forma optimista.

Aunque esas cosas realmente ocurren, todavía pensamos que la mayoría de los científicos son mayormente honestos. A pesar de ello, hay otros factores que producen prejuicios que les pueden ocurrir aun a aquellos de nosotros que intentamos ser honestos. Pueden ser elementos inconscientes de los que ni nos

damos cuenta. Por ejemplo, estudiaba (Brand) rastros de vertebrados fósiles en la Coconino Sandstone (Arenisca Coconino), un depósito de arena de estratificación entrecruzada como los depósitos formados por dunas de arena. Estaba en una cantera comercial abandonada buscando huellas fósiles sobre las superficies inclinadas de los estratos entrecruzados (Fig. 2.1). Un estudiante de biología ayudante en la investigación, sin entrenamiento geológico, buscaba huellas sobre la superficie expuesta de una serie de estratos entrecruzados que había sido erosionada hasta quedar plana (Fig. 2.1A). Estaba justo por decirle que no habría huellas allí cuando me llamó para que fuera a ver las numerosas huellas que había encontrado. Yo creía, por lo que me parecían buenas razones, que las huellas solo estarían sobre los estratos entrecruzados inclinados. Sin la ayuda de ese "ingenuo" estudiante de biología, probablemente nunca habría encontrado las huellas sobre la superficie plana. Tenía un prejuicio inconsciente que me impedía ver lo que estaba justo frente a mí.

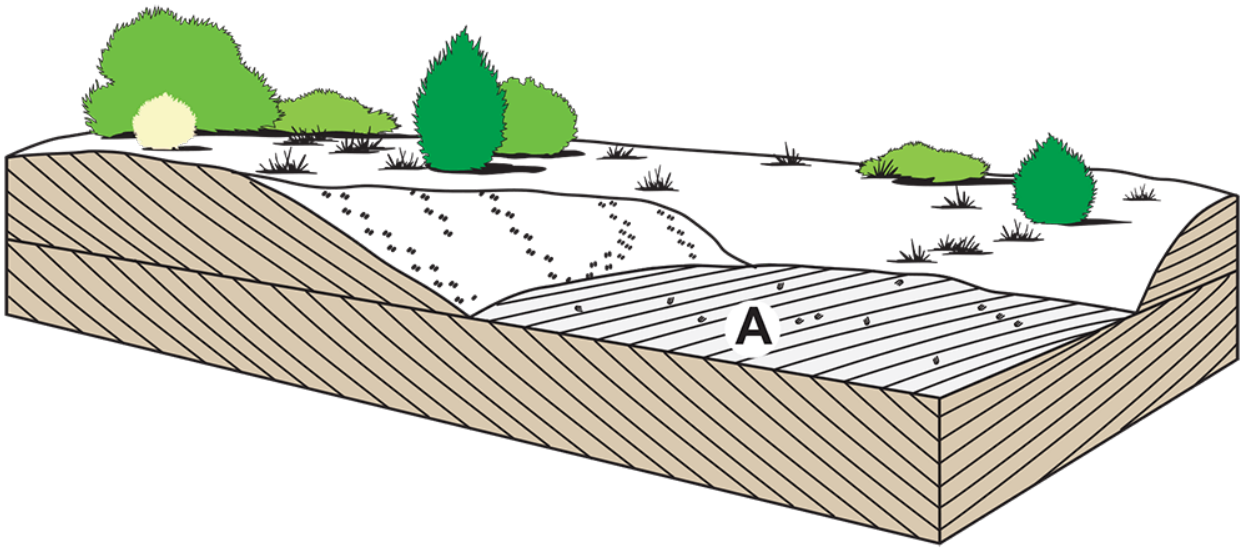


Figura 2.1. Arenisca de estratos entrecruzados que muestra una sección transversal de las superficies inclinadas de los estratos entrecruzados y (A) la superficie horizontal y plana de un juego inferior de entrecruzamientos. Esa superficie fue expuesta por erosión de los entrecruzamientos que estaban más arriba. Ilustración de Carole Stanton.

La ciencia y la objetividad

Comprender la naturaleza y los límites de la objetividad en la ciencia nos coloca en la mejor posición para compensar los problemas que esos límites pueden producir. Cuando una teoría se torna muy arraigada en el pensamiento científico puede surgir una limitación. Una teoría así no es fácil de cambiar. Y puede ser muy difícil para un científico ser objetivo al evaluar una teoría favorita. Tampoco es fácil resistir la marea e ir contra de una teoría popular.

En el estudio de la evolución y la intervención informada, podríamos considerar solo cómo hacer encajar los datos en nuestra teoría favorita y no estar dispuestos a dejar que la ciencia nos diga si partes de nuestra teoría sobre la historia de la Tierra están equivocadas. En realidad, es científicamente válido que una persona esté convencida de que la vida fue creada o de que la vida evolucionó. Ese no es el problema (esa propuesta será defendida más adelante). Todos los científicos trabajan dentro del marco de alguna cosmovisión. Pero informarnos sobre el trabajo y las ideas de otras personas nos puede ayudar a evitar algunos errores graves a la hora de utilizar nuestra cosmovisión para sugerir hipótesis probables. Consideraremos este problema en el capítulo 5.

Bacon y Popper sobre la ciencia y la objetividad

El proceso científico tiene limitaciones, pero no todas estas son malas. La tendencia de aferrarnos a las teorías conocidas hace que la ciencia sea un tanto conservadora y además la refrena de correr tras cada idea extravagante que se sugiera. Hay ventajas en que la ciencia sea conservadora y resista el cambio, siempre que haya un mecanismo para producir cambio cuando sea necesario. Existe un proceso tal, y llegaremos a él más adelante.

¿Son los científicos objetivos, impersonales e imparciales? Sir Francis Bacon pensaba que sí. Propuso una metodología científica para describir cómo opera la ciencia. Según el método de Bacon, los científicos que vacían sus mentes de todas las ideas y teorías preconcebidas y luego recolectan los datos, son objetivos y no pueden sufrir confusión. No obstante, otros tienen problemas con esa filosofía. Karl Popper, un prominente filósofo del siglo veinte, escribió “La ciencia: Problemas, blancos y responsabilidades”,[13] en el que bosquejó su comprensión del método científico. Se refiere a la teoría de Bacon como “El ingenuo dogma de Bacon”. Popper explica el proceso científico como sigue:

1. Tropezamos con un problema.
2. Tratamos de resolverlo al proponer una teoría.

Justo aquí, Popper y Bacon estaban divididos. Bacon dice que deberíamos eliminar de nuestra mente toda idea y teoría preconcebida. En cambio, Popper dice lo opuesto: comenzamos nuestra solución proponiendo alguna teoría para resolverlo. Pensemos por un momento en la idea de Bacon. ¿Cómo haríamos para purgar nuestras mentes de toda idea preconcebida? ¿Cómo sabríamos de qué ideas deshacernos? Aún si tuviéramos éxito, una mente librada de todas esas teorías sería una mente vacía, no meramente imparcial. Popper dijo que Bacon estaba equivocado y que deberíamos comenzar nuestra solución proponiendo alguna teoría. Entonces, Popper sugiere un tercer punto:

3. Aprender de nuestros errores, especialmente aquellos que salen a la luz por la discusión y críticas que otros científicos hacen de nuestros experimentos.

Popper resume brevemente su visión del método científico como problemas, teorías y críticas.

La objetividad científica: el resultado de la crítica y la interacción de grupo

Miremos más de cerca lo que Popper quiso decir con críticas y cómo se relaciona eso con la objetividad. Si no todos los científicos son tan objetivos, ¿cómo progresa la ciencia? Popper declara que "sería un error pensar que los científicos son más 'objetivos' que el resto de la gente. No es la objetividad o la imparcialidad del científico individual, sino de la ciencia misma." La objetividad científica "consiste únicamente en el planteamiento crítico; en el hecho de si usted es parcial a favor de su teoría favorita, algunos de sus amigos y colegas… estarán ansiosos de criticarlo, es decir, si pueden, refutarán sus teorías favoritas". Sostiene que es esa "amigable cooperación hostil de los científicos, es decir su disposición a criticarse mutuamente,[14] lo que hace a la objetividad.

Para decirlo en palabras más simples: usted desarrolla una teoría, trata de ponerla a prueba, y si puede, defiende sus conclusiones. Puede ser que sea parcial hacia tu teoría, pero puede ser que otros científicos no compartan su prejuicio. De hecho, muchos otros científicos observan y evalúan los argumentos que usted presenta. Si los científicos son descuidados en sus investigaciones, puede estar seguro que eventualmente alguien detectará su negligencia y lo publicará para que todo el mundo se entere. Aquellos que argumentan con usted también pueden tener prejuicios, pero la disposición de los científicos a criticar mutuamente sus ideas nos ayuda a ver dónde están los puntos fuertes o débiles de la idea. Cualquiera

objetividad que la ciencia alcance proviene de esa crítica mutua. En la ciencia "*la objetividad proviene de la interacción de grupo*", no porque los científicos individuales sean objetivos.

Popper hace una declaración que parecería muy rara si no fuera por este contexto: "Hasta hay algo como una justificación metodológica para que los científicos sean dogmáticos y prejuiciados". Puede sonar raro, pero escuchémoslo. "Ya que el método de la ciencia es el de la discusión crítica, es de suma importancia que las teorías criticadas sean defendidas con tenacidad. Porque solo de esa manera podemos comprender su verdadero poder; y únicamente si la crítica encuentra resistencia podemos descubrir toda la fuerza de un argumento crítico".[15]

Aun así, puede ser que una buena teoría no tenga una buena oportunidad de ser explicada si alguien no la toma y se esfuerza por desarrollarla. *La objetividad proviene de la interacción del grupo, no del individuo.* Los científicos que piensan que ya lo tienen todo resuelto y que no necesitan escuchar a ningún otro, probablemente no contribuyan en forma efectiva a la ciencia.

La perspectiva científica en el espacio y en el tiempo

La perspectiva con la cual observamos muchas cosas afecta si podremos alcanzar una comprensión realista de ellas. Desde un valle, las montañas parecen muy altas, pero la vista desde una nave espacial brinda una perspectiva más precisa. En realidad, las montañas son pequeñas rugosidades en la superficie de la Tierra, pero no aparecen así desde nuestra limitada perspectiva normal. El estudio de la cosmología provee otro ejemplo: la humanidad es pequeña en comparación con el universo, de manera que nos llevó miles de años descubrir que la tierra gira en torno al sol.

También vemos nuestro mundo desde una perspectiva limitada en el tiempo, y eso hace que sea más difícil estudiar los eventos históricos. Con anterioridad, discutimos la reconstrucción de un jarrón de vidrio. Cuando tratamos de responder preguntas históricas sobre jarrones de vidrio, nuestro problema principal es que no podemos retroceder en el tiempo y observar qué ocurrió. En algún momento del pasado, la gente fabricaba esos jarrones y los usaba. Un científico que vivía en esa época pudo observar cómo se hacían y para qué se usaban y podía disponer de todos los datos para alcanzar conclusiones fiables. Pasó el tiempo, la gente murió, y todo lo que nos queda son vidrios rotos. La mayoría de los datos desaparecieron; en consecuencia, las conclusiones a las que podemos arribar por medio del estudio de esa evidencia tienen límites muy definidos.

Al estudiar la historia de la Tierra, tenemos el mismo problema que con los jarrones. Un científico que viviera durante toda la historia de la Tierra y observara

la formación de rocas y fósiles y los cambios en los seres vivientes tendría todos los datos para arribar a conclusiones sólidas. En la actualidad, los científicos tienen que fiarse de los fósiles y las rocas para el estudio de la historia de la Tierra y la historia de la vida. Esos proveen evidencia circunstancial, pero una buena parte de los datos cruciales han desaparecido para siempre. Puede parecer que los datos que disponemos señalen en forma convincente una conclusión, pero podrían haber existido factores adicionales que afectaron los procesos geológicos en el pasado de los cuales no sabemos nada. Eso podría guiarnos confiadamente en la dirección equivocada.

La ciencia se destaca en el estudio de las cosas que suceden ahora. La fisiología del flujo sanguíneo puede estudiarse en conejos que tienen sangre que corre por sus venas ahora mismo. Se pueden hacer experimentos repetidamente en el laboratorio hasta que entendemos qué está ocurriendo dentro de los conejos. Lo mismo es verdad en buena parte de la física, la biología, la química y otras disciplinas. También es así, por lo menos parcialmente, en el estudio de los procesos genéticos actuales que controlan los cambios microevolutivos en las poblaciones de organismos. Sin embargo, en el estudio del pasado, la ciencia tiene un problema. Nadie jamás vio surgir y elevarse una montaña (excepto por los volcanes) ni observó la formación de las rocas en la columna geológica. No obstante, sigue siendo fascinante estudiar esos fenómenos, y es de gran ayuda poner esas cosas en una perspectiva histórica. Por ejemplo, las guerras y tensiones entre las naciones se entienden más fácilmente si se considera la historia de los conflictos del pasado en lugar de considerar solo la situación actual. Una diferencia en el estudio de la historia de la Tierra es que la ciencia no posee un registro histórico escrito. Tratamos de reconstruir esa historia y podemos hacer progresos, pero debemos ser conscientes de las serias limitaciones en el estudio de eventos del pasado remoto.

En las discusiones de la historia de la vida, a veces aparecen declaraciones como la de que la evolución es un hecho tan probado como la ley de la gravedad. Parece que se refieren no solo a los procesos de cambio genético sino también al origen de todas las formas de vida por medio de la evolución. ¿Podemos honestamente hacer ese tipo de declaración? El estudio de la historia de la vida es el estudio de una serie de eventos que ocurrieron en algún momento del pasado. No podemos hacer que esos eventos vuelvan a ocurrir. Por lo tanto, no es realista decir que la dimensión histórica de la evolución (o cualquier otra teoría sobre el pasado) es un hecho tan probado como la ley de la gravedad. Existe una gran diferencia entre esos dos fenómenos.

¿Cómo trata la geología con este problema de la historia? Por ejemplo, considere el estudio de las areniscas entrecruzadas (Fig. 2.2).

Los geólogos estudian el origen de esos entrecruzamientos inclinados al comparar las características de la arenisca con situaciones donde se deposita la arena hoy. Excavan zanjas en las dunas del desierto y comparan los detalles de los estratos de arena dentro de las dunas con los estratos que se encuentran en la arenisca para ver si las dunas son un análogo razonable para la formación de las rocas.

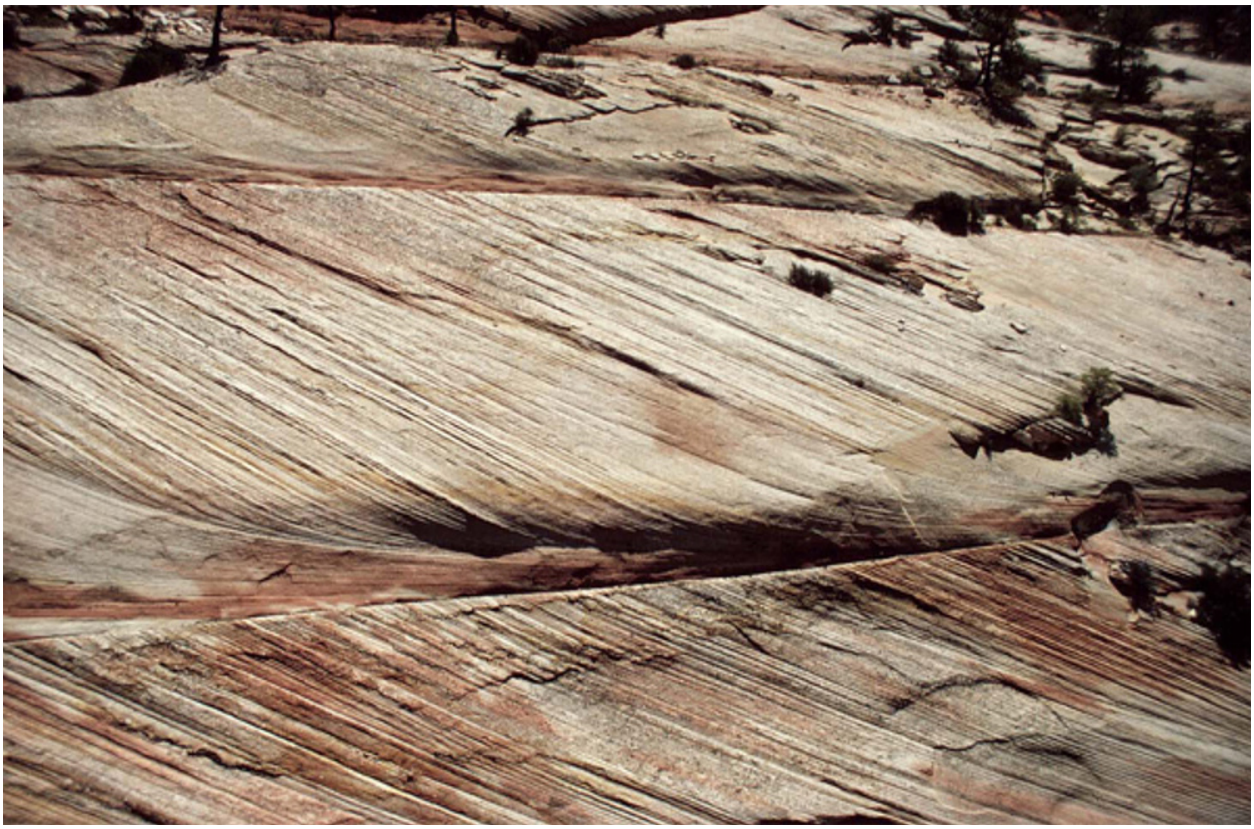


Figura 2.2. Arenisca entrecruzada en la Navajo Sandstone, Parque Nacional Zion. Fotografía de Leonard Brand.

¿Puede ser que esa arenisca pudo depositarse de la misma manera como la arena en una duna desértica moderna? Otros análogos deberán examinarse también y compararse con las dunas del desierto para determinar cuáles tienen características más parecidas a las de la formación rocosa. Es como tomar un examen de opción múltiple:

¿Cuál es el análogo moderno correcto para la arenisca?

a. Duna de desierto
b. Banco de arena de río
c. Delta de río
d. Depósito de playa oceánica
e. Duna subacuática
f. Ninguna de las anteriores

La dificultad más importante en ese proceso surge si en realidad la respuesta correcta es “ninguna de las anteriores”. Probablemente no tendríamos manera de saberlo, y elegiríamos uno de los análogos observados. En ese caso, la ciencia se transforma en, como expresó Kettering, “una manera organizada de equivocarse con confianza.”

¿Qué pasa si la roca se formó en una inundación a gran escala (diluvio, megainundación), mayor que cualquier cosa que se observa hoy? No hay duda de que un evento tal involucraría procesos muy similares a algunas de las opciones mencionadas anteriormente. La diferencia radicaría en la magnitud, tanto en la extensión como en la velocidad de la sedimentación. En muchos aspectos el proceso podría imitar uno o más de los procesos modernos. De manera que, aunque la roca fuera el resultado de una megainundación, no lo sabríamos. Probablemente elegiríamos por respuesta un análogo moderno de menor magnitud. Por supuesto, un evento a gran escala debería dejar algunos elementos característicos en los sedimentos; pero ya que nunca observamos un evento tal podríamos demorar en reconocer esos elementos. De hecho, podríamos tener solo una vaga idea acerca de qué buscar.

En el estudio de la historia, no podemos estar seguros de tener el análogo correcto. Aún así debemos tenerlo para alcanzar la conclusión correcta. Por consiguiente, están a la orden dosis liberales de humildad y precaución cuando estudiamos lo sucedido en el pasado. Eso es cierto tanto para los no intervencionistas como para los intervencionistas. ¿Significa eso que la geología y la paleontología no son ciencias efectivas? De ninguna manera. Solo quiere decir que los científicos en esas áreas tienen que ser al menos tan cautelosos como otros científicos y a menudo más humildes como para no hacer la afirmación injustificable de que saben con seguridad lo que sucedió en algún momento distante del pasado.

Ojalá que eso nos ayude a entender que cuando discutimos la evolución o la intervención informada, ninguno de nosotros, no importa cuál sea la filosofía de la cual partamos, está en condiciones de hacer declaraciones científicas dogmáticas

acerca del punto de vista de algún otro sobre el tema. Nunca es constructivo ridiculizar a alguien que también busca honestamente la comprensión.

Relación de la ciencia con la experiencia total

La ciencia hace algunas cosas muy bien. A pesar de sus limitaciones, la ciencia es una actividad muy productiva, una manera poderosa de mejorar nuestro mundo o de acercarnos a la verdad. La ciencia se luce cuando estudia las características de objetos y procesos que se pueden observar y cuantificar. Cuando el análisis de esos datos se combina con la crítica mutua entre los científicos para mejorar el nivel de objetividad, se convierte en una excelente herramienta para descubrir la verdad.

No obstante, en algunas áreas, la contribución de la ciencia es más limitada, como por ejemplo en el estudio de los valores, la religión y la historia antigua. Y nuestro conocimiento científico en cualquier momento solo es un informe de progreso en el camino hacia el entendimiento. Si lo vemos en este contexto, seremos más realistas y comprenderemos mejor el significado y el papel de la ciencia. Un filósofo expresó: "El antiguo ideal científico del episteme —el conocimiento absolutamente cierto y demostrable— ha demostrado ser un ídolo. La exigencia de objetividad científica hace que sea inevitable que cada declaración científica deba permanecer *tentativa para siempre*".[16] Si una idea no es tentativa, se ha convertido en dogma, y la ciencia no puede operar con un dogma.

El conocimiento científico cambia y las teorías tienen un período de vigencia. En la ciencia, las teorías a menudo se reemplazan con teorías mejores. Ahora que la ciencia se mueve más rápido que en el pasado, el período de vigencia de las teorías es probablemente más corto. Por lo tanto, es recomendable no aferrarse demasiado a nuestras teorías favoritas. Debemos estar listos para seguir adelante a medida que la ciencia progresa con nuevos datos y teorías.

Piense sobre las ideas científicas como si estuvieran ordenadas a lo largo de un continuo que se extiende desde los campos bien estudiados en un extremo del continuo (por ej., los efectos de la gravedad) hasta los campos del otro extremo (por ej., partes de la biología molecular) en los que la ciencia está desafiando las fronteras de nuestro conocimiento. Los campos de la biología molecular y la genética molecular son disciplinas muy activas, pero porciones principales de esos campos aún son muy jóvenes. Los conceptos que se aceptaban como verdaderos hace diez o veinte años (o a veces la semana pasada) ya no son considerados correctos. Los libros de texto en la biología molecular ya se vuelven obsoletos antes de alcanzar la audiencia propuesta. Nuestra comprensión sufrirá muchos cambios más en esas áreas.

No es realista poner la ciencia en una caja o creer todo o dudar de todo. Cualquiera de esos planteamientos sería un camino de escape fácil, dado que no requieren el pensamiento. No existe una buena manera de evitar la necesidad de pensar y evaluar, de analizar en forma crítica lo que leemos, y mantener a la ciencia en la perspectiva correcta respecto de los valores humanos y los valores religiosos que le dan sentido a la vida.

En 1889, el prominente geólogo Thomas Chamberlin, presentó un trabajo a la Society of Western Naturalists titulado "El método de las múltiples hipótesis de trabajo". En ese trabajo, más adelante publicado en la revista *Science*, Chamberlin identificó tres métodos para desarrollar explicaciones: lo que él denominó como "teorías gobernantes", hipótesis de trabajo y múltiples hipótesis de trabajo.[17] Chamberlin afirmó que trabajar con las "teorías gobernantes" consiste en buscar que las observaciones estén de acuerdo con una teoría existente dominante, claramente un método que no estimula la objetividad. El segundo método, el desarrollo de una única hipótesis de trabajo, da más lugar a la objetividad pero prontamente puede tentar al investigador a que establezca una nueva "teoría gobernante". Entonces Chamberlin aboga por el uso de múltiples hipótesis de trabajo. En ese esfuerzo, el investigador desarrolla, generalmente en forma escrita, todas las explicaciones concebibles para el fenómeno observado, incluyendo explicaciones que a él o ella no le gusten. Entonces, busca eliminar a través de la investigación experimental tantas de las explicaciones contrastantes como sea posible. Más arriba, en la discusión sobre el origen de las areniscas, desarrollamos un conjunto de tales hipótesis de trabajo. Una de las hipótesis siempre tiene que ser "ninguna de las anteriores", lo que quiere decir que la respuesta correcta puede no ser una de las opciones, y a lo mejor no es algo que podamos explicar con las herramientas que tenemos.

Ese método parece ser una de las avenidas más promisorias en la búsqueda de explicaciones verdaderas, y es un concepto muy importante si lo usamos sabiamente. No es probable que sigamos usando todas las hipótesis por mucho tiempo, pero ese método nos fuerza a abrir la mente y pensar sobre una variedad de explicaciones posibles, y a no quedarnos estancados en nuestra teoría favorita o la primera idea que surja. Nos da opciones que podemos poner a prueba con nuestra investigación, para encontrar cuál recibirá el apoyo de la evidencia acumulada. Ese método es relevante especialmente en la geología (recordemos, Chamberlin era geólogo) y en otros tipos de estudios históricos siendo que nos desafía a imaginarnos lo que pasó en el pasado que no podemos observar ahora.

Otro prominente geólogo a principios del siglo XX instó a los demás geólogos a darle seria importancia a las hipótesis descomunales (extravagantes).[18] Este término se refiera a ideas que al principio parecen muy radicales para que se las tome en serio. William Davis nos recordó que cuando fueron propuestas, muchas

de las hipótesis exitosas parecían muy descomunales o escandalosas y fueron rechazadas cuando se propusieron por primera vez, lo que incluye la deriva continental, y cuando Harlen Bretz propuso una excavación catastrófica de una red de cañones en el centro y el Este de Washington. Cuando hacemos una lista de múltiples hipótesis de trabajo para alguna pregunta que investigamos, aumentamos nuestras posibilidades de éxito si no tenemos miedo de incluir algunas "hipótesis descomunales."

Los datos, las interpretaciones y el pensamiento crítico

¿Cómo sabemos qué es verdad? La epistemología es el estudio de cómo adquirimos y evaluamos el conocimiento y de cómo determinar lo que es verdadero, o por lo menos evaluar lo que es más probable que sea verdad.[19] A medida que buscamos respuestas sobre la historia de la vida sobre el planeta Tierra, el pensamiento crítico será esencial. Pensar de forma crítica es más bien para evaluar lo que conocemos y no confiarnos de todo. Uno de los primeros pasos es reconocer la diferencia entre datos y declaraciones de interpretaciones de los datos. Por ejemplo, el biólogo Jerry Coyne escribió un libro titulado *Why Evolution Is True* (Por qué la evolución es verdad).[20] Como el título indica, el anhela convencernos de que la vida surgió por evolución. Él declara que "todos nosotros —usted, yo, el elefante y el cactus en la maceta— compartimos algunos caracteres fundamentales. Entre esos están las rutas bioquímicas que usamos para producir energía, nuestro código de cuatro letras del ADN, y la manera en que ese código se lee y se traduce en las proteínas. Eso nos dice que todas las especies se remontan a un ancestro común único."[21]

Parece bastante confiado en su conclusión: todos trazamos nuestro linaje hasta un antepasado común único. Podríamos simplemente confiar en su pericia y creer su declaración, o reconocer que la *confianza* no es la cuestión. Los científicos disienten unos con otros todo el tiempo sobre muchas cosas, así que en lugar de confiar ciegamente, aplicamos nuestro pensamiento crítico, comenzando con preguntar qué partes de la declaración están basadas en los datos y qué partes son su interpretación. Si hemos estudiado bioquímica, probablemente estaremos seguros de que podemos confiar en la declaración de que todos esos organismos "comparten algunos caracteres fundamentales. Entre estos están las rutas bioquímicas que usamos para producir energía, nuestro código de cuatro letras del ADN, y la manera en que ese código se lee y se traduce en las proteínas". Esos son sus datos. Luego sigue con su interpretación: "Eso nos dice que todas las especies se remontan a un ancestro común único". Para comprender la base de esa interpretación, necesitamos un poquito más de información. ¿Cuál es su

cosmovisión, el conjunto de presuposiciones que constituyen su marco para la comprensión de la vida y nuestro universo? Su libro señala claramente que su cosmovisión comienza con su creencia de que la explicación para los orígenes no incluye un Creador. Una de las presuposiciones que forman la base de su pensamiento es el origen evolutivo y naturalista de toda la vida.

Más adelante en su libro, llega a declarar, "La alternativa que más comúnmente se sugiere nos lleva al dominio de lo sobrenatural". La alternativa a la que se refiere es que todos tenemos la misma bioquímica porque el Creador nos hizo a todos con la misma bioquímica, la que Dios inventó. Coyne rechaza esa alternativa porque su *cosmovisión* no lo permite. Si comprendemos de qué manera todos esos elementos —*datos, interpretación, asunciones, y cosmovisión*— participan de ese proceso de pensamiento, podremos entender lo que realmente está diciendo y por qué lo dice. Entonces estamos en la posición de evaluar la fuerza o la falta de fuerza de su argumento, y si deseamos llegar con él a la misma conclusión. Eso ilustra la base del pensamiento crítico.

---

[1] R.A. Heinlein, *The number of the Beast* [*El número de la bestia*] (New York; Fawcett Columbine, 1980).

[2] L.R. Brand, "The Vocal Repertoire of Chipmunks (Genus *Eutamias*) in California", ["El repertorio vocal de las ardillas listadas (género *Eutamias*) en California"], *Animal Behaviour* 24 (1976): 319-35.

[3] K.R. Popper, "Science: Problems, Aims, Responsibilities," ["La ciencia: problemas, blancos, responsabilidades"], *Federation Proceedings* 22 (1963): 961-72.

[4] W. Weaver, "The Imperfections of Science", ["Las imperfecciones de la ciencia"], *American Scientist* 49(1961): 99-113.

[5] *Ibid*.

[6] L.R. Brand, "Tree Nests of California Chipmunks (*Eutamias*)", ["Nidos arbóreos de ardillas listadas (*Eutamias*) de California"], *American Midland Naturalist* 91 (1974): 489-91.

[7] J.E. Hill y J.D. Smith, *Bats: A Natural History* [*Los murciélagos: una historia natural*] (Austin: University of Texas Press, 1984).

[8] L. Brand, "Field and Laboratory Studies on the Coconino Sandstone (Permian) Vertebrate Footprints and Their Paleocological Implications", ["Estudios de campo y laboratorio con las huellas de vertebrados en la Coconino Sandstone (Pérmico) y sus implicaciones paleoecológicas"], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 28 (1979): 25-38.

[9] A.V. Chadwick, "*Cappasporites*: A Common Middle Pennsylvanian Palynomorph", ["*Cappasporites*: Un palinomorfo común del Pensilvánico Medio"], *Palynology* 7 (1983): 205-10, doi:10.2307/3687467.

[10] Vea Sigma Xi, *Honor in Science* [*Honor en la ciencia*] (Research Triangle Park, NC: Sigma Xi, The Scientific Research Society, 1991).

[11] L. Oliwenstein, “Fossil Fraud”, [“Fraude fósil”], *Discover* 11 (1990): 43-44.

[12] L.M. Branscomb, “Integrity in Science”, [“Integridad en la ciencia”], *American Scientist* 73 (1985): 421-23.

[13] Popper, “Science: Problems, Aims, Responsibilities”.

[14] *Ibid*., 965.

[15] *Ibid*.

[16] K.R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York: Harper & Row, 1959); [Existe versión en español: *La lógica del descubrimiento científico*, Madrid: Tecnos, 1962].

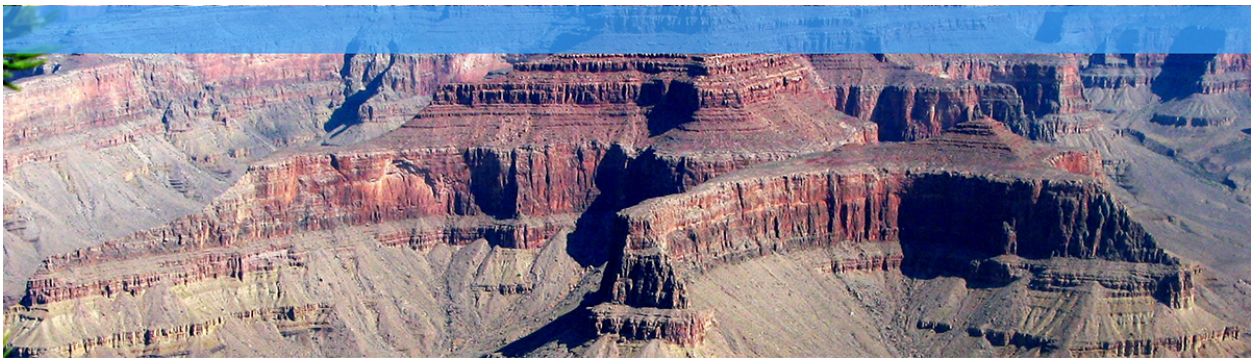
[17] T.C. Chamberlin, “The Method of Multiple Working Hypotheses”, [“El método de múltiples hipótesis de trabajo”], *Science* 148 (1965): 754-59.

[18] W.M. Davis, “The Value of Outrageous Geological Hypotheses”. [“El valor de las hipótesis geológicas descomunales”], *Science* 63 (1926): 463-68.

[19] L. Brand, “How Do We Know What Is True?” [“¿Cómo sabemos lo que es verdad?”], *Journal of Adventist Education* 73 (2010/2011): 16-23.

[20] J.A. Coyne, *Why Evolution Is True* [*Por qué la evolución es verdad*] (New York: Viking, 2009).

[21] *Ibid*., 4-5.



Capítulo 3

Puntos culminantes de la historia de la ciencia

Reseña

Este capítulo presenta una reseña de la historia de la ciencia (Fig. 3.1). Los orígenes de la teoría de la evolución y de la filosofía del naturalismo se pueden comprender mejor si se consideran en su contexto histórico. La ciencia tuvo sus comienzos en el antiguo Egipto, la Mesopotamia y Grecia; se esparció a la China y los países musulmanes; y finalmente se instaló nuevamente en Europa, donde estuvo centrada por buena parte de la historia. La ciencia y la religión a veces se apoyaban mutuamente y en otros momentos experimentaron algunos episodios difíciles. La reacción contra el abuso de poder por parte de la iglesia y el gobierno y contra el uso de explicaciones sobrenaturales para lo que la ciencia no podía explicar, llevaron a un paradigma naturalista que todavía domina la ciencia. Hacemos un esquema del desarrollo de la teoría de la evolución con su dependencia en el tiempo geológico profundo y en la creciente influencia del pensamiento naturalista. Las reacciones cristianas a la teoría de Charles Darwin incluyeron la geología revisionista de George McCready Price, luego la investigación constructiva por científicos con orientación bíblica, y el movimiento del Diseño Inteligente (DI).

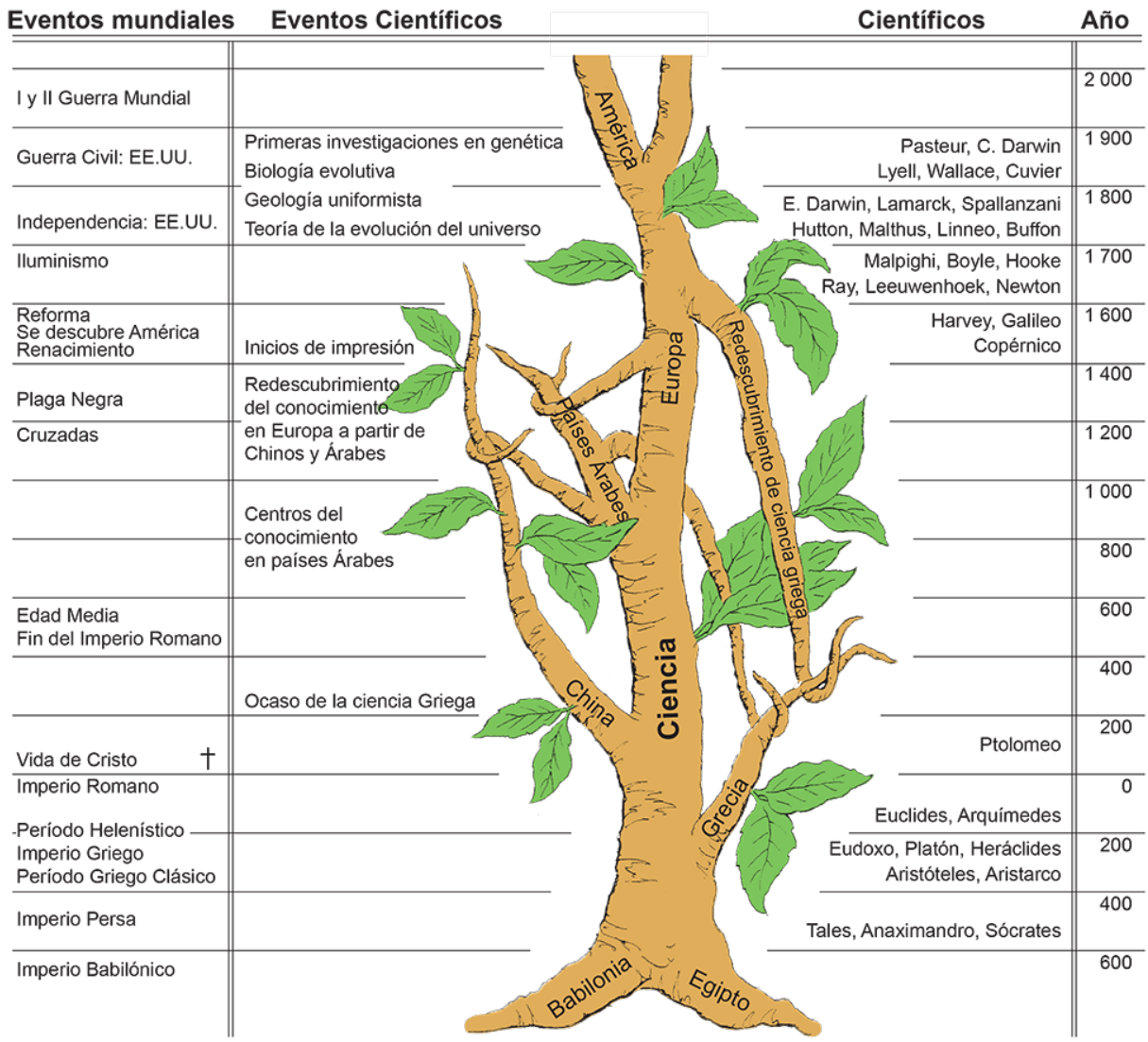


Figura 3.1. Un resumen breve de la historia de la ciencia en su contexto cultural, político y religioso. El entrelazado de las ramas representa el flujo de la investigación científica entre las culturas. Ilustración de Joy Chadwick y Robert Knabenbauer.

Los comienzos de la ciencia

La ciencia griega

Los esfuerzos científicos tempranos en la Mesopotamia, Egipto y Asia Menor no se parecían en nada a la ciencia moderna, pero los individuos comenzaron a desarrollar conceptos sobre la estructura del universo. Comenzando en el quinto siglo a.C., la ciencia más desarrollada estaba en Grecia. Tres famosos

representantes de esa era fueron Sócrates (470-399 a.C.), su estudiante Platón (429-347 a.C.) y el estudiante de Platón, Aristóteles (384-322 a.C.). Estaban interesados tanto en la conducta humana como en el mundo físico.

Aristóteles, el alumno más importante de Platón, escribió sobre muchas disciplinas, tales como ética, política, biología, cosmología y lógica. Desarrolló un sistema bastante coherente de pensamiento, aunque muchas de sus ideas estaban equivocadas. Su trabajo fue la inspiración para la ciencia griega del helenismo. Desafortunadamente, muchos de los eruditos posteriores no continuaron con su búsqueda cuidadosa; se enfocaron en los antiguos maestros griegos en busca de la verdad.

El ocaso de la ciencia griega

La ciencia griega floreció hasta el dominio romano y luego comenzó a declinar. Para el año 200 a. D. estaba prácticamente muerta. Finalmente, Roma decayó, los bárbaros germanos invadieron Europa, y la cultura griega mayormente desapareció. Durante la Edad Media, los musulmanes ocuparon grandes áreas del Oriente Medio, norte de África y partes de Europa. Durante ese tiempo, los centros del conocimiento estaban en los países árabes. Esos eruditos aprendieron de los griegos y de la ciencia altamente desarrollada de China,[1] a la que luego añadieron sus propias contribuciones, transformándose en guardianes de la ciencia europea.

Europa redescubre su pasado

A partir del siglo XII, la Europa cristiana comenzó a redescubrir su propia herencia científica, junto con las contribuciones de los musulmanes y los chinos. Durante la época del Renacimiento (1300-1650), se tradujeron muchos manuscritos griegos originales. Los científicos de la Edad Media realizaron muy poca experimentación. El comienzo de la tecnología europea, con inventos tales como la imprenta (1454), métodos de fundición y la brújula magnética (de China), empezó a transformar la sociedad y contribuir a la ciencia.

De esa forma, la Europa de la Edad Media recuperó el pensamiento griego, lo dominó y desarrolló nuevas destrezas y una nueva orientación intelectual. Para mediados del siglo dieciséis, Europa se hallaba en plena posesión de su historia intelectual, y los científicos comenzaron a pensar que el siglo de oro de la ciencia estaba en el futuro. El camino estaba abierto para la ciencia moderna. Consideraremos unas pocas áreas de estudio importantes en esos primeros siglos.

La cosmología

En el área de la cosmología, que se concierne con la naturaleza y el origen de nuestro universo, Platón concebía de los planetas como moviéndose en círculos perfectos (la órbita perfecta), y los científicos pensaron que la Tierra debía ser el centro del universo. Desde esa época en adelante, los eruditos supieron que la Tierra era esférica, y algunos cálculos sobre su tamaño fueron bastante precisos.[2] Eudoxo (409-356 a.C.) construyó el primer modelo matemático del movimiento planetario. En él, los planetas se transportaban sobre esferas teóricas movidas por otras esferas. Este modelo podía dar cuenta de los fenómenos observados del movimiento planetario. Era geocéntrico, es decir, se consideraba que la Tierra estaba ubicada en el centro del universo. Algunos científicos pensaron que las esferas planetarias no solo eran esferas matemáticas teóricas, sino esferas físicamente ligadas hechas de "cristalino". En la Edad Media, eso se transformó en dogma.

No todos los cosmólogos antiguos estaban en completo acuerdo con la teoría geocéntrica. Heráclides, un contemporáneo de Aristóteles, sugirió que la Tierra rota sobre su eje, y Filolao (470-385 a.C.) propuso lo mismo antes de él. En un caso clásico de anticipar un desarrollo futuro, Aristarco (310-230 a.C.) sugirió que el sol y las estrellas fijas no poseen movimiento, que los planetas rotan alrededor del sol, y que la Tierra circula alrededor del sol una vez al año. También sugirió que la tierra rota sobre su eje. Sin embargo, sus ideas mayormente no fueron aceptadas. En cambio, la teoría geocéntrica se desarrolló aún más y se refinó para dar cuenta de nuevos datos. Claudio Ptolomeo (85-165 d.C.), el último de los grandes astrónomos griegos, escribió *El Almagesto*, un tratado comprehensivo de cosmología.[3] Él creía en una cosmología geocéntrica y argumentaba que la Tierra era estacionaria. Esas eran conclusiones razonables, dada la información disponible en esa época.

Un concepto fundamental de su trabajo fue la conversión de las aparentes irregularidades del movimiento planetario a leyes matemáticas. Por ejemplo, Marte, Júpiter y Saturno rotan más lento que la Tierra y la Tierra los sobrepasa. En consecuencia, parece como que retroceden (Fig. 3.2) Además, algunos planetas (como Marte) varían en su brillo por la distancia cambiante desde la Tierra a lo largo del año. Ptolomeo explicó esas observaciones con dos recursos. Uno es el excéntrico, una esfera cuyo centro no es la Tierra. El otro es un epiciclo, una esfera pequeña que rota alrededor de un punto en el perímetro de una esfera más grande, el deferente. Esos mecanismos podían explicar matemáticamente los datos con sorprendente precisión. Pero la complejidad de la teoría se volvió preocupante.

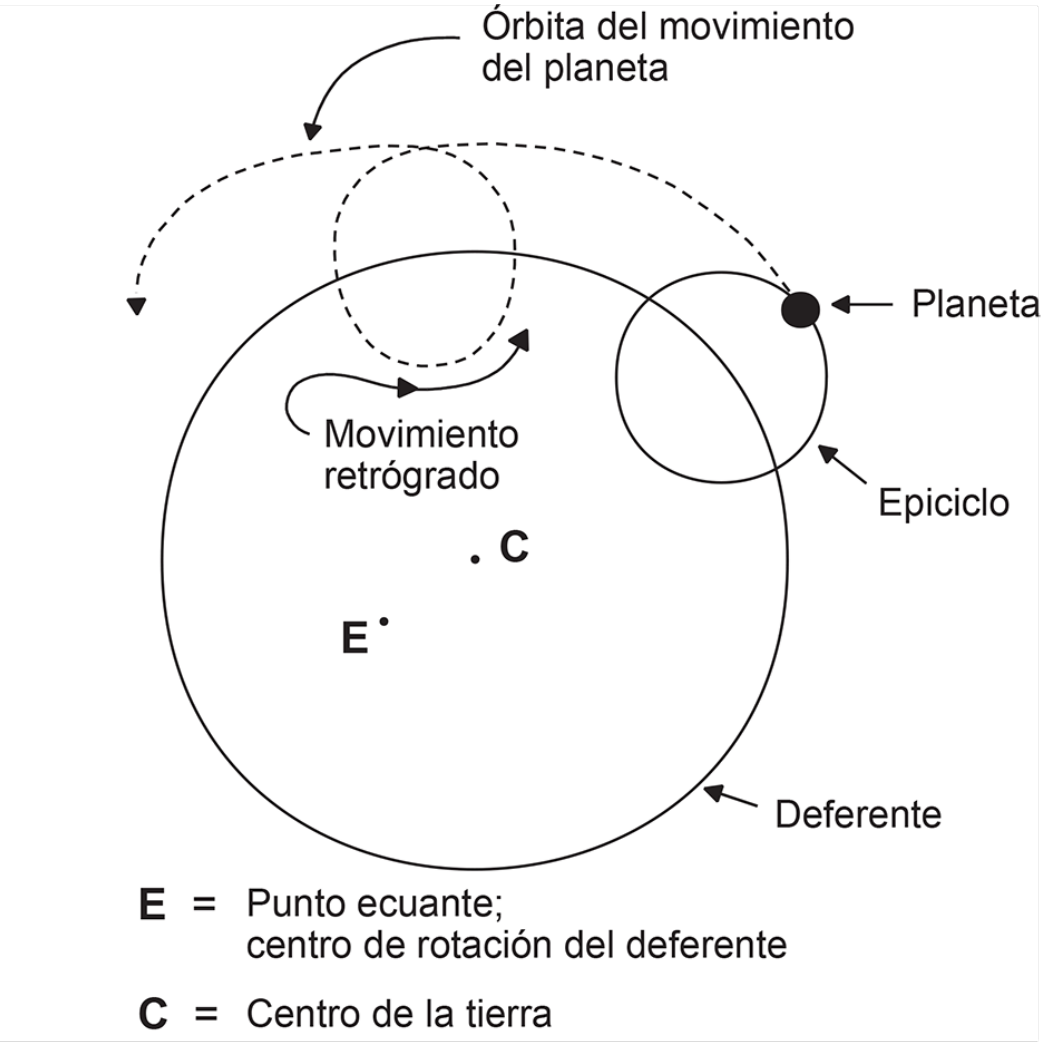


Figura 3.2. Diagrama de los mecanismos usados en la astronomía ptolemaica para explicar los movimientos de los planetas, incluido el movimiento retrógrado (hacia atrás) de algunos planetas. Ilustración de Leonard Brand.

Copérnico (1473-1543) fue un cosmólogo que respondió con un pensamiento creativo y visionario que resultó de su teoría heliocéntrica, presentada en un libro titulado *On the Revolutions of Celestial Orbs* [*Sobre las rotaciones de los orbes celestes*].[4] Todavía era similar en muchas maneras a la teoría geocéntrica, con las esferas transportando los planetas y la esfera exterior llevando las estrellas fijas (Fig.3.3). El aspecto importante de esa teoría fue que el foco cambió de la Tierra al Sol. El sol estaba en o cerca del centro del universo y los planetas rotaban a su alrededor.

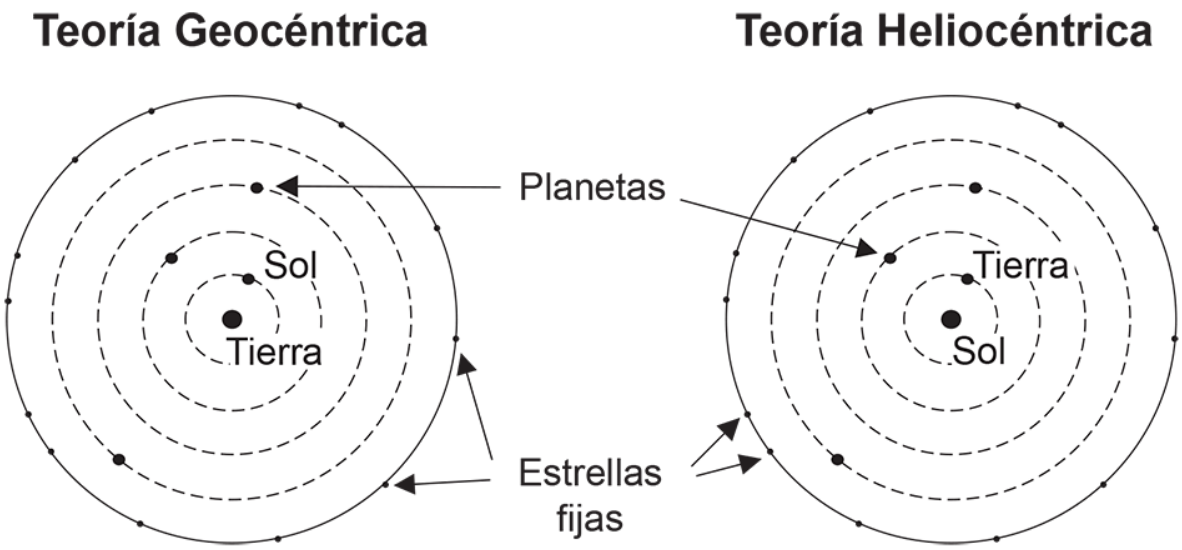


Figura 3.3. Comparación entre la teoría geocéntrica y la heliocéntrica tal como las comprendió Copérnico. Ilustración de Leonard Brand.

La mayoría de los científicos rechazó su libro. Los científicos no aceptan rápidamente las ideas nuevas y radicales, y la teoría de Copérnico era contraria a las enseñanzas de la Iglesia. Además, parte de los datos no favorecía el sistema copernicano. Con la ayuda del científico italiano Galileo Galilei (1564-1642) y otros, la teoría copernicana gradualmente ganó favor.

La generación espontánea

Durante la Edad Media era común pensar que los organismos surgían espontáneamente. Cualquiera podía observar que aparecían ratones si se dejaba una pila de trapos en un rincón y que los gusanos se materializaban en la carne sin haber venido de ningún lado. Además, los microbios aparecían espontáneamente en un caldo de nutrientes. Hasta los científicos creían que esos organismos se desarrollaban espontáneamente. Por supuesto, algunos dudaban de esa teoría, y sus intentos por refutarla constituyen un capítulo largo e interesante de la ciencia.

Entre los siglos XVII y XVIII, una serie de experimentos a cargo de Francesco Redi (1626-1697), Lazzaro Spallanzani (1729-1799) y Louis Pasteur (1822-1895) desgastaron gradualmente la confianza en la generación espontánea. Primero se refutó el origen espontáneo de los gusanos en la carne; llevó más tiempo demostrar en forma convincente que los microbios no aparecen

espontáneamente en un caldo de nutrientes. Una serie elegante de experimentos hechos por Pasteur finalmente hicieron perder la confianza en la creencia de la generación espontánea.[5] Sin embargo, no pasó mucho tiempo antes de que el terreno estuviera preparado para la reaparición de una teoría, en una forma más moderna, del origen espontáneo de la vida (véase el capítulo 7).

Relación de la iglesia con la ciencia

El cristianismo presentó la noción de un Dios coherente, legislador y confiable que proporcionó el fundamento para la ciencia europea.[6] La creación del universo por parte de un Dios inteligente y racional explica por qué el universo es tan inteligible y abierto a nuestra investigación científica, y por qué la naturaleza exhibe procesos y patrones uniformes. Un científico secular no tiene tal fundamento para comprender el universo, y por lo general, debe aceptar esos conceptos como meras suposiciones.

A pesar de ello, a lo largo de la historia, la iglesia cometió errores. No siempre les fue bien a los científicos que proponían nuevas ideas. Oresme (1323-1382) discutió la teoría de que la Tierra rotaba, pero luego la negó porque pensó que la teoría contradecía la Biblia. Su creencia en una Tierra inmóvil procedía en realidad de la ciencia griega, no de la Biblia. Galileo apoyó la teoría copernicana, y por eso, fue enjuiciado y puesto bajo arresto domiciliario por la iglesia.

En realidad, a la iglesia se la acusó por lo que comenzó como una disputa entre los seguidores de dos teorías incompatibles de la estructura del universo. Había otros factores que complicaban las cosas, tal como la política religiosa que afectaron las personalidades abrasivas del papa Urbano VIII y de Galileo, lo que exageró sus problemas con los líderes de la iglesia.[7] En el tiempo cuando Galileo tuvo sus problemas, otros astrónomos, incluyendo a Johannes Kepler, enseñaban y escribían abiertamente sin reprensión sobre el heliocentrismo. El papa Urbano VIII, amigo de Galileo, le dio su bendición sobre los planes de su libro sobre los movimientos del sistema solar. Urbano le pidió que diera una presentación equilibrada tanto del geocentrismo como del heliocentrismo, siendo que él creía que los cuerpos en los cielos tal vez se movían de maneras que no se entendían en la Tierra. Galileo estuvo de acuerdo, pero no cumplió su promesa; en el libro, abiertamente insultó al papa. Eso fue demasiado, y se lo llamó a Galileo a Roma para que diera cuenta de su arrogancia. De acuerdo con un historiador, uno de los mitos más comunes de la situación con Galileo es que “fue condenado por la Iglesia Católica por haber descubierto la verdad,” y ese mito se “usa para justificar la incompatibilidad entre la ciencia y la religión”. Concluye que “esa tesis es errónea, engañosa y simplista.”[8]

Este es un ejemplo del peligro de basar la propia teología en el pensamiento científico contemporáneo: la ciencia podría seguir adelante y dejar a la teología sin fundamento. Todavía hoy, ese es un problema significativo, dado que muchos teólogos cristianos basan su teología en la teoría de la evolución aunque muchas nuevas evidencias desafían la teoría darwinista.

El naturalismo y su contexto histórico

Existió una época cuando los científicos creían que su trabajo científico era guiado por la comprensión del Creador y su obra. Un ejemplo de la creencia en un Dios Creador es un libro de John Ray.[9] ¿Por qué cambió eso? El contexto histórico hace que podamos entender mejor el cambio. A lo largo de varios cientos de años de historia, hubo una progresión de pensamiento que se alejó de la creencia en un Dios creador bíblico y que se acercó al concepto moderno del naturalismo, dado que la ciencia no puede aceptar la idea de un Dios que alguna vez llevó a cabo milagros.

En los siglos pasados, existieron muchos fenómenos en la naturaleza sin que se dispusiera de explicaciones basadas en la evidencia. No se tuvieron explicaciones para muchas de las funciones de nuestros cuerpos, como por ejemplo, qué hace que la sangre fluya, y de cómo opera el universo. Era común invocar milagros como explicaciones para esas características físicas o biológicas que presentan desafíos.

A medida que avanzó el conocimiento, se descubrió que esas características se podían explicar con leyes físicas y químicas normales, no sobrenaturales. Los científicos prominentes como Ray, Isaac Newton y Robert Boyle buscaron contrarrestar la tendencia de dar explicaciones sobrenaturales para los procesos de todos los días que podemos estudiar y comprender en el laboratorio. Su pensamiento combinaba dos conceptos principales: (1) la naturaleza es “un sistema de materia y energía regulado por leyes” y (2) “la naturaleza es una habitación creada para el uso y edificación de seres inteligentes por un Dios omnipotente, omnisciente y benevolente”. Según esa filosofía, Dios hizo el universo para beneficio de la humanidad, pero lo creó para que funcione de acuerdo con un conjunto definido de leyes.[10]

Otros no estuvieron tan deseosos de mantener juntas las dos partes de esa filosofía. Aplicaron la idea de la naturaleza como un sistema de materia y energía regido por leyes a los orígenes de la historia de la vida, tal como a los procesos diarios que podemos estudiar en el laboratorio, y argumentaron en contra de la posibilidad de la creación. Lo sobrenatural se alejó más y más y terminó

remplazándose con explicaciones puramente naturalistas. Hubo una creciente creencia de que Dios ya no necesitaba hacer funcionar el universo, algo que Newton previó y advirtió.

Las tendencias en la sociedad son una parte del contexto histórico que nos ayuda a entender por qué ocurrió ese cambio de pensamiento y cómo y cuándo se hizo. Al mismo tiempo que la ciencia se movía hacia la era moderna, hubo actitudes cambiantes hacia varios tipos de autoridades. Hubo un cansancio creciente de los abusos autocráticos y autoritarios de poder tanto de la Iglesia como del Estado. Durante siglos, el estado y el sistema cultural de castas previnieron que mucha de la población experimentara libertad de pensamiento y acción. La Iglesia cristiana en su estilo medieval demandó adherencia a su sistema de creencias y a su estructura de poder, a menudo con el apoyo y poder del Estado. El resultado de un pensamiento "herético" podía ser y a menudo lo fue, la muerte. La gente estaba lista para un cambio, lista para rechazar la autoridad dominante tanto de la Iglesia como del gobierno. Como parte de esas ansias de libertad, el mundo escolástico estuvo listo para alejarse de la autoridad de la Biblia con sus relatos de eventos milagrosos. El naturalismo metodológico (NM) se transformó en el fundamento del pensamiento científico.

El NM, el paradigma (o cosmovisión) que explica todo en términos de procesos materiales regidos por leyes no aceptará ningún proceso milagroso o sobrenatural. Cuando esas convenientes explicaciones sobrenaturales o místicas, comunes en la Edad Media, finalmente fueron removidas de nuestro pensamiento, el resultado fue un creciente incentivo por buscar explicaciones naturales, regidas por leyes, basadas en las evidencias. El creciente dominio del pensamiento científico naturalista se asoció con la era moderna y su impresionante progreso en la ciencia. En ese momento, el éxito de esa forma de pensar pareció eliminar la necesidad de cualquier acción milagrosa en cualquier momento de la historia del universo. Si existía un Dios, se cuestionó su función en el universo. Se desarrolló un creciente optimismo de que la ciencia podría explicar todo por procesos naturalistas o materialistas. ¿Era esa la respuesta correcta al problema? ¿O será que el cambio fue demasiado lejos y a lo largo del camino se fueron perdiendo algunos factores limitantes? Trataremos esa pregunta con más detalle en el capítulo 5.

Los datos y la filosofía

A medida que la ciencia progresaba, emergieron nuevas teorías cosmológicas, pero estaban crecientemente enmarcadas en términos relacionados con el creciente compromiso con el naturalismo. Una vez se pensó que las estrellas eran perfectas y que no cambiaban. Pero en los siglos XVI y XVII, los astrónomos descubrieron

manchas en el sol y cráteres en la luna, y se dieron cuenta que los cielos realmente cambian. El filósofo Immanuel Kant (1724-1804) y otros desarrollaron una teoría de la evolución del universo por medio de la operación de las leyes del movimiento, comenzando con la materia uniformemente dispersa.[11]

Una revolución similar se desarrolló en la geología. Un mayor reconocimiento del significado de los terremotos, las erupciones volcánicas, inundaciones y deslizamientos de tierra despertó el interés en la geología, pero hasta el comienzo del siglo XVIII, no existía una teoría coherente de la geología. Algunos geólogos creían que el diluvio bíblico fue una realidad que causó la acumulación de los depósitos geológicos. Otra interpretación fue la de que han ocurrido creaciones múltiples y catástrofes y de que el Génesis solo registra el último de los ciclos. Otros argumentaron que al interpretar la geología no se debería usar para nada la Biblia.

El primero en publicar una teoría detallada de la geología fue James Hutton (1726-1797). Su libro, *Theory of the Earth* [Versión en español: *Teoría de la Tierra*],[12] era una explicación completamente uniformista de la geología (la geología histórica se explicaba mediante los mismos procesos geológicos y leyes naturales que se observan hoy) con una historia de la Tierra de millones de años, en la que "no se veía ningún vestigio del comienzo, y ninguna posibilidad de un final". Entonces Charles Lyell (1797-1875) escribió *Principles of Geology* (Versión en español: *Principios de Geología*),[13] publicado en 1830-1833, en el que se desarrollaron aún más las ideas de Hutton. El libro de Lyell era más fácil de leer que el de Hutton y fue muy influyente. Ese libro fue el comienzo de la geología como una ciencia organizada y además fue muy importante para el surgimiento del pensamiento evolutivo, porque sin la geología uniformista y sus largos períodos de tiempo, la teoría general de la evolución no hubiera sido viable. El uniformismo usó un método de interpretación basado en el "actualismo", al contestar preguntas sobre lo desconocido usando solo los datos sobre lo que en realidad puede observarse en experimentos u observaciones de campo. Eso significó que las hipótesis sobre la historia biológica o geológica serían puestas a prueba mediante la comparación con los procesos que ocurren en el presente. El péndulo se inclinó hacia una filosofía completamente naturalista, una que solo aceptaría teorías y explicaciones que no requerían ninguna actividad sobrenatural en ningún momento del pasado o del presente. (El NM se describe aún más en el capítulo 5).

Las primeras teorías coherentes sobre temáticas como la geología, la paleontología y el cambio biológico se desarrollaron en una época en la que la rebelión contra la religión y contra el autoritarismo en general iban en aumento. Sin duda, era necesario que se rechazara el concepto de un universo estático antes de que esas disciplinas podrían prosperar. Además, la atmósfera intelectual influyó sobre la naturaleza de las teorías que se desarrollaron. El pensamiento naturalista

comenzó a dominar el mundo intelectual, y llegó a influir decisivamente sobre los eruditos sobresalientes en la geología y la biología. Muchos científicos creían en un Dios Creador, pero sus ideas no prevalecieron como parte del pensamiento mayoritario.

El desarrollo de la teoría de la evolución

Por siglos, la gente pensó que después de que Dios creó las especies, esas no cambiaban. Esa creencia en el fijismo de las especies, que se originó principalmente de la ciencia griega, comenzó a desarrollarse por lo menos a mediados del siglo XVIII. Un número de individuos desarrollaron conceptos que más tarde contribuyeron a la teoría de la evolución de Charles Darwin.

Compte de Buffon (1707-1788) reconoció la evidencia de la variabilidad en las formas orgánicas. Sugirió que los organismos han cambiado sin la acción divina a través de la operación de un sistema de leyes, para producir la gran variedad que vemos en la naturaleza. Dijo que las especies más débiles se extinguen y anticipó, por lo menos parcialmente, los conceptos de la selección natural y la lucha por la supervivencia. William Charles Wells (1757-1817) sugirió que se originan nuevas formas por variaciones fortuitas, e incluso aplicó la selección natural a los humanos. Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) tenía una visión de la naturaleza estrictamente materialista. Descubrió que ocurren cambios en la estructura geológica de la tierra, por lo cual pensó que probablemente los animales también cambiarían siendo que también dependen de su medio ambiente. Postuló una teoría de evolución (a la que llamó hipótesis del desarrollo) con evolución de nuevas especies y la progresión evolutiva desde las formas de vida más simples hasta los seres humanos. Discutió explícitamente la evolución de la humanidad.

Su mecanismo para ese proceso era bastante diferente al pensamiento evolucionista moderno. Dijo que a medida que los animales y las plantas interactúan con su medio ambiente, los cambios son causados por (1) necesidades sentidas; (2) uso y desuso; y (3) la herencia de caracteres adquiridos. En otras palabras, si una antigua protojirafa sentía la necesidad de alcanzar más alto para obtener más alimento, su cuello se alargaría al estirarse a nuevas alturas. Esa característica adquirida sería heredada por la siguiente generación.

Erasmus Darwin (1731-1802), el abuelo de Charles Darwin, también propuso una teoría de la evolución. Thomas Robert Malthus (1766-1834) fue un economista que escribió *Essay on the Principle of Population* [Versión en español: *Ensayo sobre el principio de población*],[14] un estudio sobre la naturaleza del crecimiento de las poblaciones humanas. Las ideas adquiridas al leer su libro sentaron las bases para el entendimiento de Charles Darwin sobre el concepto de la supervivencia del más apto, se produce un exceso de individuos pero no sobreviven.

Para comienzos del siglo XIX, esas ideas estaban presentes en el mundo científico, pero no se habían elaborado como una teoría coherente. Edward Blyth, un hombre de más o menos la misma edad de Charles Darwin, probablemente hizo una contribución importante a la comprensión de Darwin de la selección natural, aunque Darwin nunca le dio ningún crédito.[15] Blyth escribió artículos sobre la selección natural en *The Magazine of Natural History* [*La Revista de Historia Natural*] en 1835 y 1837. "En el artículo de Blyth de 1835, están plenamente desarrollados los principios fundamentales del trabajo de Darwin: la lucha por la supervivencia, la variación, la selección natural y la selección sexual".[16] Sin embargo, Blyth no era un evolucionista; consideraba la selección natural como una fuerza conservadora en lugar de una fuerza creativa, que mantenía los diversos tipos de animales al eliminar los individuos más débiles. Patrick Matthew, un fruticultor, también publicó el principio de selección natural más de dos décadas antes que el libro de Charles Darwin.[17]

En octubre de 1844, Robert Chambers publicó *Vestiges of the Natural History of Creation* [*Vestigios en la historia natural de la creación*], un libro al que se le acredita ser la influencia más poderosa en preparar el camino para la aceptación de la teoría de Darwin.[18] Era un punto de vista completamente evolutivo de la vida, pero sin un mecanismo para explicar la evolución.

El proceso que llevó al desarrollo y aceptación de la teoría de la evolución de Charles Darwin fue una saga fascinante. Cuando joven, Darwin (1809-1882) se convenció de que los animales y las plantas cambian a lo largo del tiempo y comenzó a trabajar en una teoría para explicar ese cambio.[19] No fue el primero en desarrollar una teoría de la evolución, pero logró un avance realmente creativo con percepciones que fueron más allá de las ideas de otros. La idea sobre la teoría no se concretó fácilmente en la mente de Darwin.[20] Como lo dice Bowler, "Aunque las hipótesis científicas deben ser puestas a prueba mediante la observación y la experimentación, es obvio que todas las grandes teorías científicas surgieron de grandes saltos de la imaginación, a partir de nuevas ideas de cómo *podría* operar, las cuales solo posteriormente mostraron tener alguna validez real".[21] Eso se evidencia por el hecho de que la teoría de Darwin es más ampliamente aceptada por los científicos después de alrededor de 1940 que lo que fue durante su vida.[22]

Darwin no basó su teoría sobre ninguna medición científica sino en el razonamiento subjetivo.[23] Temprano en su carrera, decidió que la Biblia no era confiable, y determinó desarrollar una teoría que explicara las formas de vida mediante procesos naturales. *The Origin of Species* [*El origen de las especies*] fue un largo argumento que interpretó la evidencia de tal manera que encajara en su teoría, y bien sabía él que algunas de las evidencias no apoyaban su teoría. Por ejemplo, fue hasta el extremo de explicar por qué el registro fósil no contenía la

evidencia esperada en su teoría. Para Darwin, en muchas instancias la teoría tomaba precedencia sobre la evidencia.[24]

Charles Darwin probó estudiar medicina y teología antes de su famoso viaje alrededor del mundo (1831-1836) en el Beagle, como caballero invitado del capitán.[25] Durante el viaje, leyó el libro de Lyell e hizo muchas observaciones y colecciones. Volvió a Inglaterra y estudió lo que había recolectado y también estudió las variaciones en los animales domésticos. De esas y otras fuentes, obtuvo la idea de que la variación y la selección eran las causas del cambio biológico a lo largo del tiempo. De la lectura del libro de Malthus sobre el crecimiento de las poblaciones, reconoció que se producen demasiados individuos, y por lo tanto se requiere la selección natural para eliminar los individuos menos aptos.

Durante su viaje en el Beagle, Darwin pasó su tiempo estudiando la biología y la geología. Al regresar a Inglaterra, comenzó a publicar sus hallazgos, inicialmente desarrollando su credibilidad científica con su trabajo geológico,[26] e involucrándose plenamente en la Sociedad Geológica de Londres. Las descripciones que publicó de sus descubrimientos biológicos en lugares tales como las islas Galápagos aumentaron su reputación científica, y los contactos que desarrolló con los científicos influyentes de su tiempo aseguraron que sus teorías posteriores llegarían a la atención del mundo científico.

Darwin era plenamente consciente de las reacciones fuertemente antagonistas que suscitaron las teorías evolutivas propuestas por Lamarck, Chambers, y Erasmus Darwin, y planificó su estrategia cuidadosamente para superar el problema. Se mudó hacia las afueras de Londres para que su trabajo no atrajera la atención pública. Mientras trabajaba en su teoría de la evolución, mantuvo correspondencia con muchos otros científicos y asistió a reuniones científicas en Londres. Cuando desarrollaba una buena relación con alguien a quien consideraba digno de confianza, invitaba a esa persona a su hogar y le presentaba su teoría. Su plan fue reunir un grupo selecto de científicos confiables e influyentes, cuyo apoyo ayudaría a presentar su teoría a un público hostil. El plan fue bastante efectivo. De acuerdo con Bowler, “no cabe duda de que la iniciativa de Darwin tuvo éxito (donde fácilmente podría haber fallado) porque él ya había sembrado las semillas de una revolución política dentro de la comunidad científica”.[27]

La teoría de la selección natural de Darwin no fue aceptada por la mayoría de los biólogos sino hasta recién alrededor de 1940.[28] Muchos de los biólogos del tiempo de Darwin eran escépticos en cuanto a la selección natural como el mecanismo para la evolución, pero apoyaron a Darwin por razones filosóficas. La evidencia de Darwin para el cambio biológico a lo largo del tiempo, los convenció de que era posible encontrar una explicación naturalista para la biología, y les ofrecía un sustituto para la creencia en un Creador.[29] En última instancia el éxito de Darwin estriba en “la explotación del evolucionismo hecha por quienes estaban

decididos a establecer a la ciencia como nueva fuente de autoridad en la civilización occidental, en lugar de la teología.[30] Bowler resume el resultado de todo eso: "Prácticamente no importa si a usted le gusta el mensaje de Darwin o lo detesta; no puede escaparse del hecho que ayudó a derrocar la cosmovisión tradicional cristiana."[31]

Esa época de transición filosófica ocurrió cuando todavía estaban a décadas de comenzar los estudios como la genética y la biología molecular. Los biólogos ignoraban la complejidad de la vida y pensaban que el protoplasma viviente era bastante simple. Para ellos era muy fácil imaginar que la vida surgía y evolucionaba por sí misma. Si una teoría naturalista de la evolución se hubiera presentado por primera vez al final del siglo veinte, cuando el conocimiento de los detalles complejos de la biología molecular crecía rápidamente, es improbable que habría sido aceptada tan fácilmente.

En 1844, Darwin escribió un ensayo de su teoría, pero fue demasiado cauteloso como para publicarlo entonces. Su cautela recibió un sobresalto cuando otro biólogo, Alfred Russel Wallace (1823-1913), desarrolló la misma teoría. En 1858, se presentaron ensayos tanto de Darwin como de Wallace en la Linnaean Society de Londres, y en 1859, Darwin publicó su libro *El Origen de las Especies*.

Una cantidad de biólogos en la época de Darwin, incluyendo a Linneo, propusieron que habían ocurrido muchos cambios dentro de los grupos de organismos creados. Aceptar ese concepto hubiera conservado la creencia en un Creador, a la vez que reconocer la evidencia de cambios biológicos. Darwin no estaba al tanto de ese movimiento, y esas ideas no estaban en armonía con la tendencia intelectual predominante hacia el pensamiento naturalista.[32]

Un episodio interesante con respecto a la relación entre Darwin y Wallace fue su diferencia de opinión sobre el origen del cerebro humano.[33] Darwin creía que la humanidad surgió por el mismo proceso gradual de cambio que produjo todas las otras formas de vida. Fácilmente Darwin y sus colegas imaginaron una progresión natural desde los simios hacia algunas de las "culturas primitivas", las cuales creían que eran apenas superiores a los simios, y finalmente a las razas superiores de la humanidad occidental.

En contraste con Darwin y los otros grandes biólogos de la época, Wallace tenía años de experiencia entre los nativos de las regiones tropicales y había visto evidencias de que esas culturas "primitivas" no eran mentalmente inferiores. Wallace no veía evidencias de una progresión evolutiva en las razas humanas y cuestionó por qué personas de esas culturas simples habrían evolucionado con un cerebro que era tantas veces más avanzado de lo que habrían necesitado para sobrevivir. También insistió que "las habilidades artísticas, matemáticas y musicales no podrían explicarse sobre la base de la selección natural y la lucha por la existencia".[34] Wallace sostuvo que debió ocurrir una influencia divina para el

origen del cerebro humano, y Wallace y Darwin discreparon rotundamente sobre esa cuestión.

El trabajo de Darwin fue la culminación de doscientos años de influencia secular sobre el desarrollo de las ideas. Fue importante para esa progresión de razonamientos que, al momento que comenzó a sospechar que las especies podían cambiar, tuvo a su disposición los escritos de hombres como Lyell, Lamarck y Erasmus Darwin. También influyó sobre Darwin la fuerte tendencia hacia el naturalismo en la ciencia.[35]

Las primeras teorías coherentes en geología y muchas de la biología se desarrollaron en una época cuando la actitud general entre los estudiosos era rechazar la religión formal y restrictiva. De ese modo también terminó desgastándose finalmente la creencia en la creación. Hasta un cristiano debe reconocer que no estaba mal que Darwin y otros hicieran preguntas difíciles. La verdad no se debilita con una indagación honesta. La Biblia no dice que las especies animales nunca cambiaron o que la tierra es el centro del universo. De todos modos, la Iglesia insistió en sostener esas ideas, y muchos científicos respondieron eliminando a Dios completamente de sus interpretaciones sobre los orígenes.

Después de Darwin

Después de que las teorías naturalistas de la evolución y del uniformismo geológico llegaron a ser el paradigma reinante, muchas personas, incluyendo algunos científicos, todavía creían en la creación, pero no respondieron usando su comprensión de la creación para desarrollar un paradigma científico competente.

La Biblia predice que cerca del fin de los tiempos, la gente ya no creerá que "por la palabra de Dios existía el cielo y la tierra" (2 Pedro 3,5, NVI), ni en un diluvio universal. Ciertamente esa predicción se tornó realidad en los siglos XX y XXI, a medida que la comunidad intelectual en particular abandonó esas creencias. Al comienzo del siglo veinte, la población en general era creacionista, sin embargo, la comunidad científica no lo era. Aquellos que creían en la creación hicieron muy poco por responder activamente a esa situación.

Un líder que buscó entender mejor cómo relacionar la geología con la Biblia fue el profesor George McCready Price. No había estudiado geología ni tenía experiencia con actividades de campo en la materia, pero comenzó a leer las publicaciones existentes y a analizar en forma crítica las teorías científicas uniformistas de la geología y la evolución. Escribió varios libros incluyendo *Illogical Geology* [*La geología ilógica*][36] y *The New Geology* [*La nueva geología*].[37] Creía en una creación literal de siete días y un diluvio universal, y

rechazaba varios conceptos geológicos básicos incluyendo la glaciación y la idea de que existe un orden en el registro fósil. Esos fueron los elementos claves en la teoría que desarrolló.

La teoría geológica propone que el perfil de los estratos de rocas (la columna geológica) que contiene los fósiles se depositó capa tras capa a través de millones de años (541 millones para las rocas del Fanerozoico que son las que contienen la mayoría de los fósiles). Esos fósiles están en una secuencia particular. Por ejemplo, los estratos inferiores del registro fósil (Cámbrico) contienen mayormente invertebrados. Los dinosaurios y muchos otros tipos de reptiles aparecen solo en el tercio medio de las rocas Fanerozoicas (el Mesozoico), y los fósiles humanos se encuentran solo en la parte superior, el Pleistoceno. Eso se explica como una secuencia evolutiva, es decir, no hay mamíferos en los estratos inferiores porque todavía no habían evolucionado. Price dijo que esa teoría no era correcta, que realmente no hay un orden confiable de los fósiles, y que la ciencia inventó ese orden de modo que la teoría evolutiva encajara correctamente.

En realidad, en una cantidad de lugares en distintas partes del mundo, los fósiles sí están fuera del orden esperado, y los geólogos reconocen eso. El verdadero asunto en disputa era la explicación dada para esa observación. La teoría geológica dice que los fósiles aparecen fuera de orden en áreas donde los sobrecorrimientos (o cabalgamientos de los estratos) o la actividad formadora de montañas (movimientos tectónicos) empujaron estratos de roca más antiguos por sobre las rocas más jóvenes. Price creía que los sobrecorrimientos eran solo una invención para explicar los fósiles fuera de orden.

En las décadas posteriores, los científicos intervencionistas ahora con mayor experiencia y educación geológica reconocieron que los sobrecorrimientos son reales y que realmente existe un orden en el registro fósil. No es sorprendente que una catástrofe geológica global hubiese movido bloques de roca del tamaño de montañas sobre otras rocas. El orden de los fósiles en la secuencia geológica es más difícil de explicar en una catástrofe, y eso permanece como una de las cuestiones importantes en resolver para los intervencionistas.

La Biblia provee los conceptos más importantes sobre los orígenes, pero no nos da los detalles. No dice nada sobre las rocas del Paleozoico o de los reptiles del Mesozoico. Tratamos de entender esos, pero no podemos equiparar nuestras teorías específicas sobre tales cosas con la verdad bíblica.

Un factor que influyó en convencer a muchas personas de que aceptaran la geología diluviana (geología catastrófica o de “corta edad”)[38] fue el libro escrito por John C. Whitcomb y Henry Morris, *The Genesis Flood* [Versión en español: *El diluvio del Génesis*].[39] Desde entonces, muchos más geólogos, paleontólogos y biólogos intervencionistas educados en esas áreas están buscando respuestas a nuestras preguntas sobre la historia de la tierra y su relación con la Biblia.

La investigación intervencionista: La construcción de un nuevo paradigma

Desde la década de 1970, los intervencionistas han usado paradigmas intervencionistas de geología de "corta edad" (*short age* o cronología corta) para comprender mejor la historia geológica. El enfoque que se usa en este trabajo se basa en la convicción de que si realmente creemos que el Génesis contiene la verdad, no necesitamos temer a los datos. No necesitamos tener miedo de salir y mirar las rocas y los fósiles y realizar investigaciones científicas genuinas. Este concepto se desarrolla en los capítulos 5 y 19.[40]

Los primeros geólogos bíblicos en el siglo XVIII hasta comienzos del siglo XIX explicaron, por lo menos, parte del registro geológico como resultado del diluvio bíblico, pero sus explicaciones no se sostuvieron frente a los nuevos descubrimientos. Esto no es sorprendente en esos primeros intentos, siendo que la geología era una disciplina en su infancia y que todavía nadie había propuesto una teoría geológica bien desarrollada. Esos esfuerzos tempranos en reconciliar la teoría geológica con la Biblia no continuaron y, en esencia, el concepto fue abandonado. Sin embargo, en los siglos veinte y veintiuno, los geólogos creyentes en la Biblia buscan aprender y crecer con las investigaciones geológicas de avanzada y desarrollan mejores teorías para entender la geología desde una perspectiva bíblica. Eso se refleja en los nuevos conceptos geológicos que se discutirán en los últimos capítulos de este libro.

El movimiento del DI

En otra línea de estudio, con la publicación del libro titulado *Evolution: A Theory in Crisis* [*La evolución: Una teoría en crisis*],[41] comenzó un desafío a las teorías naturalistas sobre el origen de la vida. Michael Denton desafió la suficiencia de la evolución para explicar el origen el mundo biológico. Phillip Johnson, profesor de leyes en la University of California, estudió la teoría de la evolución y se convenció de que la filosofía del naturalismo y la teoría del origen naturalista de las formas de vida no pueden sostenerse frente a un escrutinio crítico. Llegó a la conclusión de que el naturalismo es esencialmente una religión, y que si esa filosofía naturalista podría ser desafiada y se discutiera abiertamente, se harían evidentes sus puntos débiles. Sus libros[42] y otras publicaciones han sido una inspiración para otros, y un grupo de individuos muy capaces con títulos de posgrado en biología y filosofía formaron lo que se denomina el movimiento del Diseño Inteligente (DI). Típicamente no se preocupan con los aspectos geológicos de los orígenes, y no son defensores del creacionismo. El movimiento se enfoca

solo en una cuestión fundamental: la vida, con su generalizada evidencia de diseño, no pudo resultar tan solo de las leyes naturales, sino que requiere un diseñador inteligente. Su trabajo tiene el importante objetivo de poner sobre la mesa las preguntas sobre el origen de la vida para que puedan discutirse abiertamente basados en la *evidencia*, no sobre *suposiciones* naturalistas. Este movimiento produjo una serie de libros sobre esa temática.[43]

---

[1] G.F. Kneller, *Science as a Human Endeavor* [*La ciencia como esfuerzo humano*] (New York: Columbia University Press, 11978), 4-7.

[2] J.B. Russell, *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians* [*La invención de la tierra plana: Colón y los historiadores modernos*] (New York: Praeger, 1997).

[3] Ver la traducción inglesa en J.A. Mortimer, P.B. Norton, R. McHenry, *Encyclopedia Británica: Great Books of the Western World,* 2da. ed., t. 16 (Chicago: Encyclopedia Britannica, 1990); [Existe versión en español: Véase la *Enciclopedia Británica*].

[4] Ver la traducción al inglés en la *Enciclopedia Británica*.

[5] I. Asimov, *A short History of Biology* (Garden City, NY: Natural History Press, 1964), 92. [Existe versión en español: Asimov, I., *Breve historia de la biología*, Buenos Aires: EUDEBA, 1966].

[6] J.Polkinghorne, *Quarks, Chaos, and Christianity: Questions to Science and Religion* [*Los quarks, el caos y el cristianismo: Preguntas para la ciencia y la religión*] (New York: Crossroad, 1994); D.L. Ratzsch, *Science & Its Limits: The Natural Sciences in Christian Perspective* [*La ciencia y sus límites: Las ciencias naturales en la perspectiva cristiana*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2000).

[7] M. Dorn, *Das problem der Autonomie der Naturwissenschaften bei Galilei* (Stuttgart, Germany: Franz Steiner Verlag, 2000); M.A. Finocchiaro, *The Galileo Affair: A Documentary History* [*La cuestión de Galileo: una historia documental*] (Berkeley: University of California Press, 1989).

[8] Finocchiaro, *Galileo Affair.*

[9] J. Ray, *The wisdom of God Manifested in the Works of the Creation* [*La sabiduría de Dios manifestada en las obras de la creación*] (1717; repr., New York: Arno, 1960).

[10] J.C. Greene, *The Death of Adam: Evolution and Its Impact on Western Thought* [*La muerte de Adán: La evolución y su impacto sobre el pensamiento occidental*] (Ames: Iowa State University Press, 1959), 1-13.

[11] *Ibid*.

[12] J. Hutton, *Theory of the Earth: With Proofs and Illustrations*, t. 1 (Edinburgh: William Creech, 1795) [Existe versión en español: *Teoría de la Tierra,* traductor C.M. García Cruz, 2004].

[13] C. Lyell and G.P. Deshayes, *Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation* [*Principios de Geología, siendo un intento de explicar los cambios antiguos en la superficie de la tierra, en referencia a las causas que operan actualmente*], 3 tomos (London: John Murray, 1830-33).

[14] T.R. Malthus, *An Essay on the Principle of Population* (London: J. Johnson, 1798) [Existe versión en español: *Ensayo sobre el principio de población,* Madrid: Establecimiento Literario y Tipográfico de Lucas Gonzalez, 1846].

[15] L.C. Eiseley, *Darwin and the Mysterious Mr. X: New Light on the Evolutionists* [*Darwin y el misterioso Sr. X: Nueva luz sobre los evolucionistas*] (New York: Dutton, 1979).

[16] *Ibid*., 55.

[17] R.W. Nelson, *Darwin, Then and Now: The Most Amazing Story in the History of Science* [*Darwin, entonces y ahora: La historia más asombrosa en la historia de la ciencia*] (New York: iUniverse, 2009), 79-80.

[18] J.A. Secord, *Victorian Sensation: The Extraordinary Publication, Reception, and Secret Authorship of Vestiges of the Natural History of Creation* [*Sensación victoriana: La extraordinaria publicación, recepción y autoría secreta de Vestigios de la historia natural de la creación*] (Chicago: University of Chicago Press, 2003).

[19] Nelson, *Darwin, Then and Now.*

[20] P.J. Bowler, *Charles Darwin: The Man and His Influence* (Oxford, UK: Blackwell Science, 1990) [Existe versión en español: *Charles Darwin: El hombre y su influencia,* Madrid: Alianza, 1996].

[21] *Ibid*., 7.

[22] E. Mayr, "The Modern Evolutionary Theory" ["La teoría moderna de la evolución"], *Journal of Mammalogy* 77 (1996):1-7.

[23] Nelson, *Darwin, Then and Now,* 100.

[24] *Ibid*.

[25] *Ibid*.

[26] Bowler, *Charles Darwin*; M. Ruse, *The Darwinian Revolution: Science Red in Tooth and Claw* (Chicago: University of Chicago Press, 1999) [Existe versión en español: *La revolución darwinista: la ciencia al rojo vivo,* Madrid: Alianza, 1983].

[27] Bowler, *Charles Darwin,* 149.

[28] R.L. Numbers, *The Creationists* [*Los Creacionistas*] (New York: Alfred A. Knopf, 1992), 5; Mayr, "Modern Evolutionary Theory".

[29] J.P. Moreland, *Christianity and the Nature of Science* [*El cristianismo y la naturaleza de la ciencia*] (Grand Rapids, MI: Baker Books, 1989), 215-18; Numbers, *Creationists,* 5.

[30] Bowler, *Charles Darwin,* 140.

[31] *Ibid*., 11.

[32] P. Landgren, "On the Origin of 'Species': Ideological Roots of the Species Concept," [Sobre el origen de las 'especies': Raíces ideológicas del concepto de especie], en *Typen des Lebens,* ed. S. Sherer (Berlin: Pascal-Verlag, 1993), 47-64.

[33] L.C. Eiseley, "Was Darwin Wrong about the Human Brain?"[¿Se equivocó Darwin sobre el cerebro humano?], *Harpers Monthly,* November 1955, 66-70; S.J. Gould, *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History* [Existe versión en español: *El pulgar del panda: reflexiones sobre historia natural y evolución,* Barcelona: Crítica, 1994].

[34] Eiseley, "Was Darwin Wrong," 67.

[35] Greene, *Death of Adam*; Nelson, *Darwin, Then and Now.*

[36] G.M. Price, *Illogical Geology: The Weakest Point in the Evolution Theory* [*Geología ilógica: El punto más débil en la teoría de la evolución*] (Los Angeles: Modern Heretic, 1906).

[37] G.M. Price, *The New Geology: A Textbook for Colleges, Normal Schools, and Training Schools; and for the General Reader* [*La nueva geología: Un libro de texto para colegios, escuelas normales y colegios de entrenamiento; y para el lector en general*] (Mountain View, CA: Pacific, 1923).

[38] Numbers, *Creationists.*

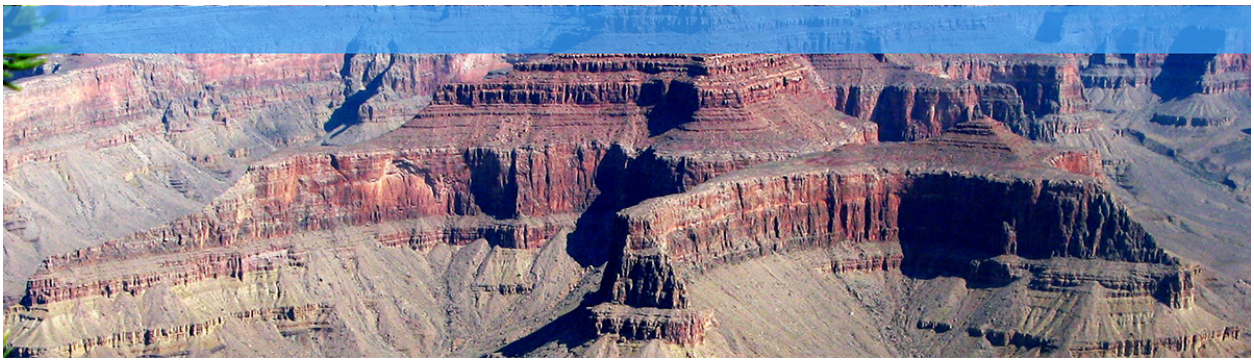
[39] J.C. Whitcomb Jr. y H.M. Morris, *The Genesis Flood: The Biblical Record and Its Scientific Implications* (Philadelphia: Presbyterian and Reformed, 1961) [Existe versión en español: *El diluvio del Génesis: El relato bíblico y sus implicaciones científicas,* Terrasa (Barcelona): Editorial Clie, 1982].

[40] Vea además L. Brand y D.C. Jarnes, *Beginnings* (Nampa, ID: Pacific, 2006) [Existe versión en español: *En el principio: la ciencia y la Biblia en la búsqueda de los orígenes,* Buenos Aires: ACES, 2007].

[41] M. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* [*La evolución: una teoría en crisis*] (Bethesda, MD: Burnett Books, 1985)

[42] P.E. Johnson, *Darwin on Trial* (Washington, D.C.: Regnery Gateway, 1991) [Existe versión en español: *Juicio a Darwin,* Madrid: Homo Legens, 2007]; P.E. Johnson, *Reason in the Balance: The Case against Naturalism in Science, Law & Education* [*La razón en la balanza: El caso contra el naturalismo en la ciencia, las leyes y la educación*] (Downers Grove, IL.: InterVarsity Press, 1995); P.E. Johnson, *Defeating Darwinism by Opening Minds* [*Venciendo al darwinismo al abrir las mentes*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1997); P.E. Johnson, *The Wedge of Truth: Splitting the Foundations of Naturalismo* [*La cuña de la verdad: A partir de los fundamentos del naturalismo*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2000); P.E. Johnson, *The Right Questions: Truth, Meaning & Public Debate* [*Las preguntas correctas: La verdad, el significado y el debate público*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2002).

[43] Kneller, *Science*; Russell, *Inventing the Flat Earth*; Mortimer, Norton and McHenry, *Encyclopedia Britannica*; Asimov, *Short History of Biology*; Polkinghorne, *Quarks, Chaos, and Christianity*; Ratzsch, *Science & Its Limits;* Dorn, *Das Problem der Autonomie;* Finocchiaro, *Galileo Affair;* Ray, *Wisdom of God;* Greene, *Death of Adam;* Hutton, *Theory of the Earth;* Lyell and Deshayes, *Principles of Geology;* Malthus, *Essay;* Eiseley, *Darwin;* Nelson, *Darwin, Then and Now;* Secord, *Victorian Sensation;* Bowler, *Charles Darwin;* Mayr, "Modern Evolutionary Theory"; Ruse, *Darwinian Revolution;* Numbers, *Creationists;* Moreland, *Christianity;* Landgren, "Origin of 'Species'"; Eiseley, "Was Darwin Wrong"; Gould, *Panda's Thumb;* Price, *Illogical Geology;* Price, *New Geology;* Whitcomb and Morris, *Genesis Flood;* Brand and Jarnes, *Beginnings;* Denton, *Evolution;* Johnson, *Darwin on Trial;* Johnson, *Reason in the Balance;* Johnson, *Defeating Darwinism;* Johnson, *Wedge of Truth;* Johnson, *Right Questions;* M.J. Behe, *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution* (New York: Free Press, 1996) [Existe versión en español: *La caja negra de Darwin: el reto de la bioquímica a la evolución,* Editorial Andrés Bello, 1999]; M.J. Behe, *The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism* [*Los bordes de la evolución: La búsqueda de los límites de la evolución*] (New York: Free Press, 2007); W.A. Dembski, *Mere Creation: Science, Faith & Intelligent Design* [*Mera creación: la ciencia, la fe y el diseño inteligente*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1998); W.A. Dembski, *Intelligent Design: The Bridge Between Science & Theology* (Downers Grove, IL: InterVastity Press, 1999) [Existe versión en español: *Diseño inteligente: Un puente entre la ciencia y la teología,* Editorial Vida, 2005]; W.A. Dembski, *No Free Lunch: Why Specified Complexity Cannot Be Purchased Without Intelligence* [*No hay almuerzo gratis: Por qué sin la inteligencia no se puede comprar la complejidad especificada*] (Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 2002); W.A. Dembski, *Darwin's Nemesis: Phillip Johnson and the Intelligent Design Movement* [*El némesis de Darwin: Phillip Johnson y el movimiento del diseño inteligente*] (Downers Gove, IL: InterVarsity Press, 2006); W.A. Dembski y J.M. Kushiner, *Signs of Intelligence: Understanding Intelligent Design* [*Señales de inteligencia: Comprendiendo el Diseño Inteligente*] (Grand Rapids, MI; Brazos, 2001); W.A. Dembski y J. Wells, *The Design of Life: Discovering Signs of Intelligence in Biological Systems* [*El diseño de la vida: Descubriendo señales de inteligencia en los sistemas biológicos*] (Dallas, TX: Foundation for Thought and Ethics, 2008); W.A. Dembski y S. McDowell, *Understanding Intelligent Design: Everything You Need to Know in Plain Language* [*Comprendiendo el Diseño Inteligente: Todo lo que necesitas saber en lenguaje sencillo*] (Eugene, OR: Harvest House, 2008); M. Denton, *Nature's Destiny: How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* [*El destino de la naturaleza: Cómo las leyes de la biología revelan propósito en el universo*] (New York: Free Press, 1998); S.C. Meyer et al., *Explore Evolution: The Arguments for and Against Neo-Darwinism* [*Explora la evolución: Los argumentos a favor y en contra del neodarwinismo*] (Malvern, Victoria, Australia: Hill House, 2007); S.C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* [*Autógrafo en la célula: El ADN y la evidencia de diseño inteligente*] (New York: HarperOne, 2009); S.C. Meyer, *Darwin's Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* [*La duda de Darwin: El explosivo origen de la vida animal y el argumento a favor del diseño inteligente*] (New York: HarperCollins, 2013); J.P. Moreland, *The Creation Hypothesis: Scientific Evidence for an Intelligent Designer* [*La hipótesis de la creación: Evidencia científica de un diseñador inteligente*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1994); J.P. Moreland y J.M. Reynolds, *Three Views on Creation and Evolution* (Grand Rapids, MI: Zondervan, 1999) [Existe versión en español: S. Gundry, J.P. Moreland y J.M. Reynolds, *Tres puntos de vista sobre la creación-evolución,* Editorial Vida, 2016]; D. O'Leary, *By Design or by Chance?: The Growing Controversy on the Origin of Life in the Universe* (Minneapolis, MN: Augsburg Books, 2004) [Existe versión en español: *¿Por diseño o por azar? El origen de la vida en el universo*, España: CLIE, 2011]; J. Wells, *The Myth of Junk DNA* [*El mito del ADN basura*] (Seattle, WA: Discovery Institute Press, 2011).



Capítulo 4

Hacia una comprensión de la ciencia

Reseña

Desde la época de Francis Bacon, en general se entendía que el objetivo de la ciencia era establecer empíricamente qué teorías eran verdaderas. Los filósofos de la ciencia de la actualidad reconocen que ese objetivo no es realista. Puede ser que nunca se demuestre que una teoría sea correcta, porque en cualquier momento dado, nuevos datos podrían revelar que es incorrecta. En la historia de las ideas científicas, eso ocurrió repetidas veces. Filósofos como Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Larry Laudan, Del Ratzsch y otros desarrollaron puntos de vista más realistas de la ciencia, que reconocen el elemento humano en ella. La ciencia es una actividad racional muy productiva, pero es muy influenciada por la sociología, la historia de las ideas, la subjetividad humana, y el orden en que se realizaron los descubrimientos científicos. A la luz de esas influencias es como mejor se puede entender la ciencia. El progreso no es simplemente la acumulación gradual de los hechos, pero puede involucrar la deposición de un sistema de explicación, por otro que puede no ser compatible. Es más fácil determinar cuál teoría resulta ser la que más investigación productiva produce, que determinar cuál es verdadera. La ciencia es una actividad muy humana y fascinante.

La filosofía de la ciencia desde Bacon hasta Kuhn

Hasta aquí hemos discutido la naturaleza y los límites de la ciencia y algunos de los aspectos destacados en la historia de la ciencia. En la segunda mitad del siglo XX, los filósofos de la ciencia contribuyeron ideas adicionales al proceso científico.

La filosofía de la ciencia, denominada positivismo, siguió a las ideas de Francis Bacon. La filosofía positivista se interesó especialmente con dos cuestiones relacionadas con las teorías. La primera cuestión fue la demarcación: identificar la línea divisoria entre la ciencia y lo que no lo es, y determinar de qué lado de esa línea se encuentra la teoría. La segunda cuestión concierne a la confirmación de la teoría, cómo saber si se ha determinado que una teoría es correcta o se ha verificado. Según el positivismo, el objetivo de la ciencia es usar los datos empíricos para verificar o confirmar la verdad de la teoría. Una teoría es en verdad ciencia válida (está del lado correcto de la línea divisoria entre ciencia y no ciencia) si se puede verificar o demostrar que es verdad por medio de la observación científica. Todo lo que no podía verificarse de esa manera era simplemente un disparate. De ese modo, la ciencia se consideraba el único camino hacia la comprensión; todo otro supuesto conocimiento no lo era en absoluto. Ese punto de vista materialista consideraba que el universo material y físico era real, pero que no podía existir ningún conocimiento humano religioso o ético a menos que tal conocimiento fuera verificado independientemente por la ciencia.[1]

La filosofía del positivismo declinó al hacerse evidente que sus conceptos de la ciencia no eran realistas. Karl Popper enfatizó que solo porque una serie de observaciones apoye una declaración, no la establece finalmente como verdadera. Nunca sabemos cuándo nuevas observaciones pueden demostrar que la declaración, o por lo menos parte de ella, sea falsa.[2] Podemos plantear como hipótesis que todos los cuervos son negros y respaldar la afirmación con la observación de mil cuervos negros, pero luego el hecho de encontrar un cuervo blanco puede probar que la declaración es falsa. Por supuesto, la mayoría de las teorías científicas son más complejas que el color de los cuervos, pero no importa cuán simples o complejas sean, nunca podremos demostrar que una teoría es verdadera porque siempre es posible que nuevos datos puedan refutar la teoría. La ciencia siempre es una búsqueda continua que nunca llega a la verdad absoluta.[3]

La filosofía de la ciencia de Popper abandonó el criterio rígidamente racional de la visión positivista tradicional y reconoció el elemento humano en la ciencia. Vio que siempre existe la necesidad de la elección o criterio humanos en la investigación.[4] Ya no se consideró que la ciencia descansase sobre un fundamento sólido, sino que Popper la comparó a un edificio construido sobre un basamento rocoso sólido, sino sobre pilotes clavados en un pantano. Los pilotes no se afirman

sobre una base sólida natural; más bien se entierran en la tierra blanda hasta "que estamos satisfechos de que los pilotes son lo suficientemente firmes para soportar la estructura, por lo menos por el momento."[5] En esa nueva visión de la ciencia, ya no es razonable afirmar que los temas fuera de la ciencia son irrelevantes.

El elemento humano en la ciencia se hizo aún mucho más evidente en la filosofía de Thomas Kuhn,[6] que "colocó a los seres humanos y la subjetividad humana (en la forma de valores de la comunidad de científicos) en el centro de la ciencia."[7] El libro de Kuhn *La estructura de las revoluciones científicas*,[8] ha cambiado nuestra comprensión del progreso científico.[9]

El punto de vista tradicional para la comprensión de la historia de la ciencia

En la visión tradicional de la historia de la ciencia, la ciencia es principalmente una acumulación paso a paso de hechos, uno sobre el otro. Eso se repite en una cadena continua de progreso hacia nuestras perspectivas científicas modernas. El historiador de la ciencia que sigue ese método trata de determinar dónde, cuándo y por quién fue descubierto cada hecho específico que reconocemos hoy. El historiador también trata de determinar cómo nos libramos de los mitos, supersticiones y errores que impidieron que ese hecho se haya descubierto antes.[10] En este punto de vista está implícita a suposición de que quienquiera descubrió ese hecho hace mucho tiempo, pensaba de la misma manera que la gente de hoy en día. Al considerar la historia de la química, uno podría fácilmente suponer que el químico que descubrió el oxígeno estaba pensando en la tabla periódica tal como la conocemos. Al descubrir un nuevo gas, decidió que encajaba en un lugar determinado de la tabla.

En realidad, ¿fue así como se avanzó? El descubrimiento de oxígeno sirve como un ejemplo a la hora de tratar de contestar esa pregunta. Los libros de texto de ciencias a menudo ofrecen un poquito de la historia de los descubrimientos científicos, pero, como lo señalara Kuhn, su relato histórico demasiado breve puede oscurecer los hechos. Un libro de texto decía que "el oxígeno fue preparado primero por Joseph Priestley" e incluía el método que utilizó. Luego decía: "Le quedó a Antoine Lavoisier (1775-1777) demostrar el papel importante que tiene el oxígeno en la combustión y la respiración".[11] Esa descripción nos cuenta quién y cuándo, pero no nos dice mucho sobre el proceso del descubrimiento. Tal vez podemos perdonar al autor cuyo objetivo era enseñarnos acerca de la química, no sobre el proceso histórico. Un texto de química por Linus Pauling hizo notar que Lavoisier propuso una nueva teoría de la combustión, insinuando que ocurrieron algunos cambios reales en el pensamiento de la época.[12]

Esto es, más o menos, toda la historia que sacamos de los libros de texto de ciencias. Generalmente suponen, que los científicos de otras épocas pensaban como lo hacemos nosotros y que, las antiguas ideas que algunos de esos científicos ayudaron a remplazar, eran solo supersticiones, no verdadera ciencia. Sin embargo, ese punto de vista no parece funcionar. No siempre podemos llamar supersticiones y mitos a las antiguas maneras de pensar. Un estudio más cuidadoso revela que aquellos científicos de hace mucho tiempo a menudo usaban métodos de investigación tales como los que se usan actualmente. Las personas que estudiaban el oxígeno recolectaban e interpretaban los datos de la misma manera que lo hacemos ahora. Las teorías pasadas de moda no eran necesariamente poco científicas. Simplemente han sido reemplazadas por otras teorías científicas.

La nueva visión de Kuhn para entender la historia de la ciencia

Eso nos lleva a la nueva manera de Thomas Kuhn de considerar la historia de la ciencia. Thomas Kuhn fue un físico que posteriormente se especializó en la historia de la ciencia. Kuhn introdujo el término "paradigma" en la ciencia (es decir, una amplia teoría explicativa, tal como la teoría de la evolución) para referirse a un conjunto de reglas compartidas que definen una disciplina científica.

Kuhn sugiere que se realizan importantes progresos a través de las revoluciones científicas en las cuales se reemplaza todo un paradigma por otro. El punto principal, que lleva a una correcta comprensión de la historia de la ciencia, es que debemos evaluar los descubrimientos y puntos de vista de los científicos, no en comparación con nuestros puntos de vista, sino a la luz de sus propios entornos y la ciencia de su tiempo.[13] Debemos evaluar el trabajo de Priestley a la luz de los hechos y conceptos de su época, no en comparación con la ciencia de hoy. A finales del siglo XVIII, Priestley y Lavoisier trabajaron en el marco de la teoría del flogisto. Según esa teoría, todas las cosas tienen ya sea calórico o flogisto, uno de los cuales se pierde cuando la sustancia se quema. Si lo que se quema es un metal, pierde flogisto (que tiene una masa negativa) y por lo tanto peso. Algunas cosas, tales como el papel o la madera, cuando se queman, pierden calórico en lugar de flogisto.

Otro concepto antiguo era que las sustancias ácidas contenían algo llamado el principio de acidez. Eso era parte de la teoría química con la que trabajaban Priestley y Lavoisier. No sabían nada sobre la tabla periódica de los elementos o de las reacciones de oxidación. Cuando Priestley recolectó un nuevo tipo de gas, lo llamó aire sin su cantidad habitual de flogisto. Lavoisier realizó los mismos experimentos. Dijo que la nueva sustancia era un principio atómico de acidez y formaba un gas solo cuando ese principio se unía con calórico. Eso es sumamente

distinto a lo que aprendemos hoy en una clase de química; es una manera de pensar completamente diferente. Priestley nunca comprendió lo que había descubierto. No sabía que había descubierto un nuevo gas llamado oxígeno, y nunca aceptó la teoría de la combustión de oxígeno.

Lavoisier ya había realizado experimentos que lo convencieron que algo estaba mal con la teoría del flogisto. Estaba listo para cuestionar las mismas bases de la teoría química existente. Estaba convencido que los objetos que se queman absorben algo de la atmósfera. En consecuencia, estaba dispuesto a reconocer lo que el descubrimiento de oxígeno suponía para la teoría química. No descubrió sencillamente un nuevo hecho y lo encajó en la teoría existente. Más bien, su descubrimiento lo llevó a desarrollar la teoría de la combustión del oxígeno, una nueva teoría que llevó a reformular la química y derrocó la teoría del flogisto.

El progreso no ocurrió al agregar un hecho a otro. Sino que, ocurrió cuando todo un paradigma fue remplazado por otro, una revolución científica. Ese es un ejemplo de la visión de Kuhn sobre el progreso científico. Cuando evaluamos los descubrimientos científicos a la luz del pensamiento de su época, descubrimos que los científicos practicaban esencialmente el mismo tipo de ciencia que hacemos ahora, aunque el pensamiento era muy diferente. En el proceso de la investigación, a veces el trabajo de los científicos lleva al derrocamiento de los viejos paradigmas. Kuhn dice que esa es la forma más importante de avance científico. Reconoce que los hechos, a menudo sí son sumados unos a otros. Sin embargo, según Kuhn, los cambios realmente grandes en el pensamiento científico ocurren cuando una teoría se reemplaza por otra en una revolución científica, y entonces la ciencia sigue operando dentro del nuevo paradigma.

La antigua teoría no era simplemente superstición. En su tiempo, la teoría cumplía con todos los criterios para ser una teoría científica útil. De hecho, los químicos que trabajaban bajo la teoría del flogisto no tenían la información necesaria que los llevara a la nueva teoría. Fue cuando los químicos hicieron los descubrimientos adecuados, incluyendo el descubrimiento del oxígeno, que pudieron desarrollar la nueva teoría, que ahora damos por sentada.

Notemos también, que los datos no dictaron la teoría. Dentro de un espacio de tiempo muy corto, se usaron dos maneras muy diferentes de interpretar los datos de la química. Es verdad que los datos trazan límites para nuestras teorías. Pero con los datos disponibles en cualquier tiempo dado, probablemente haya lugar para una variedad de teorías científicas, tales como la del flogisto y la teoría química alternativa, la teoría de la combustión del oxígeno. Qué teoría es aceptada en un momento determinado tiene que ver con la sociología, con la experiencia de los investigadores, y con los accidentes históricos en cuanto a qué experimentos se hicieron y en qué orden.

Temprano en mi carrera observé (Chadwick) otra revolución científica. Nos habían dicho durante los estudios de posgrado que, aunque con gran dificultad se podía determinar la secuencia de proteínas, nunca podríamos secuenciar el ADN, porque el paradigma para la secuenciación no podía acomodar una molécula con solo cuatro elementos diferentes. Asumí que eso era verdad y se lo enseñé a mis alumnos, hasta que un día me encontré con un colega en el pasillo afuera de mi oficina, y casualmente me dijo que justo había secuenciado un segmento de ADN. Después de superar mi reticencia a creerle, me condujo a su laboratorio. Me dijo, "¡Secuenciar el ADN es tan fácil como leer el periódico!" Ahora, fábricas enteras se dedican a secuenciar ADN, y por unos pocos dólares, puedes mandar una muestra de tu ADN y recibir la secuencia en un día o dos. De hecho, a menudo secuenciamos proteínas al leer el ADN o el ARN del gen para esa proteína, para entonces convertir la secuencia de ADN a secuencias de aminoácidos.

Uno de los ejemplos más comúnmente citados de tales revoluciones científicas fue el surgimiento de la teoría de tectónica de placas al comienzo de la década de 1960. Antes de la década de 1920, el astrónomo Alfred Wegener propuso que la superficie de la tierra estaba compuesta de continentes movibles que se habían separado, creando el Océano Atlántico. Fue objeto de una burla generalizada porque no era un geólogo y porque no podía ofrecer un mecanismo para la fuerza impulsora que se necesitaba. Fue recién treinta años después que nuevas observaciones sobre el lecho marino convencieron a los geólogos de que los continentes realmente se mueven y que se movieron considerables distancias en el pasado. Esas observaciones motivaron el desarrollo de la teoría de la tectónica de placas. Sin embargo, la transformación de la comunidad científica requirió otra década o más a medida que los geólogos de mayor edad, comprometidos con el modelo estático de la tierra, fallecieron o se convirtieron al nuevo paradigma.[14] Fue una verdadera revolución científica en el campo de la geología.

Resumen de los puntos de vista cambiantes de Kuhn sobre la historia de la ciencia

Kuhn llegó a la conclusión de que, por lo general, los científicos no tratan de refutar sus teorías. Más bien, cada científico normalmente acepta un paradigma científico y trabaja dentro de ese paradigma. No tratan de poner a prueba el paradigma, sino que dan por sentado que es verdad y lo usan para guiar su trabajo científico dentro del dominio del paradigma. Kuhn denominó ese proceso como ciencia normal, porque eso es lo que los científicos hacen normalmente. La puesta a prueba de un paradigma ocurre a largo plazo, no a cada paso del camino.

Dentro de la ciencia normal, un factor importante que mantiene a los científicos concentrados en el paradigma corriente es el proceso educativo. Los científicos escriben libros de texto y les dicen a sus alumnos qué paradigma es correcto. Eso ayuda a mantener una unidad constructiva en la ciencia, pero también hace difícil que un paradigma competidor tenga la oportunidad de que se lo escuche con imparcialidad.

A medida que la ciencia normal progresa, se pueden descubrir anomalías, fenómenos que no parecen ajustarse a las expectativas del paradigma. Si esas anomalías rehúyen repetidamente los esfuerzos por resolverlos, eso puede llevar a lo que Kuhn llama un estado de crisis para el paradigma. La ciencia nunca abandona una teoría o un paradigma sin remplazarlo por otro, pero una crisis puede servir de estímulo a algunos científicos para desarrollar un paradigma alternativo. En ese momento, cuando recién se están desarrollando nuevos paradigmas, no es claro cuál paradigma es el correcto. La elección entre el viejo paradigma (que solo ha fracasado en sus esfuerzos por resolver unos pocos problemas significativos) y el nuevo (que todavía no ha establecido un historial de investigaciones) a menudo se realiza por razones menos que objetivas. Tales elecciones hasta pueden describirse como un proceso de "conversión" que conduce a los científicos a ver las cosas de una manera completamente nueva y diferente de lo que lo hacían antes.[15] Si el nuevo paradigma reemplaza al viejo, ha ocurrido una revolución científica, y ahora la ciencia normal prosigue bajo el nuevo paradigma. El proceso de cambio radical no puede definirse por criterios lógicos rigurosos, pero las revoluciones ocurren como resultado de un consenso de opinión cambiante entre los científicos que trabajan en ese campo.

Otros filósofos modernos de la ciencia

Los conceptos fundamentales de Kuhn siguen siendo relevantes, y se reconoce que los elementos humanos subjetivos influyen sobre la ciencia. En el siglo XX hubo otros filósofos de la ciencia importantes.[16] Paul Feyerabend llegó al punto de argumentar que no deberíamos tratar de definir un método científico, porque los límites racionales definidos por un método científico inhibirán el progreso por encontrar algún nuevo conocimiento legítimo.[17] Consideraremos brevemente los trabajos de Laudan[18] y Lakatos,[19]quienes han suministrado sofisticadas filosofías contemporáneas de la ciencia. J.P. Moreland[20] y Ratzsch[21] han escrito valiosos análisis de la filosofía de la ciencia desde una perspectiva cristiana.

Lakatos creía que una mejor descripción de la historia de la ciencia es una competencia a lo largo del tiempo entre programas rivales de investigación. Un programa de investigación consiste en una teoría central y una serie de hipótesis

auxiliares. La teoría central es primordial para el programa de investigación. La protege de la refutación un "cinturón protector" de hipótesis auxiliares a fin de darle al centro suficiente oportunidad de desarrollarse plenamente. Cuando aparecen datos que podrían refutarla, son las hipótesis auxiliares las que se modifican o reemplazan. La teoría de que toda la vida surgió por evolución es un ejemplo de una teoría central, con su cinturón protector de hipótesis auxiliares variables sobre mecanismos evolutivos específicos.

Se considera que un programa de investigación es progresivo o degenerativo según varios criterios, siendo el más importante si tiene éxito en predecir descubrimientos novedosos, inesperados hasta el momento, y que, por lo menos, algunos puedan ser corroborados con éxito. De ese modo, la elección entre programas de investigación rivales no se basa en nuestra habilidad de determinar cuál es más verdadero, sino en la capacidad relativa del programa de aumentar el conocimiento científico. Todavía se percibe a la ciencia como una actividad racional, pero ahora se reconoce que la sociología, la economía y otros factores muy humanos influyen en la ciencia.[22] El paleontólogo David Raup analizó algunos episodios de la ciencia y comparó conceptos comunes a la ciencia y la religión. Llegó a la conclusión de que, si es correcto lo que se suele interpretarse, "se deduce que la investigación científica es objetiva porque el científico no se deja influir por expectativas previas y está dispuesto a actuar sin importarle las consecuencias. Creo que esas declaraciones tienen bastante palabrería".[23]

La historia de la ciencia muestra que una teoría puede ser exitosa para estimular el progreso científico y, en consecuencia, ser aceptada ampliamente por la comunidad científica y sin embargo más adelante ser rechazada porque la evidencia acumulada ya no la respalda. Por consiguiente, si en un momento dado existe un fuerte consenso entre los científicos en cuanto a si una teoría en particular es verdadera, ese consenso puede resultar de factores filosóficos o sociológicos en lugar de un cuerpo de evidencia que demuestra la verdad de la teoría.[24] Por ejemplo, ¿podría ser que el consenso científico de que todas las formas de vida son el producto de la evolución resulte de un compromiso filosófico anti sobrenatural común más bien que de evidencia adecuada? Parece ser de que es así.

La creatividad y la conformidad en la ciencia

En un libro titulado *The Essential Tension* [Versión en español: *La tensión esencial*], Kuhn discute la tensión entre la creatividad y la conformidad en la ciencia.[25] La ciencia normal la manejan los conformistas, quienes aceptan la teoría y determinan los detalles. Por otro lado, la creatividad surge con los inconformistas [*mavericks*] como Albert Einstein y Copérnico que tenían sus dudas sobre las

teorías aceptadas y aparecieron con nuevas ideas. Kuhn siente que la ciencia necesita ambos tipos. Sin los conformistas, no acumularíamos los datos adecuados para descubrir que se necesita un nuevo paradigma. Pero, de vez en cuando, la ciencia necesita inconformistas, personas creativas que tienen pensamientos nuevos.

Un artículo en *The Scientist*[26] dice que los científicos se están pareciendo mucho a los chefs: para investigar tienden a seguir una receta en lugar de pensar en forma creativa. Otro artículo en esa publicación dice que: "Las nuevas ideas son culpables hasta que se las demuestre inocentes".[27] Ese artículo anima a los científicos a explorar y probar nuevas ideas. "Tal vez lo único que salva a la ciencia es que en cada generación hay inconformistas."[28] La ciencia es una iniciativa fascinante y necesita de toda clase de personas. Cuando los Estados Unidos estaban en proceso de desarrollo, necesitaba inconformistas que estuvieran dispuestos a enfrentar la naturaleza salvaje desconocida, pero también necesitaban personas cabales y equilibradas, que siguieran detrás de ellos y levantaran la estructura de la nación. La ciencia también es así.

---

[1] N.C. Murphy, *Theology in the Age of Scientific Reasoning* [*La teología en la era del razonamiento científico*] (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1990); D.L. Ratzsch, *Science & Its Limits: The Natural Sciences in Christian Perspective* [*La ciencia y sus límites: Las ciencias naturales en una perspectiva cristiana*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2000).

[2] Ratzsch, *Science & Its Limits;* K.R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York: Harper & Row, 1959), 31-32; [Existe versión en español: Popper, K., *La lógica del descubrimiento científico*, Madrid: Tecnos, 1962]; K.R. Popper, "Science: Problems, Aims, Responsibilities", [La ciencia: problemas, blancos, responsabilidades], *Federation Proceedings* 22 (1963): 961-62.

[3] L. Brand, "A Biblical Perspective on the Philosophy of Science", [Una perspectiva bíblica sobre la filosofía de la ciencia], *Origins* 59 (2006):6-42.

[4] Ratzsch, *Science & Its Limits,* 50.

[5] Popper, *Logic of Scientific Discovery,* 55.

[6] T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: University of Chicago Press, 1970); [Existe versión en español: *La estructura de las revoluciones científicas,* México: Fondo de Cultura Económica, 1971].

[7] Ratzsch, *Science & Its Limits,* 50.

[8] Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions.*

[9] R. Frodeman, "Geological Reasoning: Geology as an Interpretive and Historical Science" ["El razonamiento geológico: La geología como una ciencia interpretativa e histórica"], *Geological Society of America Bulletin* 107 (1995): 960-68.

[10] Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions.*

[11] F. Brescia, *Chemistry: A Modern Introduction* (Philadelphia: Saunders, 1974), 499.[Existe versión en español: *Química: una moderna introducción*, México: Compañía Editorial Continental, 1975].

[12] L. Pauling, *College Chemistry: An Introductory Textbook of General Chemistry, 3rd. ed.*[*Química universitaria: Un texto introductorio de química general*] (San Francisco: W. H. Freeman, 1964)

[13] Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions.*

[14] *Ibid*.

[15] *Ibid*.

[16] Por ejemplo, P. Feyerabend, *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge* (New York: Verso, 1978) [Existe versión en español: *Tratado contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Madrid: Editorial Tecnos, 2010]; P. Feyerabend, *Farewell to Reason* (New York: Verso, 1987) [Existe versión en español: *Adiós a la razón*, Madrid: Editorial Tecnos, 2007]; H. Reichenbach, *The Rise of Scientific Philosophy* [*El surgimiento de la filosofía científica*] (Berkeley: University of California Press, 1968).

[17] Feyerabend, *Against Method.*

[18] L. Laudan, *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth* (Berkeley: University of California Press, 1977) [Existe versión en español: *El progreso y sus problemas: Hacia una teoría del progreso científico*, Madrid: Editorial Tecnos, 1986].

[19] I. Lakatos, *The methodology of Scientific Research Programmes* (New York: Cambridge University Press, 1978) [Existe versión en español: *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid: Alianza Editorial, 1983].

[20] J.P. Moreland, *Christianity and the Nature of Science* [*El cristianismo y la naturaleza de la ciencia*] (Grand Rapids, MI: Baker Book House, 1989).

[21] Ratzsch, *Science & Its Limits.*

[22] Murphy, *Theology;* Lakatos, *Methodology of Scientific Research.*

[23] D. Raup, "New Ideas Are 'Guilty until Proved Innocent'" ["Las nuevas ideas son 'culpables hasta probarse inocentes'"], *Scientist* 1 (1986):18.

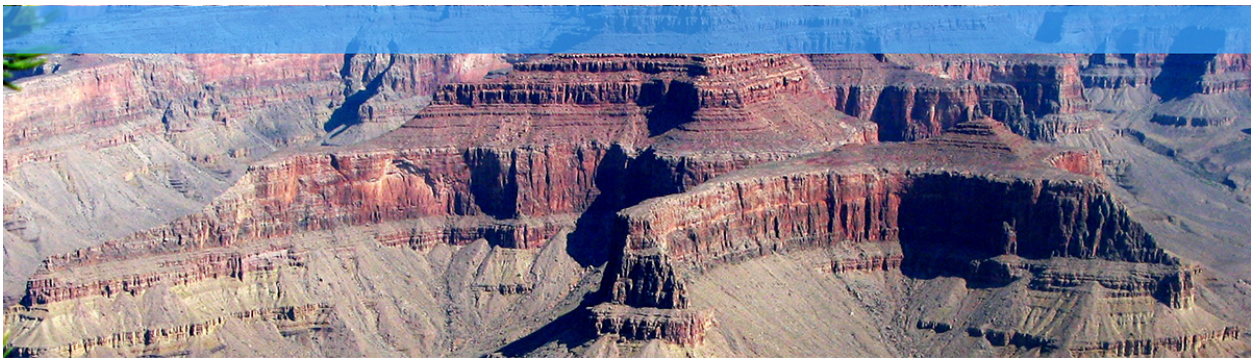
[24] Kuhn, *Structure of Scientific Revolutions;* Lakatos, *Methodology of Scientific Research.*

[25] T.S. Kuhn, *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (Chicago: University of Chicago Press, 1977) [Existe versión en español: *La tensión esencial,* México: Fondo de Cultura Económica, 1982].

[26] M. De Sousa, “Warning: Scientists Are Becoming Too Much Like Chefs”, [“Advertencia: Los científicos se están pareciendo mucho a los chefs”] *The Scientist* 3, no.1 (1989): 9, 11.

[27] Raup, “New Ideas”, 18.

[28] *Ibid*.



Capítulo 5

El naturalismo y una alternativa

Reseña

La ciencia tradicional actual sigue la generalizada regla o filosofía del naturalismo metodológico (NM), el cual rechaza cualquier hipótesis que involucre o implique una acción sobrenatural en cualquier momento de la historia. Una evaluación del NM indica que no es necesario en el estudio experimental de los procesos naturales. Sin embargo, en un estudio de la historia, los orígenes, es importante decidir qué hacer con el NM porque descarta cualquier evento como la creación o influencias sobrenaturales en la historia geológica. Una mejor filosofía alternativa puede reconocer evidencias que podrían señalar influencias sobrenaturales posibles en tales *eventos*, aún cuando la ciencia no puede estudiar las *causas* (no naturales) de esos supuestos eventos. Describimos esa filosofía alternativa, y se ilustra su papel ventajoso y productivo en la ciencia. Se ha usado y seguirá usándose para guiar investigaciones científicas exitosas y la publicación de ellas.

Una alternativa filosófica al NM

La ciencia nos ha enseñado que el universo opera de acuerdo con las leyes de la naturaleza, las leyes de la química y de la física. ¿Cómo puede un creyente en Dios el Creador comprender esas leyes? Si usted está sentado en mi casa con un techo sólido sobre su cabeza, las leyes de la física y de la química que mantienen el techo intacto mantendrán su cabeza seca. Pero eso cambiará si levanto un balde de agua y lo vacío sobre su cabeza: terminará bien mojado. No se violó ninguna ley de la

naturaleza, pero se cambió el curso de los eventos. Puede ser que muchos o a lo mejor todos los eventos que llamamos milagros o intervenciones sobrenaturales sean similares a ello.

Nosotros proponemos que Dios es tan sabio que inventa "leyes de la naturaleza" que son suficientemente amplias como para mantener el funcionamiento del universo y aun así le permite inventar y hacer cosas complejas como los organismos vivientes cuyos cuerpos funcionan debido a las leyes de la física y de la química. Esas leyes le permiten a Dios, como ser razonable, personal y movible, tomar decisiones y actuar, así como lo hacen continuamente los humanos.

Dios actuó y construyó los seres vivos que funcionan de acuerdo con sus leyes de la naturaleza, así como los humanos rutinariamente construyen máquinas que funcionan a través de las leyes de la química y de la física. Comprendemos ese proceso de invención porque lo hacemos rutinariamente. Más adelante, Dios insertó en la estructura geológica equilibrada de la tierra una fuerza única que causó un diluvio catastrófico global. No se violó ninguna ley. Esas solo fueron decisiones inteligentes y acciones que tomó un Ser que conoce todas sus leyes y sabe como interponer las fuerzas correctas para cambiar el curso de los eventos. ¿Es lógico que los humanos finitos decidan si se le permite hacerlo? Nuestras especulaciones, ¿afectan como trabaja Dios?

Una crítica del NM: ¿Cuál es su papel correcto?

En una discusión pública sobre la cuestión de la enseñanza de la ciencia en las escuelas públicas, un prominente científico declaró que aun si la creación fuese cierta, deberíamos rechazarla para seguir siendo científico. Para comprender por qué un científico de renombre haría una declaración como esa, uno debe entender el papel del naturalismo en la ciencia. El NM se ha transformado en una parte de la definición de la ciencia. "Si existe una regla, un criterio que hace que una idea sea científica, es que debe apelar a explicaciones naturalistas de los fenómenos, y esas explicaciones deben ser puestas a prueba solo por el criterio de nuestros cinco sentidos".[1] La ciencia no puede conducir experimentos para comprobar si ocurrió o cómo ocurrió un acto sobrenatural. Ese concepto es suficientemente claro y además lo aceptan los intervencionistas, pero los científicos naturalistas fueron un paso más allá y decidieron aceptar solo las teorías que no implican o requieren una actividad sobrenatural en ningún momento de la historia.[2]

El NM puede parecer razonable, y por muchas décadas, se aceptó casi universalmente como una regla primaria de la ciencia; de hecho, se la presenta como el único método que funciona.[3] Pero elegimos aplicar el pensamiento crítico

al NM, para comprender su fundamento y analizar si es que es un concepto apropiado. Veremos más de cerca el NM y su influencia actual sobre la práctica de la ciencia.[4] ¿Existe alguna manera en que podamos seguir el consejo de Alvin Plantinga para los cristianos de hacer uso de todo lo que conocemos como cristianos mientras practicamos una ciencia válida?[5]

El NM en dos aspectos de la ciencia

Para examinar cómo se usa el NM en la ciencia, consideremos cómo funciona en dos diferentes tipos de búsqueda científica: (1) el estudio experimental/ observacional de procesos actuales: lo que ocurre hoy en el laboratorio, y (2) el estudio de la historia: los eventos en los orígenes biológicos y geológicos y en la historia.

La ciencia experimental

De manera rutinaria, se afirma que la ciencia solo funciona si seguimos el principio del NM.[6] ¿Es eso realmente verdad? La primera categoría, más arriba, la ciencia experimental, incluye el uso de experimentos y observaciones cuidadosamente diseñadas para el estudio de los procesos que podemos observar. Ejemplos de esto pueden ser los estudios de laboratorio en química o a lo mejor los estudios de procesos fisiológicos con animales de laboratorio. Siendo que estos involucran procesos que ocurren ahora mismo, frente a nuestros ojos, podemos hace experimentos una y otra vez para verificar la confiabilidad de nuestros resultados. Luego podemos buscar explicar nuestros datos, con referencia a lo que se sabe sobre la química o la fisiología. En nuestras interpretaciones de esos procesos *en curso*, todos reconocemos que si queremos que nuestras interpretaciones sean válidas, es fundamental basar nuestras explicaciones sobre la evidencia. No podemos usar explicaciones sobrenaturales para nuestras observaciones de procesos *en curso, regidos por leyes,* aun si creemos en un Dios que interviene y trabaja a través de milagros.

Para poder mantener las explicaciones sobrenaturales fuera de la ciencia, el pensamiento naturalista se presenta como esencial para el éxito de la ciencia. Pero hay una pregunta que debemos formular. Si usted es un científico que está realizando esos estudios experimentales, ¿se sentiría tentado a usar explicaciones sobrenaturales? ¿Debe recordarse no hacerlo? ¿Conoce a algún científico en actividad que esté tentado a pensar que Dios está jugueteando con las sustancias químicas en sus experimentos, o a un fisiólogo que esté tentado a pensar que sus

observaciones tienen una causa sobrenatural? Si las respuestas a esas preguntas son no, entonces ¿cuál es el papel práctico hoy del NM en la ciencia experimental? ¿Será que se lo necesita para algo?

Nosotros sugerimos que a lo largo de los últimos siglos hemos aprendido que los procesos diarios observables en curso en la naturaleza siguen de manera confiable las leyes de la química y de la física. Aun los científicos que activamente creen en Dios se dan cuenta que de cualquier modo que Dios administra el universo, normalmente no lo hace jugueteando con las operaciones diarias regidas por leyes de la naturaleza que él creó. Ese principio nos ha sido enseñado por la experiencia acumulada de la ciencia moderna. Nuestros descubrimientos científicos nos revelan que Dios debe ser un tipo de súper científico orientado hacia las matemáticas, que usa sus leyes para hacer funcionar el universo. No es un mago caprichoso que juguetea con los procesos diarios que estudiamos en nuestros experimentos.

Aun así, se sigue manteniendo que el NM es necesario para el funcionamiento exitoso de la ciencia. Pero no parece que ningún científico involucrado en estudios experimentales de los procesos naturales crea necesario ponderar si debieran usar explicaciones sobrenaturales para los resultados de sus investigaciones. El reconocimiento de la confiabilidad de las leyes de la física y de la química es una guía adecuada. Si eso es así, ¿cuál es el papel práctico del NM en la investigación experimental/observacional? ¿Será que tiene papel alguno? Parece ser irrelevante, una reliquia de la historia, una lección que debemos aprender, pero esa lección ha hecho que el NM sea obsoleto e innecesario en esa parte de la ciencia. Eso no quiere decir que el concepto del NM dañará el estudio experimental de los procesos en curso, pero el NM simplemente no es necesario. Aunque Dios realice algún milagro y sane alguien instantáneamente de su cáncer, eso no nos dice nada sobre los procesos normales de la enfermedad.

El estudio científico de la historia: sobre los orígenes

Pero entonces, ¿por qué estamos discutiendo esto? Si el NM no daña la ciencia experimental, ¿por qué nos interesa el NM? La razón se hace evidente en el estudio de la otra categoría enumerada más arriba: el estudio de los orígenes, la historia de la vida sobre la tierra. En el estudio de la historia, existen algunas cuestiones que difieren significativamente de la investigación experimental de procesos en curso.[7] *En el estudio de la historia, la decisión sobre qué hacer con el naturalismo no es tan clara*.

Al ponderar preguntas sobre la historia, se necesita considerar, por ejemplo, si los procesos que gobiernan el *funcionamiento* de una célula viva, son también

adecuados para explicar el *origen* de las células vivientes, o si se necesita de un agente inteligente para su origen. ¿Puede la ciencia contestar preguntas con trabajo basado en evidencias? Y de poder hacerlo, ¿qué se necesitaría para que sea así? Si no se puede responder esto con un trabajo basado en evidencias, ¿cómo puede ser ciencia? ¿Puede la ciencia contestar adecuadamente cómo llegaron a formarse las células vivas?

En el estudio del pasado, se formulan preguntas sobre si ciertos *eventos* realmente ocurrieron o no. Los ejemplos de los eventos que estamos discutiendo pueden incluir la sedimentación de una capa de sedimento singular, la aparición de las primeras células vivientes, la muerte de los últimos dinosaurios, o la tasa de la sedimentación de un estrato sedimentario. A medida que estudiamos los eventos, probablemente encontremos una pregunta más profunda: una pregunta que aborda la *causa* de un evento o una secuencia. Primero discutiremos los *eventos*.

La ciencia busca comprender los eventos y sus causas, pero las causas son muy diferentes de los eventos. La ciencia puede determinar mayormente si un evento ocurrió, aun si no podemos estudiar su causa. ¿Atacó el General George Custer una fuerza avasallante de nativos porque tenía ambiciones presidenciales? La causa de ese desastre fue una causa "inteligente", gestada en la mente de Custer. Siendo que fue iniciada por una decisión "inteligente", ¿significa eso que la ciencia no puede estudiar la batalla y su desenlace? Aunque se ha avanzado mucho en la comprensión del cerebro, no podemos entender plenamente la mente de Custer. Pero eso no nos impide mirar la evidencia y probar si el evento, la batalla de Little Bighorn, ocurrió. Además, podemos estudiar las causas secundarias de las muertes de los soldados.

En otros estudios históricos, en la historia geológica y biológica, la ciencia puede preguntar si un evento geológico o biológico dado realmente ocurrió, aunque podamos o no entender su causa última. Nos gustaría entender las causas de esos eventos, si es que pueden ser sujetos a los métodos de la ciencia. Sería valioso saber si realmente hubo una extinción masiva de las formas vivientes al final del Cretácico, aunque hubiese una gran incertidumbre sobre la causa de ese evento. Ese evento puede evaluarse con la evidencia que quedó, aún si no pudiésemos observar, reproducir, o estar absolutamente seguros de su causa.

Podemos estudiar algunas causas potenciales con los métodos de la ciencia, pero otros solo pueden ser reconocidos como posibilidades que la ciencia no puede estudiar. Sugerimos que las causas no conocidas o aun las que posiblemente no se pueden poner a prueba no debieran rechazarse simplemente por una suposición. Esto se aplica especialmente a cuestiones más controvertidas del estudio de la historia de la tierra y la historia de la vida. ¿Cómo comenzó la vida? La vida, ¿comenzó con una secuencia de encuentros esencialmente azarosos de moléculas a lo largo del tiempo? ¿O fue resultado de una causa inteligente,[8] incluso el plan de

un agente inteligente mediante una causa sobrenatural? Muchos lectores inmediatamente responderían: Espere un minuto, ¿acaso no sabe que eso es exactamente lo que el naturalismo rechaza? Sí, lo sabemos, pero ese concepto es exactamente lo que estamos tratando de evaluar.

¿Por qué deberíamos preocuparnos por esto? ¿Por qué nos estamos dando todo el trabajo de analizar el naturalismo si en realidad no daña la ciencia experimental? Por una respuesta, volvamos al evento del origen de las primeras células vivas. En las publicaciones científicas, el origen de la vida se describe generalmente como el resultado de procesos naturales azarosos no guiados sin la acción de la inteligencia. ¿Cuánta evidencia hay para apoyar esa teoría? En el capítulo 7, descubriremos que *virtualmente no hay evidencia* para apoyar esa conclusión sobre la historia, y ningún científico puede viajar hacia atrás en el tiempo para observarla. Entonces, ¿por qué está la ciencia tan firmemente comprometida con esa conclusión? Debido a la filosofía, o la suposición de que el naturalismo metodológico la requiere, sin importar la evidencia. Como Richard Lewontin declaró estupendamente:

> Nuestra disposición a aceptar afirmaciones científicas que van en contra del sentido común es la clave en la comprensión de la verdadera puja entre la ciencia y lo sobrenatural. Tomamos el lado de la ciencia a pesar de lo patentemente absurdo de algunos de sus constructos, a pesar de su fracaso en cumplir muchas de sus promesas extravagantes sobre la salud y la vida, a pesar de la tolerancia de la comunidad científica de historias simples sin fundamento, porque tenemos un compromiso previo, un compromiso con el materialismo. No es simplemente que los métodos e instituciones de la ciencia de alguna manera nos obliguen a aceptar una explicación material del mundo de los fenómenos, sino que, por el contrario, somos forzados por nuestra adherencia a priori a las causas materiales a crear un aparato de investigación y un conjunto de conceptos que producen explicaciones materiales, sin importar cuán contrarias a la intuición, sin importar cuán desconcertantes sean a los principiantes. *Más aún, ese materialismo es absoluto, porque no podemos permitir que se meta un Pie Divino en la puerta* (la cursiva es mía).[9]

Si fuéramos a reconocer que el origen de la vida involucró la intervención inteligente, el naturalismo estaría muerto. Siendo que el NM requiere de un origen naturalista (materialista) de la vida, a pesar de la falta de una evidencia genuina que lo apoye, debemos preguntar ¿qué otras demandas nos estará haciendo el NM sin la adecuada evidencia que lo apoye? Esa es la razón por la que nos tomamos el tiempo en analizar el naturalismo.

Podemos estar de acuerdo en que la ciencia no tiene ninguna manera de explorar un proceso sobrenatural. Eso está más allá del alcance del estudio científico. Pero la ciencia todavía puede examinar la evidencia sobre si un *evento* ocurrió, aún el evento del origen de la vida en la tierra. ¿Será que la evidencia para el origen de la vida es compatible con un proceso estrictamente realizado por causas naturales? ¿O será que evidencia bioquímica que se va acumulando rápidamente lo hace muy improbable como para que se considere seriamente? ¿Deseamos conocer las respuestas a preguntas como esa, sin basar la respuesta en suposiciones *a priori*, tal como Lewontin espera? Si no es así, ¿por qué no?

Si la ciencia es objetiva, puede explorar esa pregunta y por lo menos evaluar las probabilidades de diferentes escenarios posibles para el origen de la vida. Eso es, lo podrá hacer si no es bloqueada por un "interruptor del pensamiento", la aplicación rígida del NM que se niega a permitir que se formule esa pregunta (la vida, ¿fue diseñada?). ¿Por qué la ciencia habría de ser controlada por un dogma, incluso el uso dogmático del NM? Si la ciencia todavía no tiene una respuesta basada en la evidencia sobre cómo surgió la vida, ¿podemos ser lo suficientemente sinceros en admitirlo? Algunos sí tienen la franqueza en decirlo, y son merecedores de nuestro respeto.[10]

Un proceso de investigación

Cualquier cosmovisión puede introducir un sesgo en la investigación, pero nuestra tarea es definir un abordaje a la investigación que no traiga consigo un prejuicio contra el naturalismo o un prejuicio contra un punto de vista intervencionista. Simplemente busca permitir que varios puntos de vista hagan preguntas y sugieran hipótesis que puedan ser puestas a prueba con los métodos de la ciencia. Si tenemos éxito con ese plan, entonces podremos mostrar que los argumentos en contra del uso de puntos de vista intervencionistas en los estudios científicos no son válidos.

Nuestro plan de investigación puede comenzar con observaciones de la ciencia, incluyendo observaciones de laboratorio o de campo, u observaciones que provienen de la literatura científica publicada. Esas observaciones, junto con nuestra cosmovisión, pueden sugerir nuevas preguntas sobre los fenómenos bajo

estudio. Las nuevas preguntas pueden surgir de cualquier fuente (la ciencia, la filosofía, la religión), pero deben ser preguntas que puedan ser consideradas con los métodos de la ciencia (como se ilustra en el ejemplo de más abajo). Después de aprender a partir de la literatura científica todo lo que se puede conocer sobre el tema, se puede definir un plan de investigación con métodos claros sobre cómo recolectar y analizar los datos, y la investigación puede comenzar (la ciencia).

Un ejemplo puede ayudar a explicar este concepto. La Formación Pisco del Mioceno/Plioceno en las planicies costeras del Perú, contiene una rica colección de vertebrados marinos fósiles, lo que incluye una gran cantidad de ballenas. Un gran porcentaje de ellas son esqueletos articulados y muy bien conservados, con los huesos no dañados por los invertebrados carroñeros. Incluso muchas de las ballenas tienen sus barbas, el aparato filtrador de alimento (hecho de una proteína, la queratina) conservadas en su posición normal en la boca.[11]

En los ambientes modernos, una conservación tan buena de una ballena requeriría un entierro en pocos días, o a lo sumo meses. Sin embargo, los sedimentos de Pisco que sepultaron las ballenas han sido interpretados como de acumulación en el fondo del mar a velocidades de solo unos pocos centímetros cada mil años, demasiado despacio como para conservar las ballenas. Los geólogos y paleontólogos que han estudiado las ballenas de Pisco durante por lo menos los últimos veinte años, o no notaron la inconsistencia patente, o no las tomaron lo suficientemente en serio como para buscar una respuesta y discutirla en artículos científicos publicados.

Junto con otros científicos de las ciencias de la tierra, nosotros estudiamos la Formación Pisco, y muy pronto nos dimos cuenta del contraste entre la supuesta tasa lenta de acumulación de sedimento y el entierro rápido necesario para conservar ballenas enteras. ¿Por qué lo notamos? En contraste con los investigadores previos, nosotros abordamos la investigación desde un punto de vista que no asume largas edades de tiempo para el registro geológico. Comenzamos con una pregunta abierta: "¿Cuánto tiempo tardaron esos sedimentos y fósiles en depositarse aquí? Nuestro pensamiento no estaba controlado por suposiciones uniformistas, pero sí permitió la opción de un período corto de tiempo para la Formación Pisco (en consecuencia eso también llevó a cuestionar la exactitud de los métodos radiométricos). Propusimos la hipótesis de un proceso mucho más rápido de lo que el NM hubiera admitido (que no provee el tiempo adecuado para los cambios evolutivos inferidos para los vertebrados fósiles de la Formación Pisco). Nuestro blanco fue poner a prueba esa hipótesis en la porción de la Formación Pisco que estudiamos, no forzar nuestros datos sobre nuestras hipótesis, sea que encajen o no. Si estamos buscando la verdad (como los científicos deberían), ¿cómo estaríamos satisfechos con un esfuerzo de hacer encajar los datos en una idea preconcebida?

La evidencia proveniente de las ballenas y de los depósitos diatomáceos sí apoyaban un entierro rápido de las ballenas y con una rápida acumulación de sedimentos que las sepultaron.[12] Así que, ¿qué logró esa investigación? ¿Cuáles de esas opciones son correctas?

1. Demostramos el diluvio bíblico: NO. La palabra "demostración" no debiera usarse aquí, y la Formación Pisco es solo una formación rocosa entre muchas.
2. Mostramos que toda la Formación Pisco se formó muy rápidamente: NO. No eliminamos la posibilidad de que otras partes de la Formación Pisco se hayan formado más lentamente.
3. Pudimos refutar el NM: NO. Simplemente no lo usamos, ni permitimos que restringiese nuestro pensamiento.
4. Usamos diferentes métodos de investigación de los que usan otros científicos: NO. Nuestra recolección y análisis de datos siguió procedimientos de investigación estándares.
5. Nuestra hipótesis fue científicamente productiva; nos condujo al descubrimiento y comprensión de la evidencia que otros no habían reconocido: SÍ.
6. Esta investigación es compatible con la propuesta de que formular preguntas e hipótesis que no utilicen el principio del NM pueden ser científicamente exitosas: SÍ.
7. La evidencia apoya nuestra hipótesis de un sepultamiento rápido: SÍ.
8. Tratamos de estudiar un milagro: NO. Estudiamos una secuencia de *eventos* de sedimentación, no su *causa* última. En lugar de tratar de estudiar algún milagro, simplemente permitimos que nuestro punto de vista abriese nuestras mentes a un rango más amplio de opciones. ¿Podría ser que la rápida sedimentación que enterró las ballenas sea parte de un proceso mayor iniciado por una acción inteligente? Puede ser, pero el proceso científico no podría considerarlo.

En nuestra investigación e interpretación de los datos ¿somos completamente imparciales? No; somos humanos como cualquier otro. Pero sí tenemos un par de ventajas sobre muchos otros. Al leer las abundantes publicaciones anticreacionistas, se revela claramente que aquellos que escriben el material saben muy poco o nada sobre cómo piensa un creacionista científicamente educado.[13] Ellos solo entienden su propio punto de vista. Sin embargo, como intervencionistas que estamos profundamente involucrados en la investigación y la publicación, estamos familiarizados con nuestro propio punto de vista y también con las publicaciones científicas principales y las teorías en nuestro campo. Por lo tanto, estamos constantemente comparando y pensando cómo podemos poner a prueba diferentes conceptos de esos diferentes puntos de vista. La otra ventaja es que debido a que no restringimos nuestro pensamiento a las interpretaciones basadas en el NM, nos daremos cuenta más fácilmente de caracteres que pueden aparecer, en una mentalidad dentro del NM corriente, como simplemente rarezas sin mucho significado, tales como las ballenas bien conservadas en sedimentos que se acumulan lentamente. Cuando les prestamos atención, algunas llegan a ser muy significativas. En esa y otras investigaciones, mantener nuestras mentes libres de las restricciones artificiales del NM, nos permitió abrir los ojos para ver cosas que otros no habían visto. Eso nos convence de que el NM, así como se usa hoy, es mayormente un perjuicio para la ciencia, no una ventaja.

Interpretación de los datos publicados

Los principios ilustrados en el ejemplo presentado más arriba, también se aplican a la manera en que el punto de vista intervencionista puede evaluar evidencia que proviene de las publicaciones científicas. Por ejemplo, considera los numerosos casos de biomoléculas conservadas como las proteínas o el ADN en fósiles antiguos.[14] Esas mismas biomoléculas tendrían vidas medias de unos miles de años o menos en el mundo moderno. Sin embargo, la cronología basada en el NM requiere, y la datación radiométrica provee, edades de muchos millones de años para las biomoléculas fósiles. Las vidas medias cortas de las biomoléculas y las fechas radiométricas son dos líneas de evidencia en conflicto, y el conflicto necesita una explicación.

Cuando dos líneas de evidencia entran en conflicto, eso indica que hay algo que todavía no entendemos. ¿Cuál es correcta? Las biomoléculas fósiles ¿son muy antiguas, contra las leyes de la química que gobiernan sus vidas medias hoy? ¿O será que las edades radiométricas que se aceptan son equivocadas, y en realidad los fósiles son bastante jóvenes? El NM solo permite una de esas interpretaciones: los fósiles deben ser muy antiguos, y no comprendemos cómo pudieron durar tanto

tiempo. El NM no permite la consideración de ambas posibilidades; no permite una búsqueda de mente abierta de la verdad científica.

Por supuesto, si los fósiles se formaron dentro de los últimos miles de años (un período de tiempo muy corto para la evolución de nuevos tipos de organismos), eso en última instancia señala una acción de intervención en relación con el corto período de tiempo, y la ciencia no puede examinar la naturaleza de esa causa. En ese caso, las preguntas que surgen son: ¿Queremos saber qué es verdadero respecto de los *eventos*, aun cuando no podamos verificar su causa última? ¿O permitimos que una suposición, el NM, dicte lo que es verdadero sobre los eventos?

La ciencia no puede estudiar las causas que intervienen, por lo que las ideas sobre intervención podrían describirse como que bloquean la ciencia. Pero los eventos intervencionistas tales como el diseño inteligente y la creación de la vida o el inicio de un diluvio catastrófico global pudieron suceder. Si lo hicieron, ¿mejorará nuestra ciencia el pretender que no ocurrieron? ¿Queremos saber las respuestas verdaderas, aun si no encajan nuestra filosofía preferida? Si la evidencia indica que el origen materialista y naturalista de la vida no es una posibilidad real, ¿será nuestra ciencia mejor si ignoramos la evidencia e insistimos que las únicas explicaciones aceptables son aquellas consistentes con el NM? ¿Será que la teoría y las suposiciones superan la evidencia? ¿Cómo sería el caso si rehusamos siquiera a considerar el postulado de que la vida a lo mejor no surgió por procesos naturalistas?

Llegamos a la conclusión de que lo único constructivo que tiene para ofrecer el NM es recordarnos que la ciencia no puede estudiar *cómo* trabaja la intervención. No es válido que el NM rechace la idea de que en el curso de los orígenes, puede haber cierto tipo de intervención. En algunos casos, la evidencia (que podemos estudiar) podría mostrarnos que ocurrieron *eventos* que señalan la probabilidad de que existan causas milagrosas o por lo menos inteligentes (y la ciencia no puede estudiar cómo es que ocurren). La ciencia tiene una limitación definida en que no puede determinar si la intervención ocurrió en el pasado, y además no puede determinar si no ocurrió. Parece ser más sabio para los científicos que reconozcan esa limitación en lugar de negarla. Siempre habrá científicos calificados y cuidadosos que siguen los principios del NM y otros que no. La diferencia es filosófica, no científica, y podemos predecir que aquellos que prefieren el intervencionismo, no el NM, en última instancia serán más exitosos. Eso puede parecer una predicción temeraria, pero lo veremos a medida que pase el tiempo.

Resumen del análisis del NM

Algunos podrán objetar a la afirmación de que la ciencia experimental es diferente de la ciencia histórica, porque las dos involucran inferencias inciertas de los datos (interpretaciones) y suposiciones. Eso es verdad, pero no es toda la historia. Siendo que todo involucra inferencias, no se puede hacer una línea divisoria clara entre esas dos categorías de ciencia. Sin embargo, existe una diferencia dramática y muy práctica entre el estudio de procesos biológicos o físicos que funcionan continuamente, para los cuales en última instancia existen datos accesibles, y por otro lado, eventos históricos únicos que no pueden ser observados. Solo podemos saber sobre algunos eventos si algún observador confiable los vio y nos habló sobre ellos.

Existe un factor sobre el cual todos, tanto los que aceptan el NM como aquellos que no lo aceptan, pueden estar de acuerdo: la ciencia no puede examinar *cómo ocurren las supuestas intervenciones (milagros)*. Siendo que aprendimos a no depender de explicaciones místicas para las operaciones diarias de la naturaleza, lo único constructivo que hace el NM es recordarnos eso.

¿Cuál es la diferencia entre el NM y un punto de vista que rechaza el NM? La diferencia, en ambos lados de esa divisoria, es una diferencia religiosa. La ciencia no puede poner a prueba ninguna de esas hipótesis: (1) un dios que interviene estuvo activo en la historia de los orígenes; o (2) ningún dios que interviene estuvo activo en la historia. La elección entre esas hipótesis es una elección filosófica o religiosa, no una elección científica. Si existe un dios que interviene, y el NM declara que no se le permite realizar ningún tipo de intervención, ¿cambiará eso la historia? Probablemente no. Hoy podemos ver que los procesos modernos confiablemente siguen las leyes de la química de la física, pero ¿qué acerca de los orígenes?

El NM no tiene la capacidad de decirnos *si es que* el intervencionismo ocurrió en relación con los orígenes, ni tampoco tiene el derecho de imponernos eso. Si realmente ocurrió una intervención en el pasado, la ciencia no puede estudiar la intervención, pero sí puede estudiar cualquier evidencia que pudo resultar de esa intervención.

Es importante reconocer la distinción entre los resultados de los *eventos* en la historia, que pueden estudiarse, y las *causas* últimas de tales eventos, que pueden no estar abiertas a nuestra investigación. Si ese factor se pusiera sobre la mesa, podría influir para abrir la discusión de la historia geológica y biológica y de los orígenes.

De la misma manera en que no es apropiado asumir que no hubo intervenciones sobrenaturales en la historia, no deberíamos *asumir* que la intervención haya afectado nuestro sitio de investigación. Pero nuestra

investigación será más objetiva si somos conscientes, y nos mostramos abiertos a la posibilidad, de una historia de la tierra diferente de la historia que requiere el NM. En otras palabras, buscamos que nuestra investigación esté basada en las evidencias, no en suposiciones.

Cuando dos líneas de evidencia que fueron diligentemente estudiadas nos orientan en direcciones opuestas, seguramente que la contradicción nos muestra que todavía hay algo por descubrir que puede traer claridad y consistencia a nuestra comprensión del tema bajo estudio. Nuestra predicción es que esa claridad se verá realzada si nuestro pensamiento no se ve limitado por el NM.

Por un momento debemos volver a considerar la pregunta más importante sobre las cuestiones en esta discusión del NM. ¿Por qué es tan importante desafiar el uso del NM, especialmente en la ciencia experimental? Hemos afirmado que el NM no es beneficioso para la ciencia y, además, que "la ciencia no tiene manera de explorar un proceso sobrenatural". ¿No es esa una total contradicción? ¿Acaso nos dice que el NM es malo pero que no podemos seguir adelante sin él? La respuesta a esas preguntas describe la razón esencial para esta discusión. El NM es un problema en el mundo científico moderno porque es una filosofía profundamente arraigada y muchas veces mantenida dogmáticamente con implicaciones que inevitablemente van mucho más allá de una aplicación válida básica. Si solo fuera aplicado a la ciencia experimental, podría ser bastante inofensivo. Pero el problema más serio del NM es que inevitablemente se extiende profundamente en las discusiones de la historia, donde, en la práctica, trata de dictar respuestas sobre los eventos, respuestas que la ciencia en algunos casos no puede proveer.

Esos conceptos relacionados con los eventos, causas e hipótesis que se pueden o no se pueden poner a prueba serán aplicados en los temas que discutiremos en los próximos capítulos.

Más sobre lo sobrenatural y las leyes de la naturaleza

Como se ilustró más arriba con el balde de agua sobre la cabeza de un amigo, Dios podría actuar en la historia sin quebrantar ninguna de sus leyes físicas o químicas. La ciencia que sigue la regla absoluta del NM no puede aceptar esa posibilidad. En la práctica, generalmente la ciencia no acepta acciones sobrenaturales aun cuando parezca que es requerida por una lógica rigurosa. Eso ayuda a explicar la declaración de nuestro amigo de que aun si la creación fuese cierta, para ser científico, él tendría que rechazarla. Eso no necesariamente significa que es un intolerante. Está claro que creyó con sinceridad que para ser buen científico era necesario aceptar la definición naturalista de la ciencia. ¿Es así como debería ser, o será que el péndulo fue demasiado lejos? El péndulo ¿se ha ido de un extremo (el

pensamiento sobrenatural generalizado de la Edad Media) al otro (el naturalismo estricto)? Podemos respetar el derecho de otros de creer que para ser científico es necesario aceptar el naturalismo, mientras todavía se trata de persuadirlos de que el NM estricto no es el único paradigma que puede conducir a una ciencia efectiva.

El estudio científico ha revelado cosas asombrosas sobre las leyes de la naturaleza y las usa para mejorar nuestra salud y la nutrición; combatir enfermedades; llevar personas a la luna; e inventar fábricas, vehículos, computadoras, aire acondicionados, y aplicaciones fabulosas para nuestros iPads. Todos esos avances científicos y de ingeniería caen en nuestra categoría de ciencia experimental, el estudio de procesos naturales diarios que podemos observar y poner en práctica. La ciencia de la que nos maravillamos está en una categoría diferente que el estudio incierto de la historia geológica y biológica, que discutiremos en próximos capítulos.

Imaginemos que trajésemos a nuestros días una persona que vivió en el 1500 d.C. Lo traemos a un supermercado y la puerta se abre sola cuando nos acercamos. Entramos a un automóvil y movemos un interruptor y el extraño carro ruge y se mueve por la calle. Vamos a casa y movemos una palanquita en la pared y las luces se encienden. A esa altura, el pobre individuo puede salir corriendo con terror ante esas manifestaciones sobrenaturales. ¿Por qué pensaría eso? Simplemente es la diferencia entre su pensamiento y el nuestro. No está familiarizado con las leyes que gobiernan la operación de un vehículo o la electricidad. Piensa en ellas como algo sobrenatural, pero en realidad simplemente no las entiende.

Muchos de los principales científicos de siglos pasados, aquellos que fueron pioneros en el establecimiento de la infraestructura de la ciencia, creían en un Dios Creador que suministró las leyes. Científicos del calibre de Copérnico, Galileo Galilei, Johannes Kepler, Blaise Pascal, Isaac Newton, Robert Boyle y muchos otros profesaban la creencia en un Dios que estaba detrás de la naturaleza y sus leyes. El argumento que una ciencia exitosa requiere del NM no fue verdadero entonces y no puede ser cierto hoy. Ya habían reconocido que Dios es un Dios de orden y que la naturaleza que creó no era caprichosa, de tal manera que podían trabajar cómodamente en la ausencia de la premisa restrictiva del NM. El mismo problema se aplica a muchos de los mejores científicos de nuestros días que afirman ser cristianos. Más del sesenta por ciento de los laureados del premio Nobel afirman ser cristianos. No es probable que todos los recipientes del premio hayan descontado completamente la intervención. Por ejemplo, el laureado Nobel Werner Arber declaró: “Aunque biólogo, debo confesar que no entiendo cómo surgió la vida…. Considero que la vida solo comienza al nivel de una célula funcional. Las células más primitivas pueden requerir por lo menos varios cientos de diferentes macromoléculas biológicas. Cómo se puede haber formado una estructura tan compleja, para mi es un misterio. La posibilidad de la existencia de

un Creador, de un Dios, representa para mí una solución favorable a ese problema".[15] Tal evidencia apoya la opinión de que el NM no es un requerimiento para que uno sea científico o para hacer buena ciencia.

Sesgos provenientes de varias fuentes

¿Pueden las perspectivas religiosas de una persona causar un sesgo en su interpretación de los datos científicos? Ciertamente. ¿Puede la filosofía naturalista sesgar la interpretación de los datos de un científico? Sí. Cualquier cosmovisión o punto de vista puede introducir sesgos, especialmente si no hacemos un esfuerzo en comprender las diferentes cosmovisiones, para efectuar una elección informada entre ellas. El naturalismo tiene una influencia prejuiciosa poderosa en la ciencia, manejando el pensamiento científico y, en muchos casos, al decidir qué conclusiones se permitirán. Generalmente, eso no se reconoce, pero solo podremos comprender el estudio científico de los orígenes si captamos completamente el papel contemporáneo del NM en ciencia convencional.

Cuando la disciplina de la geología estaba tomando forma en los siglos XVIII y XIX, los geólogos James Hutton[16] y Charles Lyell[17] escribieron cada uno libros en los que desarrollaron un paradigma de la geología que rechazaba las interpretaciones catastróficas de sus días y las remplazaron con una teoría que solo aceptaba procesos uniformistas (los procesos geológicos siempre han sido constantes) y gradualistas (siempre lentos) a través de eones de tiempo. El libro de Lyell fue muy influyente y restringió la geología a un paradigma gradualista y uniformista hasta la mitad del siglo XX. El análisis histórico de la obra de Lyell concluyó que los catastrofistas de los días de Lyell fueron los científicos menos sesgados y observadores más cuidadosos,[18] y que la versión estrictamente gradualista del uniformismo de Lyell fue mala para la geología porque impidió que los geólogos consideren cualquier hipótesis que incluía interpretaciones catastróficas de los datos.[19] En décadas recientes, la disciplina de la geología llegó a reconocer que algunos procesos catastróficos sí ocurren, aunque los geólogos todavía interpretan esos procesos dentro de un marco de tiempo de miles de millones de años.

El control de los sesgos en la investigación científica

Los problemas que una parte de la teoría de Lyell causó en la geología sugieren que el teísmo no es el único factor con el potencial de producir sesgos en la interpretación de los datos. No es un problema del intervencionismo informado; es

un problema humano que todos deben tratar de superar. La ciencia tiene un método para tratar con ese problema que será efectivo para los intervencionistas como también para otros.

Tabla 5.1. Componentes del método científico para el control de sesgos.

1. Usar un buen diseño de investigación y una recolección de datos cuidadosa
2. Discutir los resultados específicos con científicos colegas y presentar los trabajos en reuniones científicas
3. Entregar los trabajos de investigación a revistas científicas con referato para su publicación (los trabajos se revisan por varios de los pares reconocidos en el área específica de investigación antes de su publicación).

Ese método es el sistema de crítica de pares (o de arbitraje por pares) que ayuda a mantener la calidad en la ciencia, o también uno podría llamarlo la discusión crítica en el método científico de Popper.[20] El sistema de crítica de pares es muy importante en la ciencia, pero por más de un siglo no pudo ablandar el gradualismo geológico rígido de Lyell. El sistema de crítica de pares hubiera funcionado mejor si los científicos con diferentes puntos de vista hubieran continuado el diálogo, pero tal como sucedió, el uniformismo gradualista de Lyell fue el único paradigma en uso, de manera que durante un siglo, el sistema de crítica de pares no tuvo ningún efecto para desafiar la resistencia firme del uniformismo de Lyell. Hoy día opera un paralelismo. Siendo que el naturalismo no está sobre la mesa para una discusión abierta, la crítica científica de pares no logra analizar si las explicaciones naturalistas son o no son las más correctas.

La ciencia se beneficiará si anima a los científicos con diferentes puntos de vista filosóficos a mostrarse activos en la ciencia. Ninguno tiene nada que temer del otro siempre que ambos (1) sean activos en el proceso científico y se comprometan con investigaciones de calidad, (2) sean honestos con los datos, y (3) tomen parte activa en la comunidad científica, publicando sus trabajos, asistiendo a reuniones científicas y presentando estudios, y hablando con sus pares acerca de su trabajo. Ningún control de calidad es tan efectivo como saber que cuando uno presenta un trabajo, otros, incluyendo algunos que no están de acuerdo, estarán listos a señalar los errores que muchos han pasado por alto. Además, los científicos

de cada grupo probablemente reconozcan algunos tipos de datos que el otro pudo haber pasado por alto.

¿Existe una alternativa viable al naturalismo?

De muchas maneras, la ciencia ha sido muy exitosa antes y durante el reinado de la filosofía del NM. Pero antes de llegar a la conclusión de que ese éxito resultó de la suposición naturalista, debemos considerar las cuestiones con más detalle. En el desarrollo de pensamiento científico moderno se reconocieron y aplicaron varios conceptos específicos:

1. Los seres vivos y los fenómenos físicos son como máquinas en el sentido de que son mecanismos que pueden estudiarse y entenderse.
2. En el día a día, los procesos naturales no dependen de los antojos caprichosos de los espíritus o de la operación de la magia.
3. Los procesos de la naturaleza siguen leyes predecibles. Por medio de la experimentación y la observación, podemos descubrir cuáles son esas leyes.
4. Las hipótesis científicas se deben poder probar usando solo criterios accesibles a nuestros cinco sentidos.
5. Han ocurrido cambios tanto en los organismos como en el universo físico, y ninguno de los dos son estáticos. Han surgido nuevas especies de animales y plantas, y las estructuras geológicas cambian con el tiempo.
6. La ciencia no considera la posibilidad de una intervención de un poder superior en la historia o funcionamiento del universo (naturalismo).

¿Son esos seis puntos igualmente esenciales para el progreso de la ciencia moderna? No, no lo fueron. El primer concepto es una suposición que es crucial para la ciencia, el segundo y el tercero son suposiciones que amplían la primera, y el cuarto punto es una suposición operativa. Esos cuatro conceptos constituyen el paso adelante que lanzó a la ciencia en el camino hacia su éxito actual. El quinto es una observación empírica, y el reconocimiento de ese concepto también fue una revelación importante que abrió vastos campos a la investigación.

Si los primeros cinco puntos son correctos, el naturalismo, el sexto punto, no es una consecuencia inevitable. Un automóvil funciona de acuerdo con leyes

naturales, y puede ser interesante estudiar los procesos químicos y físicos que lo hacen transitar por el camino. No es necesario asumir un origen naturalista del automóvil para comprender su funcionamiento. Eso también es cierto en el estudio de la vida y sus orígenes.

Mientras aceptemos los cinco primeros conceptos más arriba, la mayor parte de lo que la ciencia hace no se verá afectada por nuestra decisión de aceptar sexto concepto, el naturalismo. Son los primeros cinco conceptos en la lista de más arriba lo que constituyen el secreto del éxito de la ciencia. Los seres vivos y los procesos físicos son como "máquinas" en el sentido que podemos descubrir cómo funcionan y qué leyes gobiernan su estructura y función. Un científico intervencionista que sigue esos cinco conceptos puede trabajar y pensar como un científico naturalista con una excepción: esa persona no descarta la posibilidad de que en raras ocasiones, un ser superior inteligente intervino en la historia biológica o geológica, particularmente en conexión con el origen de las formas vivientes. Eso define el paradigma intervencionista. En este paradigma, un científico trabaja y generalmente piensa como otros científicos que realizan estudios experimentales de procesos en curso (puntos 1 al 5 mencionados más arriba). La diferencia radica en aceptar la creación de los grupos principales de organismos y el cambio que ocurrió dentro de esos grupos creados con el tiempo.

Se cuenta la historia de un hombre que estaba arrodillado debajo de una lámpara de alumbrado público. Pasó un amigo y le preguntó qué hacía. Contestó que buscaba sus llaves. El amigo le ayudó a buscarlas por un rato y entonces le preguntó: "¿Estás seguro que las perdiste aquí?" "No", le contestó, "pero aquí hay más luz". Ciertamente es más fácil cuando se trabaja dentro del paradigma aceptado, pero si la respuesta correcta se encuentra en otro lugar, será mucho más productivo buscar en otro lado.

El diseño inteligente (DI) y la evaluación de fenómenos complejos

Desde los días de Charles Darwin, muchos científicos han afirmado que la naturaleza no es el resultado del diseño inteligente, sino que las adaptaciones resultantes de la mutación y la selección solo parecen como diseño.[21] Algunos se toman el esfuerzo de urgir a los biólogos que "mantengan constantemente en la mente que lo que ven no fue diseñado, sino que evolucionó."[22] Se están haciendo nuevos esfuerzos en desafiar la idoneidad del naturalismo. ¿Es el naturalismo simplemente una suposición arbitraria, o existe evidencia sólida que lo apoye? Si la ciencia es una búsqueda hecha con una mentalidad abierta, debe estar dispuesta a formular esa pregunta.

Si encontramos una computadora en el bosque, no tenemos problemas en decidir que resultó del diseño inteligente. Entonces, ¿por qué no habríamos de al menos considerar la misma conclusión para los seres vivos con su inigualable complejidad bioquímica? Hoy día, muchos eruditos creen que esa pregunta es ingenua, pero siga leyendo. Cuando vemos el diseño generalmente podemos reconocerlo, pero el problema es cómo hacer que el argumento a favor del diseño sea cuantitativamente riguroso. Esa tarea fue emprendida por William Dembski[23] y sus colegas en el movimiento del Diseño Inteligente. Dembski desarrolló un método para determinar objetivamente si un evento o una estructura en la naturaleza no puede explicarse a través de leyes naturales, sino que requiere la participación directa del diseño inteligente. Dembski lo llama el filtro aclaratorio. El filtro evalúa el grado de complejidad de un objeto o de un evento, si sus características se pueden definir por leyes naturales o si puede ocurrir naturalmente en varias formas, o si reúne las especificaciones que lo hacen funcional. Por ejemplo, si una proteína en un organismo funciona, realiza una tarea bioquímica específica, entonces puede considerarse "especificada". El filtro aclaratorio provee una evaluación objetiva y cuantitativa de ese reconocimiento intuitivo de diseño.

La figura 5.1 muestra rocas sobre la ladera de una colina. Si se estudiara cuidadosamente el patrón en A, es posible reconocer la palabra "rocas". En B la palabra "rocas" es mucho más clara. Si calculásemos las probabilidades para cada uno de esos arreglos, el patrón en B tendría una probabilidad de ocurrir por casualidad mucho menor que A. Si vio la frase en C, "¡Éstas son rocas!", sobre una colina, ¿tendría alguna duda si eso ocurrió por casualidad o por diseño?

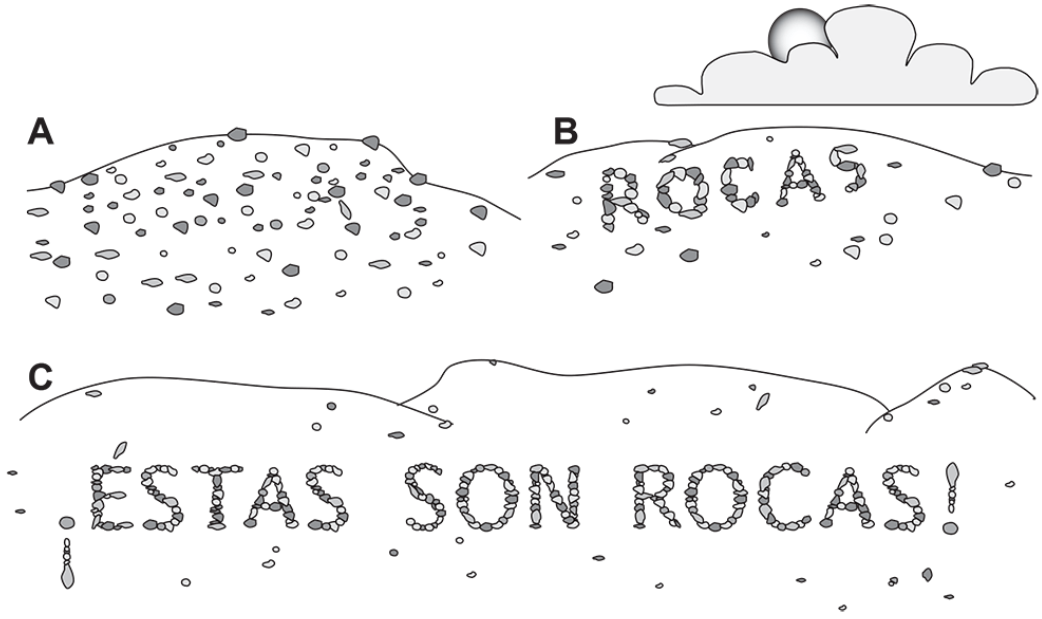


Figura 5.1. Distribución de rocas sobre colinas para evaluar la afirmación de que resultaron del diseño (Brand 2006a).

Resumen 5-1

Cómo construir una frase con rocas

Datos

La distribución de las rocas da la apariencia de palabras en una frase con sentido.

Interpretación

***Intervencionismo*: Una persona construyó la frase. Tenía un plan y un mecanismo (brazos y piernas) para llevar adelante el plan.**

Suposición: No es necesaria.

***Naturalismo*: En ese ejemplo, una persona construyó la frase. No existe un plan natural y ningún mecanismo para llevar adelante el plan de construir una frase con rocas; los procesos naturales no incluyen un mecanismo tal. No obstante, no tiene que aplicar esa explicación a los seres vivos.**

Suposición: El naturalismo.

Sin embargo, hay otro asunto a tomar en cuenta cuando evaluamos los sistemas biológicos. Sabemos que los seres humanos pueden disponer las rocas para formar palabras, pero no conocemos ningún proceso natural que haga eso, así que hasta el erudito más escéptico estará de acuerdo que la frase de rocas indica diseño. Por otro lado, muchos científicos creen que hay un mecanismo para producir orden y complejidad en los seres vivos sin un diseñador, la mutación y la selección natural. La pregunta crítica es: ¿Disponemos de evidencia adecuada de que ese mecanismo puede producir nuevos planes corporales, nuevos órganos y nuevos complejos de genes que especifiquen la estructura de esos nuevos caracteres? El filtro aclaratorio es un paso útil para evaluar la evidencia de diseño;

aun así, en el estudio de los sistemas biológicos, todavía necesitamos una respuesta a ese desafío crucial al diseño: ¿Existe un proceso biológico demostrado que puede producir un nuevo orden biológico sin el diseño inteligente? Abordaremos esta pregunta en los capítulos 8 al 12.

El movimiento del DI (diseño inteligente) no se ocupa de la identidad del diseñador. Pero en este libro, la discusión irá más allá del Diseño Inteligente para tratar cuestiones que son diferentes a las preguntas que aborda ese movimiento.

La evaluación de los dos paradigmas

Si los intervencionistas y las personas que siguen el naturalismo desean sinceramente entender el modo de pensar del otro, los seguidores de cada paradigma deben aprender cómo piensan los que suscriben al otro paradigma sin erigirse en jueces.[24] Solo entonces estarán preparados para hacer una evaluación justa de la coherencia interna de cada paradigma y su éxito al tratar con la evidencia. La probabilidad de lograr eso es mayor en tanto todos lleguemos a conocer uno al otro y verdaderamente tratemos de entender cómo piensan los demás.

El Dios que intervino en la historia se tomó el trabajo de contar a la humanidad sobre eventos inusuales que confundirían el estudio de la historia si los eventos se hubiesen dejados como desconocidos, sin decir qué pasó, y tenemos el privilegio de beneficiarnos con esa información, e incluso puede resultar, como veremos, en una ciencia efectiva.

Imaginemos un gran dique construido a través de un cañón que causó la formación de un gran lago, una represa, tal como los Grandes Lagos. Un día el dique comienza a ceder. Eventualmente la correntada de agua erosiona y elimina todas las evidencias del dique. A medida que el torrente de agua cae en cascadas por el valle aguas abajo, lo erosiona en cañones muchas veces más grandes que su tamaño original. Con el tiempo, toda memoria humana sobre el dique y su destrucción se pierde. Un libro antiguo relata la historia, pero las personas discuten sobre la autenticidad del libro.

Un geólogo que estudia esos cañones a lo largo del río rechaza la validez del viejo libro y concluye que ningún proceso natural pudo producir una inundación tan masiva. Mide el flujo del río y la cantidad de sedimento que acarrea y calcula cuánto demoró el río presente en tallar los cañones. Con el tiempo, datos adicionales indican que ocurrieron procesos catastróficos en los cañones, pero el geólogo concluye que las catástrofes indicadas fueron inundaciones aisladas a través de largos períodos de tiempo entre ellas.

Otro geólogo está dispuesto a considerar seriamente que el libro es confiable. Decide que si está en lo correcto el conocimiento brindado en el libro le ayudará a evitar una interpretación errónea de los datos. Sin el libro y su historia de un evento tan único, totalmente diferente de las catástrofes naturales que forman parte de nuestros análogos modernos, sería difícil, sino imposible para el geólogo, tener alguna esperanza de pensar sobre la hipótesis correcta para el origen de los cañones. Lo que es más serio, ni siquiera se habría dado cuenta del problema.

Si el libro está en lo cierto, provee un abordaje lógicamente consistente al problema: la inundación fue la consecuencia de un evento inusual, sobre el cual alguien nos contó, y ese conocimiento nos provee un punto de partida confiable para desarrollar hipótesis específicas sobre los procesos de erosión. El punto central es nuestra disposición a considerar seriamente que el viejo libro podría estar diciendo la verdad. Si los que creen que el libro es confiable se comportan como buenos científicos, la ciencia se beneficiará más al mantener un diálogo amistoso que poniéndolos al margen de la ciencia.

El intervencionismo puede tomar diferentes formas. La versión del intervencionismo presentada aquí concluye que el "Libro Antiguo" es una realidad: el Diseñador se comunicó con nosotros y la evidencia indica que la comunicación es confiable al describir la historia real de la vida. La comunicación es breve; deja muchas preguntas sin contestar. Pero si es un informe confiable, el abordaje más productivo será tomarlo en serio y ver qué conocimiento nos ofrecen sus conceptos en nuestra investigación. No se pueden usar las declaraciones del libro como evidencias para la ciencia. Pero si esas declaraciones son verdaderas, podríamos usarlas como una base para definir hipótesis que lleven a una investigación productiva. En el capítulo 19, presentaremos una lista de otras hipótesis y predicciones. Por supuesto, debemos recordar que el "Libro Antiguo" también contiene mucho material que no se puede abordar mediante el proceso científico.

La necesidad de cautela

Un peligro que debemos evitar con cuidado es la tendencia muy humana de pensar que porque creemos que la Biblia contiene conocimiento muy especial, cualesquiera sean las ideas que desarrollemos basados en ese libro automáticamente serán correctas. George McCready Price[25] proveyó un ejemplo de este problema. Aunque la Biblia no dice nada sobre las eras de hielo o de "los fósiles fuera de lugar", Price no pudo aceptar la posibilidad de que su manera de explicar esas cosas estuviera equivocada.

En este momento, debemos considerar otro lado de la cuestión. Aun si los geólogos catastrofistas usan su teoría efectivamente y hacen descubrimientos que

otros han pasado por alto, la aplicación de esas conclusiones tiene sus límites. La ciencia no puede demostrar si Dios estuvo involucrado o no en influir sobre la historia geológica. Aunque la investigación demuestre eventualmente que la mejor explicación para la columna geológica sea una sedimentación rápida de la mayor parte de la columna en un período corto de actividad geológica, solo haría razonable creer en la historia del diluvio si la confianza en las Escrituras lo lleva a uno a hacerlo. No demostraría científicamente que Dios causó un diluvio.

¿Qué deberían hacer los intervencionistas?

A lo mejor el intervencionismo pueda ser una base para conducir investigación científica, pero este paradigma ¿es realmente necesario? La geología sí avanzó hacia la corrección del error de Lyell sin ninguna ayuda fuera del naturalismo, así que ¿por qué se necesita el intervencionismo informado? Muchos científicos brillantes y exitosos están convencidos de que la teoría de la evolución de las formas de vida explica adecuadamente la evidencia. La justificación de esa actitud es comprensible, y tienen el derecho a opinar así. Aun así, algunas dimensiones de esas cuestiones comúnmente han sido pasadas por alto. Hay buenas razones para tomar en serio la posibilidad de la intervención informada, no porque no haya pruebas de ello o porque contesta todas nuestras preguntas, sino por una convicción de que tiene algo importante para ofrecer la ciencia y también a la religión.

La única religión que vale la pena tener es una que se base en la verdad. Si los científicos creen que su religión es verdadera y que les ofrece conocimiento sobre la historia de la tierra, se estarían perdiendo algo importante si no la usaran para generar hipótesis científicas que puedan ponerse a prueba. Si alguien nos da un mapa para encontrar un tesoro enterrado, ¿lo buscaremos? Seguramente nuestra elección será influida por cuánta confianza tengamos en la sabiduría de esa persona. Si creemos que Dios nos ha dado conocimiento verdadero sobre la historia de la tierra, la opción de usar eso para guiarnos en la investigación científica ¡es irresistible!

Algunos críticos afirman que un creacionista no puede funcionar con efectividad como un científico.[26] De hecho un gran número de intervencionistas están activos en la investigación y la publicación científica. Pero en una atmósfera de interacción hostil entre los dos puntos de vista, a menudo los intervencionistas no dan a conocer sus puntos de vista filosóficos.

A la larga, el abordaje beneficioso para los intervencionistas es que se conduzcan como científicos genuinos y estén activamente involucrados en la investigación. Es mejor desarrollar un paradigma alternativo que simplemente

tratar de derribar la teoría del otro. Si los esfuerzos intervencionistas solo se centran en tratar de refutar el paradigma predominante de la evolución, surgirá la siguiente pregunta: ¿Qué tiene usted que sea mejor?

La postura filosófica de una persona no debería importar siempre y cuando ella practique una ciencia de alta calidad. Ese es el ideal. Tanto los naturalistas como los intervencionistas pasan demasiado tiempo acusándose uno al otro. ¿Por qué hacemos eso? No necesitamos estar de acuerdo en todo en orden de poder valorar el trabajo de otro. La prueba última de cualquier científico radica en su honestidad al tratar con los datos y la calidad de la investigación, no la filosofía personal. Debería ser suficiente para la ciencia simplemente el juzgar a una persona sobre la base de su honestidad y efectividad en la investigación. Eso eliminaría muchas luchas innecesarias sobre cuestiones filosóficas.

En el siguiente capítulo, continuaremos esta discusión sobre la relación entre la ciencia y la fe, y trataremos más directamente con la Escritura y por qué algunos científicos toman seriamente lo que dice sobre los orígenes e incluso la usan como una fuente de hipótesis científicas.

---

[1] N. Eldredge, *The Monkey Business: A Scientist Looks at Creationism* [*Una payasada: Un científico observa el creacionismo*] (New York: Washington Square, 1982), 82.

[2] Ibid.; R. Lewontin, "Billions and Billions of Demons: Review of The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark by Carl Sagan", [Miles de millones de demonios: Reseña de *El mundo acosado por el demonio: La ciencia como una vela en la oscuridad* por Carl Sagan], *The New York Review of Books* 44, no. 1 (Enero 9, 1997, 28-32).

[3] K.B. Miller, "The Misguided Attack on Methodological Naturalism," in *For the Rock Record: Geologists on Intelligent Design*, ["El equivocado ataque sobre el naturalismo metodológico", en *Para que conste en el registro de las rocas: Los geólogos sobre el diseño inteligente*] ed. J.L. Schneiderman y W.D. Allmon (Berkeley: University of California Press, 2009), 117-40; R.T. Pennock, *Tower of Babel: The Evidence Against the New Creationism* [*La torre de Babel: La evidencia en contra del nuevo creacionismo*] (Cambridge, MA: MIT Press, 1999); R.T. Pennock y M. Ruse, eds., *But Is It Science?* [*Pero, ¿es ciencia?*] (Amherst, NY: Prometheus Books, 2008), 546-65.

[4] L. Brand, "Naturalism: Its Role in Science", ["El naturalismo: su papel en la ciencia"], *Origins* 64 (2015): 21-37.

[5] A. Plantinga, "Methodological Naturalism?" ["¿Naturalismo metodológico?"], *Origins and Design* 18 (1997): 18-27.

[6] Miller, "Misguided Attack"; Pennock, *Tower of Babel;* Pennock and Ruse, *But Is It Science?*

[7] C.B. Thaxton, W.L. Bradley, y R.L. Olsen, *The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories* [*El misterio de la vida: Reevaluando las teorías actuales*] (New York: Philosophical Library, 1984).

[8] S.C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* [*Un autógrafo en la célula: El ADN y la evidencia de diseño inteligente*] (New York: HarperOne, 2009).

[9] Lewontin, "Billions and Billions".

[10] Meyer, *Signature in the Cell;* J.A. Shapiro, *Evolution: A View from the 21st Century* [*La evolución: Una perspectiva desde el siglo 21*] (Upper Saddle River, NJ: FT Press Science, 2011).

[11] R. Esperante, L. Brand, K.E. Nick, O. Poma, y M. Urbina, "Exceptional Occurrence of Fossil Baleen in Shallow Marine Sediments of the Neogene Pisco Formation, Southern Peru", [Ocurrencia excepcional de barbas de ballena fósiles en sedimentos marinos someros de la Formación Pisco, Neogeno, Sur de Perú], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 257, no. 3 (2008): 344-60; L.R. Brand, A.V. Chadwick, y O. Poma, "Taphonomy and Paleoenvironmental Conditions of Deposition of Fossil Whales in the Diatomaceous Sedimentos of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Southern Peru– A New Fossil-Lagerstatte", [Tafonomía y condiciones paleoambientales de la depositación de ballenas fósiles en los sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, Sur del Perú– un nuevo lagerstatte], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 417 (2015): 337-70; R. Esperante, L. Brand, A. Chadwick, y O. Poma, "Taphonomy of Fossil Whales in Diatomaceous Sediments of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Peru", [Tafonomía de ballenas fósiles en sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, Perú], en *International Conference Taphos 2002: 3rd Meeting on Taphonomy and Fossilization,* ed. M. De Renzi, M. Vicente Pardo Alonso, y M. Belinchón (Valencia, España: Ayuntamiento de Valencia, 2002): 337-43.

[12] L.R. Brand, R. Esperante, A.V. Chadwick, O. Poma Porras, y M. Alomía, "Fossil Whale Preservation Implies High Diatom Accumulation Rate in the Miocene-Pliocene Pisco Formation of Peru", [La conservación de ballenas fósiles implica una alta tasa de acumulación de diatomeas en la formación Pisco del Mioceno-Plioceno de Perú], *Geology* 32 (2004): 165-68.

[13] Miller, "Misguided Attack"; J.A. Coyne, *Why Evolution Is True* [*Por qué la evolución es verdad*] (New York: Viking, 2009).

[14] M. Hofreiter, M. Collins, y J.R. Stewart, "Ancient Biomolecules in Quaternary Palaeoecology," [Biomoléculas antiguas en la paleoecología del Cuaternario], *Quaternary Science Reviews* 33 (2012):1-13; M.H Schweitzer, W. Zheng, T.P. Cleland, y M. Bern, "Molecular Analyses of Dinosaur Osteocytes Support the Presence of Endogenous Molecules", [El análisis molecular de osteocitos de dinosaurio apoyan la presencia de moléculas endógenas], *Bone* 52 (2012):414-23, doi:10.1016/j.bone.2012.10.010.

[15] W. Arber, "The Existence of a Creator Represents a Satisfactory Solution", [La existencia de un creador representa una solución satisfactoria], en *Cosmos, Bios, Theos: Scientists Reflect on Science, God, and the Origins of the Universe, Life, and Homo Sapiens* [*El cosmos, bios, Teos: Científicos reflexionan sobre la ciencia, Dios y el origen del universe, la vida y Homo sapiens*], ed. H. Margenau y R.A. Varghese (La Salle, IL: Open Court, 1992), xiv, 285.

[16] J. Hutton, *Theory of the Earth: With Proofs and Illustrations,* vol. 1 (Edinburgh: William Creech, 1795). [Existe versión en español: *Teoría de la tierra. Traducción castellana de Cándido Manuel García-Cruz. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, vol. 12, no. 2 (monográfico) 153-205*].

[17] C. Lyell y G.P. Deshayes, *Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation* [*Principios de Geología, siendo un intento de explicar los cambios antiguos en la superficie de la tierra, en referencia a las causas que operan actualmente*], 3 tomos (London: John Murray, 1830-1833).

[18] S.J. Gould, "Toward the Vindication of Punctuational Change" [Hacia una vindicación del cambio puntuado] in *Catastrophes and Earth History: The New Uniformitarianism* [*Catástrofes y la historia de la tierra: el nuevo uniformismo*], ed. W.A. Berggren y J.A. Van Couvering (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984), 9-34.

[19] S.J. Gould, "Is Uniformitarianism Necessary?" [¿Es necesario el uniformismo?], *American Journal of Science* 263 (1965): 223-28; P.D. Krynine, "Uniformitarianism Is a Dangerous Doctrine" [El uniformismo es una doctrina peligrosa], *Journal of Sedimentary Research* 26 (1956): 184; J.W. Valentine, "The Present Is the Key to the Present" [El presente es la clave para el presente], *Journal of Geological Education* 14, no. 2 (1966): 59-60.

[20] K.R. Popper, "Science: Problems, Aims, Responsibilities" [La ciencia: problemas, blancos, responsabilidades], *Federation Proceedings* 22 (1963): 961-62.

[21] R. Dawkins, *The Blind Wachmaker* (New York: Norton, 1986) [Existe versión en español: *El relojero ciego,* España: Tusquets Editores, S.A., 2015]; R. Dawkins, *Climbing Mount Improbable* [*Escalando el monte improbable*] (New York: Norton, 1996); R. Dawkins, *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion, and the Appetite for Wonder* (New York: Houghton Mifflin, 1998). [Existe versión en español: *Destejer el arco iris.* Barcelona: Tusquets, 2000].

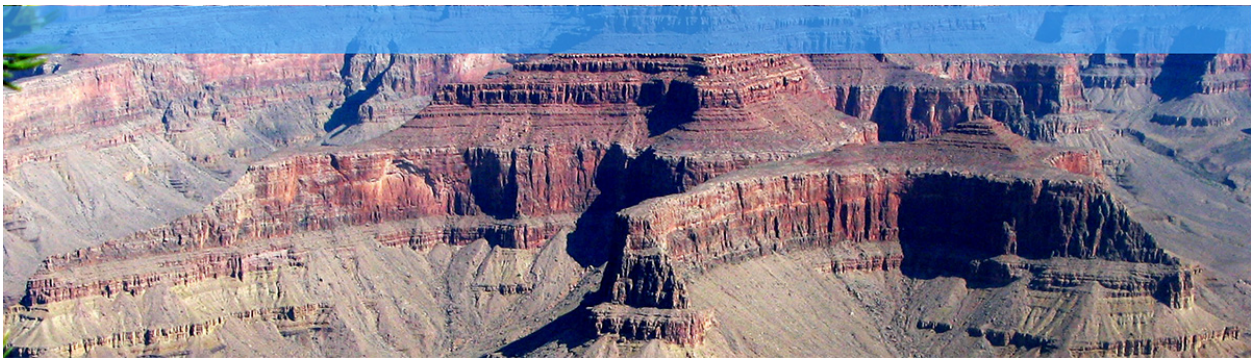
[22] F. Crick, *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery* [*Que loca persecución: un punto de vista personal sobre el descubrimiento científico*] (New York: Basic Books, 1988), 138; Dawkins, *Blind Watchmaker.*

[23] W.A. Dembski, *Intelligent Design: The Bridge between Science & Theology* (Downers Grove, IL: Intervasity Press, 1999) [Existe versión en español: *El diseño inteligente: Un puente entre la ciencia y la Teología,* Editorial Vida, 2005].

[24] Thaxton, Bradley y Olsen, *Mystery of Life's Origin,* 212.

[25] G.M. Price, *Illogical Geology: The Weakest Point in the Evolution Theory* [*Geología ilógica: El punto más débil en la teoría de la evolución*] (Los Angeles: Modern Heretic, 1906); G.M. Price, *The New Geology: A Textbook for Colleges, Normal Schools, and Training Schools; and for the General Reader* [*La nueva geología: un libro de texto para colegios, escuelas normales y colegios de entrenamiento; y para el lector en general*] (Mountain View, CA: Pacific, 1923).

[26] Eldredge, *Monkey Business,* 83.



Capítulo 6

La relación entre la fe y la ciencia

Reseña

¿Qué es la fe y cómo se relaciona con la ciencia? Se consideran algunas razones para confiar en la Biblia, y luego se comparan dos posturas comunes o cosmovisiones sobre cómo comprender la Biblia. Una de esas se describe desde un punto de vista naturalista, comparable al naturalismo de la ciencia. En ese abordaje, se considera la Biblia esencialmente como mitos y leyendas humanos, sin ningún tipo de contenido o autoridad divina. La ciencia se considera la fuente más confiable para comprender los diferentes enfoques religiosos así como sucede en la naturaleza. La otra perspectiva es el punto de vista judeocristiano, que acepta la Biblia como un documento inspirado y confiable que aún se considera fiable para entender la historia de la vida en la Tierra. Como esas posturas nos llevan en direcciones muy diferentes, las elecciones que hagamos serán muy importantes. Si se acepta el segundo punto de vista, se necesita desarrollar una relación de trabajo entre la ciencia y la religión que sea realista y práctica. Se describe tal relación, diseñada de tal manera que los aparentes conflictos entre ellas nos estimulen a estudiar más cuidadosamente tanto la ciencia como las Escrituras. Se propone que tal estudio aún puede utilizar el conocimiento bíblico para sugerir hipótesis científicas que puedan ponerse a prueba que nos lleven a mejores explicaciones científicas. Este concepto también se explorará e ilustrará más adelante en el libro. Todo eso realmente importa solo en la medida que nos ayude a conocer más y tener mayor confianza en Dios.

La fe y la evidencia

Este capítulo explora la relación entre la fe y la ciencia. A menudo se dice que la ciencia se basa en la evidencia, mientras que la religión se basa en la fe. ¿Qué es la fe? ¿En qué se diferencia de las evidencias científicas? Una definición de fe es la confianza o la creencia que no está basada en pruebas/evidencias (*Diccionario completo de Webster*). ¿Pero no debería tener la fe alguna evidencia que la apoye? ¿Nos animaríamos a edificar nuestra filosofía de vida sobre algo para lo cual no tuviéramos evidencias que la respaldaran? Algunos ven la fe como un salto al vacío y, tal vez, esa sea una manera válida de definir el tipo de fe que no se basa en ninguna evidencia. Cuánto mejor parece tener alguna evidencia que nos de confianza en una idea antes de poner nuestra fe en ella. La fe del cristiano incluye la confianza en eventos del pasado que no se pueden observar y en una vida futura eterna: “Ahora bien, la fe es la garantía de lo que se espera, la certeza de lo que no se ve.” (Hebreos 11,1, NVI). La fe se practica en todos aspectos de la vida, incluida en nuestra búsqueda de conocimiento por medio de la ciencia, donde nunca tenemos toda la evidencia. Si conocemos y comprendemos a Dios, aprendemos que él es confiable y digno de nuestra fe, aun en cuestiones para las cuales solo tenemos una evidencia parcial. Varias posibles líneas de evidencia nos pueden ayudar a evaluar si debiéramos tener fe en la confiabilidad de la Biblia.

La confiabilidad de la Biblia

¿Qué evidencia hay de que deberíamos confiar en la Biblia? Un tipo de evidencia es la profecía. Hace mucho tiempo, la Biblia predijo que sucederían ciertas cosas. Cuando las predicciones de la profecía ocurren, nuestra confianza en la fiabilidad de la Biblia se fortalece. Como alumno de posgrado, recuerdo haber sentido la necesidad de evaluar algunas de mis creencias por mi mismo. Tomé el libro de Daniel, un libro de la historia mundial, y algunas otras referencias e hice un seguimiento de las predicciones de Daniel. La profecía de los cuatro imperios mundiales principales en el mundo occidental de la época antigua tenía información detallada, incluida la posterior división de Europa en una cantidad de naciones que nunca más se volverían a unir. Fue fascinante ver cómo esas predicciones se desarrollaron en la historia del mundo. En consecuencia, la profecía es una línea de evidencia provechosa porque podemos verificar si los eventos ocurrieron como lo declaraba la profecía.

También podemos observar la consistencia interna en todos los libros de la Biblia escritos a lo largo de un período de más de mil años. Seguramente que el mensaje consecuente que presentan da testimonio de la confiabilidad de todo el libro.

Otra línea de evidencia es la exactitud histórica que podemos analizar. En los escritos antiguos, los reyes seculares escribieron acerca de la historia de sus naciones. Su objetivo no era dar información precisa acerca de los gobernantes anteriores; querían destacarse ellos mismos. Podemos comparar la Biblia con otros escritos antiguos y con los hechos conocidos de la historia para ver si la Biblia es más fiable (es decir, si presenta una historia exacta).

Los arqueólogos del siglo XIX creían que la Biblia ofrecía una historia muy inexacta. Por ejemplo, la Biblia habla del imperio hitita como un imperio poderoso, de mucha influencia en la región mediterránea. Un programa muy activo de investigación arqueológica no encontró ninguna ciudad hitita. En muchos casos semejantes, pensaban que las historias bíblicas eran solo fábulas y leyendas. Sin embargo, cuando se hicieron más excavaciones, se descubrió la capital del imperio hitita. A la larga, la Biblia resultó reivindicada.

Otro supuesto error tenía que ver con Nínive, una ciudad importante en la historia bíblica. Nuevamente, los arqueólogos no creían que hubiese existido hasta que, por fin, se encontraron las ruinas. Caso tras caso, los críticos se equivocaron y la Biblia tuvo razón. No se han resuelto todas las preguntas arqueológicas que surgen de la Biblia. Pero cuando nuevas investigaciones resuelven enigmas adicionales, tenemos más razones para confiar en el registro bíblico.

También son importantes otras líneas de evidencia que están más allá del ámbito científico. Una de esas es el efecto del cristianismo sobre las personas. Al considerar cualquier religión, debemos preguntarnos cómo es vivir bajo ese sistema. Aquí no podemos producir pruebas y, por supuesto que los testimonios personales pueden sonar convincentes, aun cuando no estén basados en nada. Pero si somos honestos y cuidadosos, podemos evaluar si el cristianismo ha hecho una diferencia positiva en nuestras vidas.

En esta discusión, incluimos varias áreas de evidencia que respaldan el paradigma bíblico[1]. Pero debemos recordar que invocar pruebas externas tiene sus límites. Muchos conceptos de la Biblia nunca podrán comprobarse. Pensemos por ejemplo en las historias de Jesús y los milagros que realizó. Podemos sin embargo comparar otras partes de la Biblia con la evidencia y, si la evidencia concuerda, eso aumentará nuestra confianza en todas las Escrituras.

Muchos eruditos cuestionan las afirmaciones de la Biblia de, por ejemplo, cuándo fue escrita. Algunas de las afirmaciones de los críticos no se han mantenido firmes frente al creciente conocimiento de las Escrituras. Otras afirmaciones nos obligan a estudiar y evaluar; ¿será que los críticos proveen juicios objetivos de la Biblia, o es que sus críticas resultan de una perspectiva más naturalista sobre la vida y la historia? A menudo solo podremos evaluar lo que un autor dice si comprendemos la naturaleza de sus datos y la filosofía que subyace e influye su interpretación de los datos.

La ciencia y la religión: sus fuentes

Una diferencia importante entre la ciencia y la Biblia es la fuente de su información. La Biblia afirma que Dios conoce toda la historia de la Tierra, ha tomado la responsabilidad de comunicarse con nosotros mediante la Biblia y apoya la confiabilidad de esa comunicación. Si la evidencia nos lleva a confiar en esa afirmación, tenemos una buena razón para tomar el paradigma cristiano como una unidad, y aceptarlo como un todo. Cuanto más confianza (fe) llegamos a tener en la Persona, no solo en el libro, sino el Ser detrás del libro que se comunica con nosotros, tanto más esa fe nos lleva más allá de lo que pueda ser probado y nos dará confianza en las partes del paradigma que no podemos poner a prueba. Conocer a Dios como un amigo personal puede no parecer pertinente en la comprensión de la ciencia, pero esa confianza individual en Dios como un Ser personal, confiable, que todo lo conoce, es la base para una confianza en la Biblia como fuente de información confiable. Debemos continuar estudiando las Escrituras, comprendiendo que no siempre podremos entender correctamente los documentos sagrados, pero sabiendo que Dios tomó la iniciativa de comunicarse con nosotros.

En contraste, la formulación de las teorías científicas es un proceso muy humano. No hay ningún dios que haya desarrollado una teoría científica y se haya tomado la responsabilidad de comunicárnosla. Los científicos no querrían sostener que los aspectos significativos de una teoría o paradigma tengan que ser o todos verdaderos o todos falsos. Reconocerían que una teoría puede ser parcialmente correcta y en parte falsa.

La contribución de la Biblia a los orígenes y la historia primitiva

Siendo que la fe se basa en la evidencia, apliquemos ese concepto en forma más específica. ¿Hay evidencias que nos lleven a tomar en serio los primeros libros de la Biblia, incluida la historia de la creación? Existen evidencias tangibles en los primeros libros de la Biblia, que apoyan una comunicación bien informada desde una fuente que está más allá de la humanidad.

Mitos sobre la creación/diluvio y el relato del Génesis

Además del libro del Génesis, en el mundo antiguo se encuentran otros relatos acerca de la creación y el diluvio. Esos incluyen Enuma Elish, la epopeya Atra-hasis y la epopeya Gilgamesh. Cuando esos mitos se comparan con el relato del

Génesis, aparecen muchas ideas similares. Una que se destaca es la de un héroe que sobrevive el diluvio. Esos cuentos paralelos llevaron a algunos eruditos a la conclusión de que el relato bíblico tiene su origen en esas otras fuentes.

¿Será que la evidencia realmente señala esa conclusión? Si usamos los mismos métodos para comparar a dos políticos de inclinaciones políticas opuestas, a lo mejor podemos encontrar muchos temas similares en su filosofía política. ¿Qué nos muestra eso? En la ciencia, debemos ser cuidadosos en usar la lógica correcta, y lo es también aquí, para que no perdamos el camino. Ambos políticos posiblemente creen en la democracia y tienen otras ideas en común. Si seguimos la misma lógica que se usó en el estudio de los relatos de la creación/diluvio, llegaremos a la conclusión de que esos dos políticos siguen el mismo modelo político. Pero hay una falla fundamental en esa lógica, solo considera datos que muestran similitudes entre los dos. Eso introduce un serio sesgo en el estudio. Si queremos hacer una comparación válida, también debemos observar las diferencias y compararlas con las similitudes.

Gerhard Hasel[2] y William Shea[3] examinaron los relatos de la creación/diluvio buscando las diferencias tanto como las similitudes y encontraron algunas cosas interesantes. Génesis es monoteísta, en contraste inequívoco con los otros relatos. En Génesis, la raza humana se creó a imagen de Dios y la Tierra se hizo para beneficio de la humanidad. En el mito babilónico de la creación (Enuma Elish), se libró una batalla entre los dioses. Finalmente, el dios Marduk mató a la diosa Tiamat, dividió su cuerpo en dos partes, y luego hizo la tierra y el cielo a partir de las dos partes de su cuerpo. Entonces el dios Ea formó los seres humanos de la sangre que fluía del monstruo primitivo Kingu. En este relato, la creación de la vida ocurre luego de una lucha entre los dioses para que la humanidad pudiera llevar a cabo las pesadas tareas de los dioses.

En la epopeya Atra-hasis, el dios Enlil forzó a los dioses más jóvenes a cavar ríos y canales. Cuando finalmente se rebelaron, el problema se solucionó con la creación de los seres humanos para que hagan el trabajo. Los humanos se hicieron a partir de arcilla y la sangre de un dios sacrificado, We-ila.[4]

En esas narraciones de la creación originadas en el Cercano Oriente, la fuente de la vida es la materia y hasta los dioses surgen de la materia física. La actividad principal ocurre en el ámbito de los dioses y los eventos terrestres son meros reflejos de los eventos en el dominio de los dioses. En el relato de la Biblia, los humanos se crearon con dignidad a la imagen de Dios y se les dio dominio sobre la Tierra. Dios controla la materia y es independiente de ella. En el registro bíblico, la actividad se centra en la Tierra, no en el dominio de los dioses.

Génesis no sigue los temas religiosos de las otras historias. En cambio, habla abiertamente en contra de las religiones paganas del tiempo de Moisés.[5] Por ejemplo, la descripción del Génesis no les da nombres al sol y la luna (se las llama

la lumbrera mayor y menor). Eso pudo ser para evitar darles cualquier medida de respeto, ya que otras culturas los adoraban. La historia bíblica de la creación es excepcional y no sigue las ideas presentes en los otros relatos de la creación de esa época. "El Génesis presenta revelaciones que van en contra de la cultura y los patrones de pensamiento de los antiguos… Un documento que desentona tanto con la cultura circundante no podría haber sido creado por esas culturas".[6]

Shea describe importantes paralelismos entre esos diversos relatos.[7] Las similitudes apoyan la conclusión de que los diferentes relatos se remontan a una serie de eventos reales. Debería considerarse la posibilidad de que el relato bíblico sea el más exacto.

Los críticos del creacionismo a menudo afirman que Génesis 1 y Génesis 2 ofrecen dos relatos conflictivos de la creación. Comúnmente eso se menciona como un argumento en contra de interpretarlos como historia real. En Génesis 1, se crean las plantas, luego los animales y finalmente los humanos. Génesis 2 parece mostrar que primero se crean los humanos, luego las plantas y entonces los animales. Al leer los relatos puede parecer que se apoya esa afirmación, pero un estudio cuidadoso revela que los dos capítulos en realidad son una descripción coordinada, donde Génesis 2 da detalles sobre un aspecto de Génesis 1.[8] Un estudio del uso original de las palabras hebreas indica que la descripción del origen de las plantas en el capítulo 2 se refiere a una época anterior a la existencia de plantas cultivables, las malezas, la lluvia y la agricultura, eso es, antes de la caída del hombre en el pecado, no de una creación general de plantas. Por lo tanto, el orden de los eventos en el capítulo 2 no contradice al capítulo 1.

Shea[9] y Hasel[10] analizaron la estructura literaria de esos capítulos y encontraron sólidas evidencias que apuntan a la unidad en su estructura, lo que apoya la idea de un solo autor. Génesis 2 enfoca la discusión sobre la creación del hombre y la mujer y expande el breve registro en el capítulo 1. Se puede interpretar el capítulo 2 como un capítulo que complementa el capítulo 1 en lugar de contradecirlo. La lista concisa de eventos de la semana de la creación en Génesis 1 provee el contexto para Génesis 2, que incorpora al registro de la creación el tema de las relaciones, la relación personal entre Adán y Eva, y entre ellos y Dios. Esas relaciones son el fundamento para el resto de la Biblia.

En muchas culturas se encuentran abundantes leyendas sobre el diluvio.[11] Las diferencias entre ellas nos dicen que cada una atravesó una historia diferente. Las similitudes giran sobre la idea de un diluvio catastrófico, a menudo centrándose en un héroe que lo sobrevive. ¿Es realista pensar que inundaciones locales en muchos países diferentes hubieran impactado tanto las diferentes culturas como para dar cuenta de todas esas leyendas de diluvios? Algunas de esas leyendas provienen de países que no experimentan inundaciones importantes, pero enfrentan otros desastres naturales. Sin embargo, esas culturas poseen leyendas de

diluvios. Los rasgos comunes en todas esas leyendas sugieren que remontan su origen a un evento importante real, en el pasado lejano que llegó a las leyendas de todas esas culturas y se registra en la Biblia. Los relatos bíblicos de la creación y el diluvio, tan singulares y elegantes, se destacan sobre los otros relatos y merecen que se considere la posibilidad de que esos registros no experimentaron ninguna pérdida de exactitud, algo evidente en las otras leyendas.

Moisés y las leyes de salud

Aunque Moisés estaba en una cultura muy diferente de la nuestra, aproximadamente 3500 años atrás, en los primeros libros de la Biblia escribió muchas cosas fascinantes sobre la salud, y sus ideas parecen ir más allá del conocimiento de su época. La ciencia no comenzó a entender los gérmenes y la biología molecular sino recién hasta el siglo XIX de nuestra era. Se le atribuye a Louis Pasteur (1822-1895) el mérito de descubrir las bacterias que transmiten enfermedades. En la década de 1840, el doctor Ignaz Semmelweis, un médico de Viena, se preguntó si era posible que se estuviera llevando algún elemento peligroso de los pacientes muertos a los pacientes vivos. Enfrentó una gran resistencia a su nuevo requisito que los médicos y los internistas se lavasen sus manos luego de realizar las autopsias sobre pacientes muertos y antes de ir a examinar a los pacientes vivos. Pero fue persistente y descubrió que la tasa de mortalidad en su pabellón de maternidad descendió dramáticamente.[12] Su experiencia ilustra gráficamente la ignorancia de la raza humana en cuanto a los gérmenes antes de la edad moderna. De hecho, Semmelweis al final perdió su trabajo por la resistencia a sus ideas sobre lo que ahora llamamos gérmenes.

Moisés se educó en Egipto siglos atrás. Egipto tenía un libro de texto de medicina que incluía medicamentos tales como aceite de serpiente, estiércol vacuno y moscas molidas.[13] Si Moisés, que fue educado por los egipcios, hubiera escrito el Pentateuco (los primeros cinco libros de la Biblia) sobre la base de los conocimientos de su época, podríamos suponer que encontraríamos muchos de esos mismos remedios en la Biblia. Pero ¿qué es lo que encontramos? Moisés le dijo al pueblo de Israel que si seguían las reglas que se les decía, Dios no les enviaría las enfermedades que había enviado los egipcios. (Podría parecer que Dios hizo enfermar a los egipcios, pero lo más probable es que Dios eligió no explicar la teoría de los microbios a los israelitas. Aceptó total responsabilidad sin más explicaciones y solo dijo: “Si hacen lo que les digo, no tendrán esas enfermedades”).

Un médico que estudió las leyes relacionadas con la salud dadas a los israelitas, las comparó con lo que sabemos hoy en día.[14] Se les dijo a los israelitas

que cualquiera que tocara una persona enferma o muerta debía permanecer fuera del campamento por un período de tiempo y que debía seguir ciertas rutinas de lavado con agua corriente. Esa regla no tiene sentido a menos que entendamos la cuarentena, la práctica de mantener a personas enfermas separadas para no transmitir los gérmenes al resto del grupo. A los israelitas se les dieron muchas otras reglas que todavía hoy serían consideradas correctas, especialmente en una situación donde no hay un hospital disponible.

¿Podría ser que Moisés inventó esas leyes de salud que simplemente resultaron ser correctas? Es muy improbable que haya sucedido de esa manera por casualidad. Por lo general, en nuestro universo existe una relación de causa a efecto. Las instrucciones dadas en los primeros libros de la Biblia no están basadas en remedios egipcios; sin embargo, sí incluyen cosas que sugieren cierta comprensión de la teoría de los microbios que las personas en los días de Moisés ciertamente no conocían. Eso sugiere que Moisés tuvo ayuda externa. Alguien sabía lo que sucedía aun cuando en ese tiempo no se definiera y describiera en los términos médicos y científicos modernos.

Algunos argumentan que los "libros de Moisés" no fueron escritos por Moisés, sino que fueron escritos más tarde. Aunque ese argumento fuera correcto, no cambiaría el cuadro, ya que las personas que vivieron 2000 años después de Moisés todavía no tenían ni idea en cuanto a la verdadera causa de las enfermedades.

Las ovejas de Jacob

Una historia interesante del Génesis (capítulos 30 al 32) trata acerca de Jacob y el problema con las intrigas de su suegro. Jacob cuidaba las ovejas y estuvo de acuerdo en que su suegro recibiera todas las ovejas blancas, mientras que Jacob recibiría todas las de colores que eran manchadas y listadas. Jacob pensó que era muy ingenioso y que podía hacer que las ovejas tuvieran crías listadas o manchadas. En los siglos antes de la investigación genética moderna, la gente creía que si un animal hembra veía un objeto listado mientras procreaba, eso afectaría su cría y sería listada. Jacob cortó varas de madera con un modelo listado y puso esos objetos en frente de las ovejas hembras en sus abrevaderos donde bebían durante la época en que procreaban. Jacob pensó que eso haría que las hembras tuvieran crías listadas.

Esa historia se cita a veces como evidencia de que la Biblia enseña ideas erróneas. Cualquiera que hace esa afirmación no leyó suficiente: la parte más intrigante de la historia se encuentra en Génesis 31. Después de que Jacob tuvo bastante éxito con sus ovejas, tuvo un sueño. Antes de discutir el sueño,

consideremos algunos elementos básicos de la genética de la coloración de las ovejas. El conocimiento moderno de la genética indica que las características inusuales de las ovejas de Jacob son rasgos recesivos. Si una oveja recibe un gen (recesivo) de manchas de uno de los progenitores y un gen (dominante) de lana blanca del otro progenitor, la oveja será blanca pura porque el gen dominante "predomina" sobre el recesivo. Aunque el suegro de Jacob sacó todas las ovejas de color del rebaño inicial de Jacob, algunos individuos que permanecieron con Jacob tendrían un gen recesivo de lana no blanca, aunque no hubiera evidencia visible de ello sobre la oveja. Como los genes para las ovejas blancas eran genéticamente dominantes, Jacob debería haber recibido muchas menos ovejas que su suegro.

Jacob pensó que las ovejas estaban teniendo tantas crías de colores manchados por causa de sus varas listadas. Sin embargo, en su sueño, Dios básicamente le dijo que no era tan ingenioso como pensaba. Se le mostró que los machos que se apareaban con las hembras eran listados y manchados. Recordemos, sin embargo, que el suegro de Jacob había separado todos los machos que tenían alguna evidencia visible de rayas u otros caracteres recesivos. Hasta donde Jacob (o cualquier otro que viviera entes del siglo diecinueve de nuestra era) supiera, ninguna de las ovejas en el rebaño de Jacob tenía esas características. ¿Cómo podía alguien en ese tiempo saber que los genes recesivos para la coloración listada estaban latentes dentro de los machos durante la procreación? La Biblia dice que Dios le mostró que los que procreaban eran listados y manchados. Alguno podría argumentar que no podemos demostrar que Dios en realidad le habló a Jacob o le dio un sueño, pero realmente no importa. El punto es que alguien que escribió la historia del sueño sabía que algo invisible estaba dentro de esas ovejas aparentemente blancas puras que hacía que no fueran completamente blancas. Alguien sabía eso 3000 años antes de que Gregor Mendel hiciera alguno de los primeros experimentos genéticos clásicos a fines del siglo XIX. Esas son evidencias innegables sobre las que podemos basar nuestra fe. Si Dios le comunicó a Moisés sobre las leyes de la salud y a Jacob sobre las ovejas manchadas y listadas, tal vez sea razonable creer que él pudo comunicar los demás conceptos que se encuentran en el Génesis.

¿Cómo deberíamos interpretar la Biblia?

La versión de la intervención informada que se presenta aquí fue elaborada sobre la base del relato bíblico. Por consiguiente, nuestro estudio de la relación entre la fe y la ciencia necesita considerar la metodología teológica. ¿Cómo deberíamos interpretar la Biblia y determinar su significado?[15] ¿Se justifica que pongamos nuestra confianza en las Escrituras como una comunicación fiable que proviene de

Dios? ¿Creemos que la Biblia da información fidedigna aún cuando trate temas fuera de la teología, como la ciencia y la historia?[16] Esas son preguntas cruciales. Ya hemos notado algunas líneas de evidencia que apuntan en esa dirección, pero muchos teólogos modernos no estarían de acuerdo por razones que tienen que ver con la historia de las ideas y sus elecciones filosóficas. El movimiento intelectual que produjo la filosofía del naturalismo en la ciencia tuvo una influencia paralela en la teología.[17] Los diversos puntos de vista sobre la naturaleza de la Biblia se agrupan alrededor de dos posturas diferentes: el punto de vista judeocristiano tradicional (usa el método gramático-histórico) y un punto de vista más humanista (la teología científica o teología del encuentro, que usa el método histórico-crítico).

En la perspectiva judeocristiana tradicional, Dios transmite información al profeta. Luego, con la guía del Espíritu Santo, el o la profeta comunica esa información en sus propias palabras. Las palabras son del profeta, pero los conceptos provienen de Dios. Por lo tanto, podemos confiar en que son la verdadera comunicación de Dios para nosotros. Otras partes de la Biblia son registros históricos y otros documentos no proféticos, pero Dios, por medio del Espíritu Santo, de algún modo ha ejercido un control de calidad sobre todo ese material.

La otra postura principal tuvo su origen último durante el Iluminismo, cuando tanto la teología como la ciencia llegaron a depender menos de la autoridad, se volvieron más inductivas y comenzaron a negar lo sobrenatural.[18] Bajo esa perspectiva, disminuyó la parte que juega Dios. La humanidad se convirtió en el centro para determinar el contenido de la Biblia.[19] Es una teología centrada en lo humano comparable al naturalismo en la ciencia. Según esa teología, el profeta es impresionado de algún modo para escribir sus pensamientos, pero Dios no le habla ni le comunica sus ideas al profeta. El profeta puede tener un encuentro impresionante con Dios o puede ser inspirado por pensamientos sobre Dios y luego comunicar esos sentimientos en la forma de historias de la Biblia, pero las ideas en esas historias son solo suyas. Ese método interpreta la Biblia como tan solo una serie de confesiones de fe de sus escritores. La negación a priori de una intervención sobrenatural en la historia (incluyendo el origen de la Biblia) es ejemplificada por el teólogo Rudolf Bultmann, que dijo: “El continuo de acontecimientos históricos no puede ser rasgado por la interferencia de poderes sobrenaturales, trascendentes y por lo tanto no existe un ‘milagro’ en ese sentido de la palabra”.[20] Si aceptamos esa postura, probablemente veríamos a la ciencia, no la Biblia, como nuestra mejor fuente de verdad, aun respecto de la religión, siendo que la Biblia solo nos dice que los escritores tenían una gran fe en un “dios”. No contiene comunicación de información de ese dios. Otros puntos de vista incluso dudan de la misma existencia de Dios.

Consideremos un ejemplo que compara esos dos métodos teológicos. Según la Biblia, Moisés se encontró con Dios sobre la montaña y recibió los diez mandamientos. El punto de vista tradicional es que son las palabras reales de Dios, escritas con "el dedo de Dios" en tablas de piedra (Éxodo 31,18, NVI). En consecuencia, son tan importantes para nosotros como lo fueron para Moisés. Por contraste, la teología naturalista dice que Moisés se encontró con Dios, se abrió a él y quedó profundamente impresionado por su experiencia. Él entonces siguió su camino y escribió algo que expresaba lo que sintió en esa experiencia. El resultado fueron los diez mandamientos, pero no fueron dados por Dios. Bajo esa interpretación, no hay nada que sea vinculante para nosotros, a menos que tengamos la misma experiencia de los escritores bíblicos.

Existe una gran diferencia entre esos dos puntos de vista y sus implicaciones. Aun en denominaciones más conservadoras, las personas luchan sobre cuál de esos enfoques debería gobernar las creencias y prácticas de la iglesia. Es importante que reflexionemos sobre esas cosas y entendamos lo que creemos. Cuando encontramos una encrucijada en el camino, debemos decidir hacia dónde doblar. Puede ser que al comienzo los dos caminos no parezcan muy distintos, pero pueden llevar a lugares muy diferentes.

En la lógica y en la teología, también encontramos encrucijadas en el camino; los dos caminos teológicos pueden llevar a conclusiones muy diferentes. El punto de vista judeocristiano tradicional es una visión centrada en Dios. Dios es la norma, y la Biblia es un documento autorizado.[21] En el enfoque humanista, Dios no es la norma y la Biblia no tiene autoridad. Es solo otro libro humano que contiene mitos, leyendas y otra literatura.[22]

Una vez, un amigo mío observó que la diferencia principal entre los religiosos conservadores y los liberales es una cuestión de autoridad. El liberal dice que la Biblia no tiene autoridad, mientras que los conservadores dicen que sí la tiene. Respondí que si la Biblia no tiene autoridad, entonces la norma para toda verdad religiosa para un cristiano es la propia mente de una persona. Su respuesta fue, "Eso es verdad, pero es todo lo que tenemos". Eso ilustra muy bien el planteamiento naturalista de la teología. En este punto de vista, la ciencia, no la Biblia, nos muestra la verdad (aún en la religión), y la Biblia no tiene autoridad para la creencia y la práctica religiosas. Para esas cuestiones, se requiere nuestro pensamiento crítico, pero solo será confiable si se toma la Palabra de Dios como guía.

Hace unos años, un teólogo relató su experiencia con sus profesores en Europa. A uno de ellos, un prominente teólogo alemán, sus alumnos le preguntaron qué pensaba sobre la resurrección de Jesucristo. Eludió esa pregunta, pero cuando finalmente no tuvo más remedio, dijo: "El hecho es que los discípulos de Jesús fueron lo suficientemente inteligentes como para saber que no hay tal cosa como la

resurrección física. Sus historias sobre la resurrección tal como se cuentan en la Biblia se incluyeron para transmitir el pensamiento de que él siempre está con nosotros".

Esa respuesta implica que la religión es solo una experiencia emocional que no posee ninguna información confiable o verdad inherente. Las Escrituras contienen algunas alegorías y simbolismos, pero si el enfoque humanista de la teología fuera correcto, entonces la historia cristiana básica desde la creación hasta la redención y la restauración consiste en relatos que en realidad son solo cuentos de hadas para animarnos a tener la misma fe en Dios que tuvieron los escritores. Pero, los cuentos de hadas ¿nos ayudan a tener confianza en Dios? ¿En qué se espera que tengamos confianza? Si los escritores bíblicos escribieron una colección de historias que son falsas, ¿se supone que debemos sentirnos impresionados?

Los escritores bíblicos repetidamente declararon que Dios les habló. Según sus propias afirmaciones, no fueron simplemente inspirados en un sentido emocional; se les habló.[23] Si esas afirmaciones son falsas, entonces esos escritores no fueron más que fraudes. Por otro lado, si su afirmación de que la Biblia tiene autoridad es verdadera, seremos sabios si la tomamos en serio. Ya que Dios es infinitamente más entendido que los seres humanos, la revelación de Dios en la Biblia es una fuente superior de información. La Biblia no es un libro de texto de ciencia en el sentido de que ofrece información científica exhaustiva, pero cuando la Biblia da información científica, esa información es exacta.[24] "Cada vez que la información bíblica incide sobre asuntos de historia, la edad de la Tierra, los orígenes, etc.", como también la teología, nos brinda información fidedigna.[25] Las elecciones que hacemos al interpretar la Biblia son de gran importancia.

Los puntos de anclaje bíblicos

Estamos convencidos de que existen abundantes razones para aceptar la Biblia como un libro inspirado, de autoridad, y para creer que los eventos del Génesis fueron eventos literales. Tal vez ustedes también encuentren que ese es un concepto válido y provechoso. El resto del libro mostrará cómo esa visión puede aplicarse al estudio de la historia de la vida sobre la tierra. Aquí está nuestra lista de puntos de anclaje bíblicos que subyacen el entendimiento sobre los orígenes que se presenta aquí:

1. Hubo una semana literal de la creación de siete días consecutivos, con días de aproximadamente veinticuatro horas. Durante ese tiempo, se preparó la superficie de la tierra y se crearon los seres vivos.[26]

2. Al final de la semana de la creación, la Tierra contenía una variedad de plantas y animales, incluidos invertebrados, peces, reptiles, mamíferos, aves y árboles, lo que incluye al menos algunos que se consideran ser los tipos más "altamente evolucionados", tales como los seres humanos y los árboles frutales (angiospermas; Génesis 1).
3. La Tierra creada originalmente no contenía nada malo.[27] Después de que los humanos pecaron, el mundo biológico comenzó a cambiar (Génesis 3,14-19). Las Escrituras como un todo presenta la imagen de que el mal, las guerras, la destrucción, las mentiras y las enfermedades fueron resultado de la influencia de un diablo literal (Satanás) que se rebeló contra Dios. Comenzaron a aparecer las espinas y los cardos, y el homicidio y la violencia entraron al mundo. Dios le está dando a Satanás solo el suficiente tiempo para demostrar los resultados de su sistema de gobierno para que cuando ese conflicto cósmico haya terminado, aquellos que aceptaron la oferta de Dios de la vida eterna, nunca más sean engañados para rebelarse.
4. La semana de la creación ocurrió hace apenas unos pocos miles de años. Existen dudas respecto de cuán completas son las listas genealógicas y las diferencias entre los manuscritos bíblicos antiguos.[28] No obstante, aunque no sabemos el período exacto que abarcan, las Escrituras retratan claramente una historia corta de la vida sobre la Tierra.[29] Muchos escritores bíblicos, y Jesús, aceptaron como exactas la creación, el diluvio, y los primeros registros bíblicos de la historia humana.[30]
5. En algún momento después de la creación, sobrevino una inundación catastrófica de proporciones globales, el diluvio bíblico (2 Pedro 3,3-6).[31] Noé y su familia, y representantes de los vertebrados terrestres sobrevivieron en un arca, mientras que los otros animales vertebrados murieron en el diluvio.
6. Por medio de sus milagros, Jesús demostró que Dios es muy capaz de crear instantáneamente tejido vegetal o animal, o de reiniciar los procesos bioquímicos en los tejidos que ya no estaban vivos. Eso se demuestra en la transformación del agua en vino (Juan 2,1-10); cuando creó alimentos para dar de comer a miles de personas a partir de unos pocos panes y peces (Marcos 6,30-44; 8,1-10); devolvió la vida a una persona que había estado muerta por varios días, lo que significa que Dios lo creó, su cuerpo estaba demasiado descompuesto como para simplemente volver a poner en marcha la

máquina (Juan 11,38-44); restauró la vista a los ciegos (Juan 9,1-11); restauró los tejidos destruidos por la lepra (Lucas 17,11-17); y restauró una mano seca (Marcos 3,1-6). Esos milagros demuestran la habilidad de Dios de crear de la manera descrita en Génesis 1.

La relación entre la Biblia y la ciencia

Ahora analicemos la cuestión de la ciencia y la fe desde una perspectiva diferente. Si creemos que la Biblia realmente proporciona información confiable sobre la teología, la historia y la ciencia, la que debemos sopesar cuidadosamente, ¿cómo se relacionan la ciencia y la Biblia? Si comparamos las dos y encontramos cosas que no parecen encajar, ¿debemos aceptar las ideas científicas contemporáneas y rechazar la Biblia o viceversa? ¿O existe una manera mejor? Esta sección explora esa última pregunta, sugiere algunas respuestas, y termina con algunos estudios de casos ilustrativos que muestran la relación apropiada entre la ciencia y la religión.

La información bíblica y científica se origina mediante procesos diferentes que deben tenerse en cuenta cuando consideramos la relación entre ellas. La Biblia afirma ser un cuerpo de información comunicada a nosotros por el Dios que ha participado en la historia y en el funcionamiento de nuestro planeta y la vida. Esa comunicación está en un libro que se completó hace alrededor de 2000 años y que fue escrito en hebreo y griego. Nuestra tarea consiste en buscar más allá de las diferencias lingüísticas y culturales expresadas en la Biblia y comprender su mensaje. Entonces tenemos que decidir si estamos dispuestos a confiar en el mensaje bíblico. Un estudio cuidadoso de la cultura y el uso de las palabras y expresiones en los tiempos bíblicos nos ayuda a entender correctamente la Biblia.[32]

Como la Biblia reclama una inspiración completa por el mismo Dios para todas las porciones de la Escritura (2 Timoteo 3,16), el mensaje que contiene es una unidad. Así, se puede entender mejor una porción de la Escritura al compararla con otras porciones que tratan con el mismo tema. Ese es el principio de la Reforma Protestante de las Escrituras como su propio intérprete. Esta postura es la que adoptamos aquí.

Por contraste, la ciencia es una búsqueda humana continua y sin restricciones por entender el universo físico. Utiliza la observación, la experimentación y el análisis para poner a prueba la validez de las ideas humanas y ayudarnos a pensar en nuevas hipótesis. La ciencia no afirma sino que, de hecho, rechaza vigorosamente la noción de que cualquiera de sus conclusiones tenga autoridad divina. La Biblia afirma su autoridad; la ciencia inspira confianza por sus éxitos, pero no reclama “autoridad”; sus afirmaciones siempre están sujetas a revisión cuando lo requieran los nuevos datos.

Resumen 6-1

¿Qué se requiere para construir un ser vivo?

Datos

La existencia de formas vivas. La vida es tan compleja que continúa presentando desafíos a nuestros esfuerzos por comprenderla.

Interpretación

***Intervencionismo*: El comienzo de la vida requiere un plan y un mecanismo para poner en marcha el plan. Nosotros no creamos la vida, pero los milagros de Jesús demuestran que Dios es capaz –tiene un mecanismo– para crear instantáneamente tejidos vivos.**

***Naturalismo*: ¿Existe un mecanismo naturalista para crear vida? Ese es el tema de futuros capítulos.**

La ciencia es un proceso lento. Tiene muchas limitaciones humanas, especialmente en el estudio de los orígenes, pero todavía es una manera muy efectiva de descubrir la verdad. A menudo no tenemos suficientes datos para estar seguros de la explicación o teoría científica correcta, pero aun entonces, los datos ayudan a eliminar algunas de las teorías incorrectas. La acumulación de nuevos datos les permite a los científicos desarrollar nuevas teorías en las que no habían pensado antes. Esas nuevas teorías pueden ser un trampolín hacia teorías aún mejores, o pueden soportar la prueba del tiempo y resultar correctas (fig. 6.1). Por ejemplo, un estrato de sedimento gradado normalmente es uno que comienza con partículas más grandes en la parte inferior y están gradadas hacia arriba hacia partículas más pequeñas en la parte superior. Antes de 1950, se creía que las rocas sedimentarias compuestas de granos gruesos, los estratos gradados (fig. 6.2), habían sido depositados lentamente en aguas someras (poco profundas).

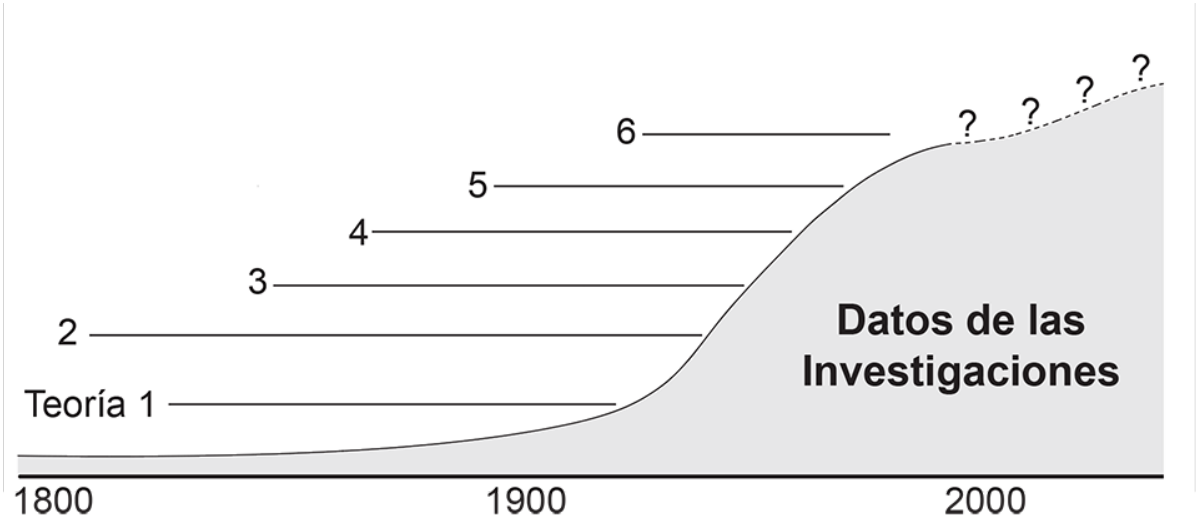


Figura 6.1. Una representación diagramática de la relación entre las teorías y los datos. En este diagrama y en la figura 6.3, la altura de la zona sombreada en cualquier fecha representa la cantidad de datos disponibles en ese momento. Las líneas horizontales representan el tiempo de vida de varias teorías. El tiempo de vida de una teoría termina en un "choque" con la evidencia acumulada que contradice la teoría o por una alteración radical (una revolución científica, representada por una línea vertical en la fig. 6.3) hacia una nueva teoría que los nuevos datos no contradicen. Ilustración de Leonard Brand.

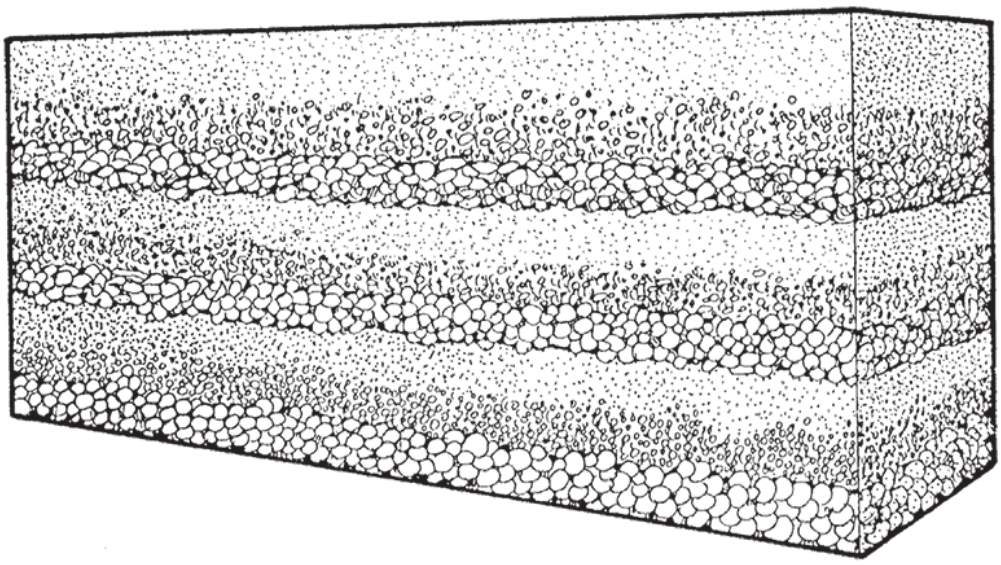


Figura 6.2. Una sección transversal a través de tres estratos sedimentarios gradados. En cada estrato, las partículas más grandes están en la parte inferior, y las partículas más pequeñas en la parte superior. Cortesía de Mark Ford.

Por ejemplo, algunas rocas del Plioceno (un período de tiempo geológico relativamente reciente) de la Cuenca Ventura, cerca de Ventura, California, consisten en cientos de estratos gradados. La evidencia se interpretó para indicar que tardaron de varios a muchos años en depositar cada estrato en agua poco profunda.[33] Entonces, en 1950, un estudio publicado informó el descubrimiento de un fenómeno previamente desconocido: las corrientes de turbidez.[34] Las corrientes de turbidez son corrientes subacuáticas de barro (flujos de lodo) rápidas que pueden depositar una capa de sedimento sobre una gran superficie. Los estratos producidos por las corrientes de turbidez se denominan turbiditas, y comúnmente incluyen los estratos gradados.

Las corrientes de turbidez proveyeron una explicación aún más satisfactoria de los estratos gradados de la Cuenca Ventura, y toda la secuencia se reinterpretó como una serie de turbiditas.[35] Ahora se entendió que cada estrato gradado se había depositado en minutos en lugar de años y agua profunda. Ese cambio de paradigma (fig. 6.3) se produjo por la acumulación de nuevos datos y el descubrimiento de procesos previamente desconocidos. Resultó en un cambio revolucionario sobre la manera en que los sedimentólogos consideraban esos estratos de rocas.

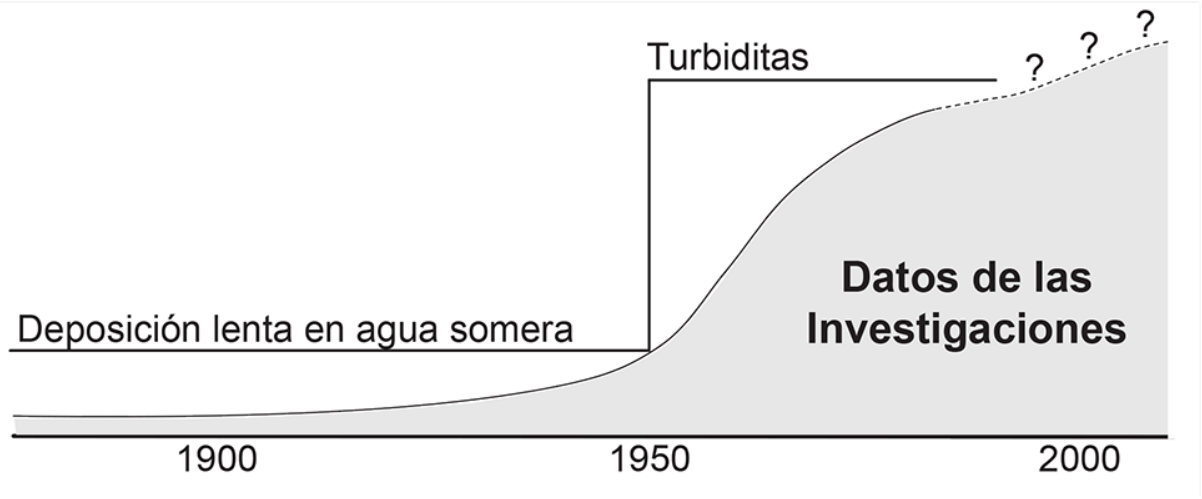


Figura 6.3. Una representación diagramática del cambio de la teoría de la sedimentación de un estrato gradado en agua somera (poco profunda) a la teoría de las turbiditas. Ese cambio se produjo gracias a una revolución científica provocada por la acumulación de nuevos datos. Ilustración de Leonard Brand.

En la historia de la ciencia han ocurrido muchos cambios como ese, y sin duda, muchos más ocurrirán al realizarse nuevos descubrimientos, algunos de los cuales estarán relacionados con fenómenos de los cuales ni siquiera hemos soñado. La ciencia siempre es el registro del progreso en el camino hacia la verdad; no es la verdad absoluta, final. Por contraste, la Biblia afirma tratar con la verdad proposicional que tiene su origen en un Dios que lo ha visto todo y comprende toda la historia de la Tierra y las leyes naturales. Cada científico debe decidir cuánta confianza deposita en la Biblia y hasta qué punto la ciencia puede "corregir" la Biblia, o si la Biblia puede arrojar luz sobre la ciencia.

La tabla 6.1 ilustra una lista parcial de posibles modos de enfocar la relación entre la ciencia y la religión orientada por la Biblia. Los modelos 1 y 5 representan las maneras más fáciles de tomar una decisión. En esencia son enfoques del todo o nada, y no requieren mucha reflexión cuidadosa sobre preguntas de la relación entre la ciencia y la fe. Ninguna de las dos posturas ofrece una manera de incorporar lo mejor de la ciencia y de la religión.

Tabla 6.1. Algunas de las posibles relaciones entre la ciencia y la Biblia.

---

1. La ciencia es la única fuente confiable de información. Puede ser que la Biblia contenga conceptos religiosos inspiradores, pero esos son solo relativos y alegóricos. La Biblia no es una fuente de hechos fiables. La persona que acepta ese enfoque reinterpreta o niega cualquier cosa en la Biblia que entre en conflicto con las interpretaciones científicas actuales.

2. La ciencia y la fe religiosa deben mantenerse separadas. La Biblia se toma más en serio que en el modelo 1, pero la ciencia y la fe bíblica se mantienen en dos compartimentos separados, y no se hace ningún intento de relacionar una con la otra.

3. El dualista reconoce un tipo de autoridad tanto en la Biblia como en la ciencia, y toma en serio ambas fuentes al buscar la verdad. El conflicto entre ambas surge solo por las limitaciones humanas en el proceso científico y/o en nuestra comprensión de la Biblia.

4. Se toman en serio tanto la ciencia como la Biblia, pero se le concede a la Biblia un nivel más elevado de autoridad que a la ciencia.

5. Solo se acepta la Biblia como confiable. Este punto de vista extremo tiende a rechazar toda la ciencia como una herramienta del diablo, diseñada por él para destruir la fe.

Adaptado libremente de Watts 1976.

El modelo 2 (mantener separadas la ciencia y la fe religiosa), es sumamente popular y, superficialmente, parece atractivo.[36] Hasta podría funcionar para un científico cuyo campo de estudio no requiere mucha reflexión sobre la historia de la vida sobre la Tierra. Sin embargo, ¿qué hacen los defensores de ese modelo que creen en la Biblia cuando se encuentran con una declaración bíblica que contradice las conclusiones de la ciencia? Cuando se enfrentan con una contradicción así, los científicos cristianos ya no pueden mantener las dos fuentes en compartimentos separados. Entonces, aunque no se den cuenta, o tal vez hasta lo nieguen, se desplazan del modelo 2 a uno de los otros modelos. Por consiguiente, el modelo 2 falla en el mismo punto donde necesitamos un modelo que ayude a dirigir nuestra búsqueda de la verdad. Una cantidad de modelos diferentes pueden funcionar igualmente bien en áreas donde la ciencia y la Biblia no entran en conflicto. Es cuando surge un conflicto que la relación entre las dos fuentes de información se torna significativa. El modelo 2 meramente evita la cuestión o pretende que no existe, lo cual hace que ese modelo no merezca más discusión.

Muchos autores están totalmente en desacuerdo con esa conclusión. Sostienen que la ciencia y la religión deberían mantenerse separadas, y/o que no entran en conflicto aún en teorías sobre los orígenes: sencillamente tratan aspectos diferentes de esas cuestiones. Un análisis cuidadoso de su enfoque nos convence que de hecho están trabajando dentro del modelo 1, y no el 2, y que su planteo asume que la ciencia provee hechos y que la Biblia solo provee material inspirador o algún vago significado espiritual.

Las cosmovisiones

Debemos hacer una comparación entre las cosmovisiones para entender adecuadamente los hechos científicos y el significado espiritual bíblico que se describió anteriormente.[37] Una cosmovisión es la manera de pensar de una persona sobre el mundo; como ven las cosas a su alrededor. En 1990, uno de nosotros (Brand) necesitaba de un nuevo vehículo 4x4. Estudié las revistas de automóviles y aprendí bastante sobre un SUV (un vehículo utilitario deportivo) relativamente nuevo: la camioneta Ford Explorer. Nunca había visto una, pero las descripciones

de la revista parecían prometedoras. Después de más lectura y una prueba de manejo, compré una Explorer. Al manejarla por la autopista, vi varios otras Explorers; eran bastante comunes. ¿Por qué nunca había visto una? ¿Cómo podría haber sido tan ciego? Nueva información y la experiencia cambiaron una pequeña parte de mi cosmovisión: ¡ahora veía cosas que nunca antes había visto!

Había otros vehículos en los caminos que yo sabía se llamaban Toyotas. Para mí solo eran objetos a los que a veces tenía que pasar para ir a donde yo quería, tan rápido como yo quería. Pero después de leer un poco más de cosas como la calidad, la confiabilidad, durabilidad, y los registros de arreglos mecánicos de diferentes marcas de vehículos, adquirí un nuevo respeto hacia las Toyotas. Al observar una Toyota Forerunner en la autopista tuve una sensación de respeto y también de deseo: me gustaría tener una de ellas. Otra pequeña parte de mi cosmovisión había cambiado. Los nuevos conocimientos cambiaron parte de mi sentido de los valores, y ahora comencé a ver algunas cosas de manera diferente que antes.

Yo sabía de Jesucristo desde la niñez, pero finalmente, un deseo interno me condujo a aprender más de él y descubrir qué maravilloso amigo y guía es. Ese nuevo conocimiento y compromiso cambiaron una buena parte de mi cosmovisión, y ahora nada es igual. Mis valores cambiaron, y pude ver y comprender la vida y el mundo de manera diferente. Vi cosas de las que no me había dado cuenta antes. Incluso abrí mis ojos para ver cosas en la ciencia que no habían sido vistas antes.

A menudo se asume que la religión ofrece enfoques subjetivos y prejuiciosos, mientras que un abordaje científico secular ofrece teorías y explicaciones que no tienen sesgos y que son neutrales, sin que se vean afectadas por las suposiciones religiosas. En otras palabras, la ciencia secular tiene hechos, mientras que la religión ofrece suposiciones. Eso ha llevado a una comprensión de la "verdad" en dos niveles.

Religión – personal, valores subjetivos, emociones
(el corazón)

Ciencia – pública, objetiva, hechos
fiables (la mente)

Sin embargo, en su propio centro el enfoque en dos niveles de la verdad no es realista. No existe tal cosa como una búsqueda neutral de la verdad. Tanto los enfoques de la ciencia secular como los religiosos están basados en una cosmovisión, un conjunto de suposiciones que influyen todo. Una cosmovisión cristiana reconoce que la Biblia es la base confiable para una perspectiva integrada

del mundo, una "perspectiva bíblicamente informada de toda la realidad",[38] que no separa la religión del resto de la experiencia y el conocimiento.

Una cosmovisión secular introduce sus propios sesgos en la búsqueda de la comprensión y no es más neutral que la religión. Cualquiera de las dos cosmovisiones puede formar la base para la búsqueda de la verdad, pero nos llevarán en direcciones muy diferentes. La cosmovisión cristiana se basa en la verdad de los eventos centrales de la historia bíblica: la Creación, la Caída, la Redención y la Restauración (el Gran Conflicto entre Cristo y Satanás). Un compromiso con ese conjunto de verdades establece el fundamento para una integración de todo el conocimiento, no solo el conocimiento religioso.

El libro que ahora está leyendo es justamente la aplicación de tal cosmovisión cristiana al entender los orígenes. Por supuesto, cualquier cosmovisión puede usar suposiciones de una manera tal que entorpece una sincera búsqueda de la verdad. Por su propia naturaleza, una cosmovisión naturalista rechaza un estudio objetivo de los orígenes. El objetivo aquí es mostrar cómo la cosmovisión cristiana puede funcionar de una manera efectiva y objetiva. No debemos temer a los datos y una investigación honesta. Predecimos que siendo que la cosmovisión cristiana se basa en la verdad, su aplicación cuidadosa en última instancia conducirá a una comprensión científica y bíblica más exacta de los orígenes.

El libro *Ciencia y Religión: ¿son compatibles?*[39] detalla un debate entre el destacado filósofo cristiano Alvin Plantinga y el filósofo ateo francés Daniel Dennett. Las respuestas de Dennett a Plantinga son reveladoras porque es evidente que no tenía nada intelectualmente significativo o creíble para decir, excepto para alguien cautivado por la cosmovisión naturalista. Se basó en lo ridículo y en la arrogancia.

El enfoque más fructífero al estudio de los orígenes y la historia de la Tierra se encuentra entre los modelos 3 y 4 de la tabla 6.1, que toman en serio tanto a la Biblia como a la ciencia. Uno de los factores cruciales de cualquier modelo es su definición de los pasos a seguir para resolver los conflictos que surgen entre nuestra interpretación de la revelación y nuestra interpretación de los datos científicos, dentro de una cosmovisión plenamente cristiana. El resto de este capítulo propone un abordaje para resolver tales conflictos.

La ciencia y la revelación: una relación de trabajo

Dentro del cristianismo existen muchas actitudes diferentes sobre la autoridad de las Escrituras. Este estudio ha sido elaborado sobre la convicción de que muchas líneas de evidencia indican que los escritores bíblicos hablan de parte de un Dios

amante y omnisapiente y digno de confianza en cuyos mensajes proféticos e históricos podemos confiar. Si eso es verdad, en última instancia no habrá un conflicto entre la ciencia y la revelación cuando entendamos correctamente a ambas. Dentro de este marco, se puede dar una eficaz relación de trabajo entre la ciencia y la revelación si utilizamos el siguiente proceso:

1. Los datos acumulados durante la investigación científica continúan señalando nuevas ideas o hipótesis en las que tal vez no habríamos pensado si no se hubiera hecho la investigación. En ese proceso, a veces la ciencia nos desafía a examinar nuestras creencias más de cerca.
2. Cuando una nueva idea involucra un tema acerca del cual habla la Biblia, debemos examinar todos los pasajes bíblicos relevantes, comparando Escritura con Escritura, usando la Biblia como su propio intérprete. Al hacerlo, es importante que usemos toda la información más actual que nos lleve a un entendimiento correcto del significado original de las palabras usadas en los manuscritos bíblicos. De esa manera, intentamos entender exactamente lo que la Biblia dice o no dice sobre nuestra nueva idea. La idea, ¿es compatible con la Biblia? Las declaraciones pertinentes de la Biblia, ¿dicen realmente lo que pensamos que dicen, o estamos leyendo entre líneas algo en forma incorrecta?
3. Luego, podemos tomar una de las siguientes decisiones o una variación apropiada de una de ellas:
    a. Es evidente que la revelación no tiene nada que decir en cuanto a ese tema, y no nos ayuda en nuestra investigación.
    b. La revelación habla de ese tema, pero no entra en conflicto con la nueva idea. No hay una razón bíblica que indique que no podemos aceptarla como una posibilidad válida. Podemos entonces proceder con la investigación científica para ponerla a prueba rigurosamente. Esa investigación podría darnos más confianza en la idea, o podría conducir a mejores hipótesis, que también deben ser comparadas con las Escrituras.
    c. Nuestro estudio indica que la revelación claramente contradice la nueva idea científica, desafiando de esa manera nuestras conclusiones científicas y mostrándonos que debemos volver atrás e investigar con más profundidad porque algo no está bien en nuestra interpretación de los datos.

Si seguimos ese procedimiento, la Biblia se mantiene como la norma de las doctrinas religiosas y para áreas donde la Biblia hace afirmaciones en la historia natural. Así, tanto la ciencia como la Biblia continúan arrojando luz una sobre la otra. La ciencia sugiere ideas que pueden ayudarnos a reconocer que hemos leído la Biblia influidos por algunas ideas preconcebidas. En otros casos, la Biblia puede ayudarnos a reconocer teorías científicas incorrectas de modo que podemos dirigir nuestros esfuerzos al desarrollo de interpretaciones de los datos que sean más exactas. Eso puede resultar en un proceso continuo de retroalimentación en la interacción entre la ciencia y la religión que nos desafíe a profundizar en ambas áreas (fig. 6.4).

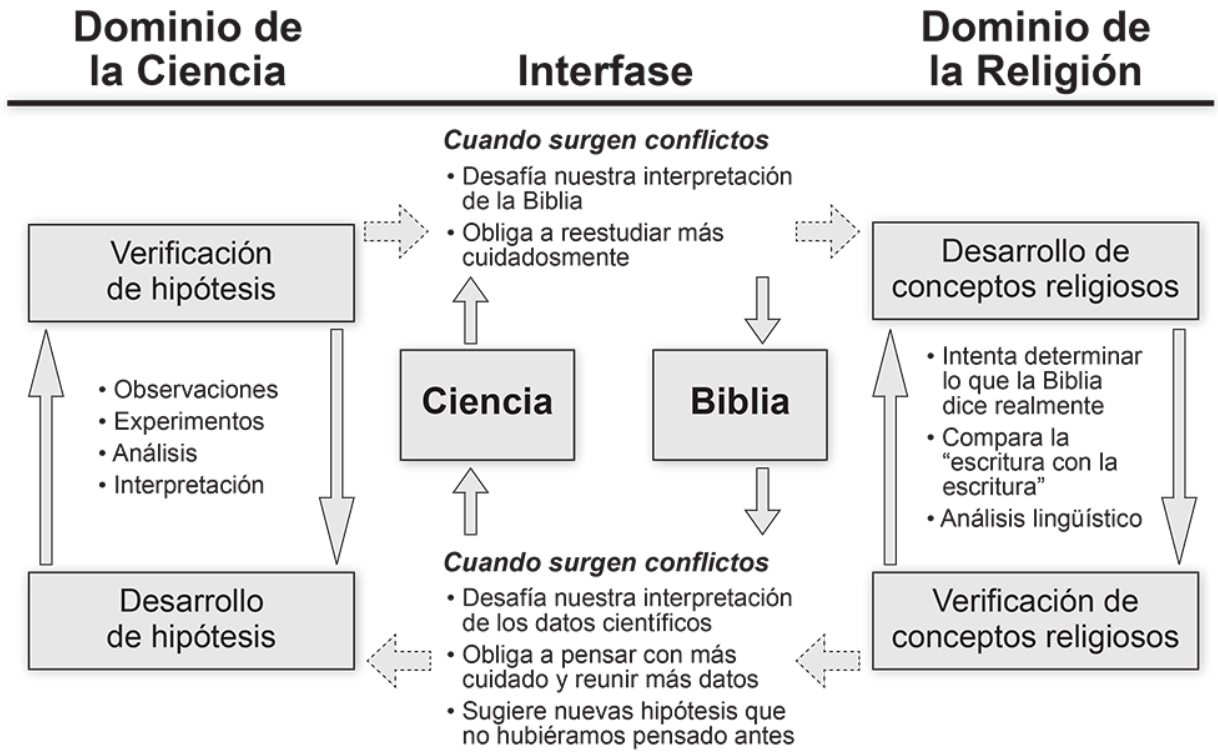


Figura 6.4. Un enfoque sobre la relación entre la ciencia y la religión que provee interacción constructiva entre ellas, y sin una interferencia inapropiada entre una y otra. Ilustración de Leonard Brand.

En este punto, debemos recordarnos a nosotros mismos que no debemos permitir que nuestros puntos de vista religiosos tuerzan nuestra interpretación de los datos científicos (véase el capítulo 5). Un cristiano no necesita temer los datos correctos. Podemos, efectivamente, luchar con aparentes conflictos por causa de

las limitaciones en nuestros datos disponibles y nuestras interpretaciones, pero en última instancia, la verdad genuina no se contradice.

Aun así, debemos preguntarnos cómo puede la ciencia ser una búsqueda de la verdad sin restricciones y de mentalidad abierta si adoptamos el punto de vista que "cuandoquiera la información bíblica indica algo en materia de historia, la edad de la Tierra, los orígenes, etc., los datos observados necesitan ser interpretados y reconstruidos teniendo en cuenta esa revelación superior, divina, que se encarna en forma suprema en la Biblia".[40] ¿Rechazaríamos una idea científica solo sobre bases bíblicas? La respuesta requiere una comprensión correcta de los dominios que aparecen en la figura 6.4. Los procesos que ocurren en los dominios de la ciencia y de la religión son diferentes y no pueden ser intercambiados. Los experimentos científicos no son una base para probar declaraciones bíblicas divinamente inspiradas. La ciencia no pone a prueba sus conclusiones por análisis lingüísticos y "comparando escritura con escritura". La interacción entre ambas ocurre en el proceso del pensamiento llamado aquí "la interfase", donde permitimos que la Biblia y la ciencia se desafíen mutuamente en forma continua y nos desafíen a examinar cuidadosamente nuestra comprensión de cada una de ellas.

Eso se puede ilustrar con el estudio de una formación de rocas (hipotética), la Formación Cerro Colorado, con sus abundantes fósiles. Un análisis científico cuidadoso de la Formación Cerro Colorado puede llegar a la conclusión de que "los datos científicos indican un período de tiempo de por lo menos diez millones de años para la acumulación de esa formación, pero ese período de tiempo no es correcto porque la Biblia contradice esa conclusión". Tal declaración no es científica y, tal vez, ni siquiera una buena declaración religiosa. ¡Es una declaración confusa! Otro planteamiento es llegar a la conclusión de que los datos científicos de los que se dispone hoy están más de acuerdo con un período de diez millones de años para la sedimentación de la Formación Cerro Colorado (dominio científico), pero un estudio de las Sagradas Escrituras (dominio religioso) nos lleva a predecir (interfase) que descubrimientos geológicos adicionales indicarán un origen catastrófico, rápido para Cerro Colorado". Esa es una declaración honesta, enteramente válida. No se la puede criticar por mezclar en forma incorrecta la ciencia y la religión. La actitud honesta y profunda indicada por esa declaración, si se combina con el proceso científico de control de calidad (capítulo 5), podría ser un estímulo para volver a hacer un estudio geológico más minucioso de la Formación Cerro Colorado, como también un estudio más cuidadoso de la Biblia que de otra manera no se hubieran hecho. Mientras tanto, si verdaderamente confiamos en la comunicación de Dios, nos sentiremos cómodos al vivir con preguntas que no tienen respuestas.

Hemos llegado a la conclusión de que mantener separadas a la ciencia y a la religión no es un enfoque válido. Ahora, esa conclusión puede refinarse para incluir los conceptos en la figura 6.4. Existe un sentido de procedimiento en el cual la ciencia y la religión están separadas. Las dos usan métodos diferentes. La segunda de las dos declaraciones sobre la Formación Cerro Colorado ilustra el sentido en el cual la ciencia y la religión deben mantenerse "separadas" o por lo menos no ser confundidas. El proceso de pensamiento llamado aquí "la interfase" (fig. 6.4), permite una interacción entre la ciencia y la religión sin confusión. Al evaluar tal desafío entre la ciencia y la religión, mantenemos bien claro en nuestra mente de dónde proviene cada idea, cómo puede estimular un estudio más minucioso y si una idea es una conclusión basada en la evidencia que se apoya mutuamente o si es una hipótesis o una predicción que todavía debe ser verificada.

La figura 6.5 ilustra dos maneras incorrectas en las que algunos individuos tratan de mantener separadas la ciencia y la religión. El método A sufre los problemas que discutimos antes: no se pueden tratar las cuestiones de los orígenes sin ser esquizofrénico. El método B es lo mismo que el modelo 1 en la Tabla 6.1. En realidad, no mantiene separadas a la ciencia y la religión, sino que pone a prueba las declaraciones bíblicas por los criterios científicos externos.

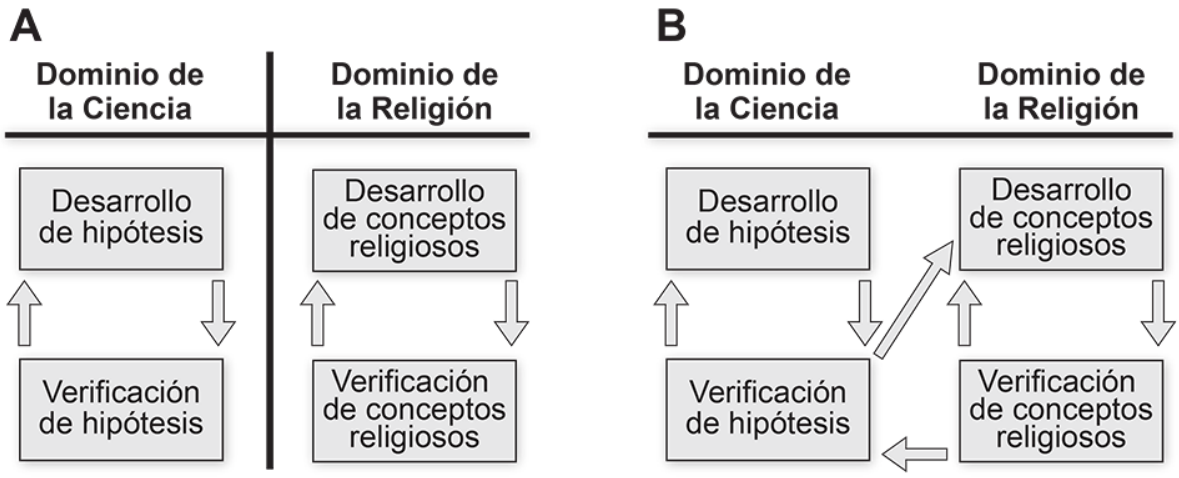


Figura 6.5. Dos maneras ineficaces de tratar de mantener separadas la ciencia y la religión. (A) Mantener a las dos en compartimentos estancos y no tratar de analizar cómo interactúan. (B) La ciencia determina los hechos y la religión provee significado espiritual. Según este enfoque, la ciencia en realidad se transforma en la norma para evaluar los conceptos religiosos. Ilustración de Leonard Brand.

La interfase en la figura 6.4 es la clave para una interacción productiva y honesta entre la ciencia y la religión. Es el secreto para otorgarle a la ciencia un grado de autonomía constructiva, mientras tanto la ciencia como la religión nos desafían a estudiar la otra más cuidadosamente. Las ideas religiosas incluso pueden conducirnos a hipótesis que pueden ser puestas a prueba con investigación científica. Pero ni la religión ni la ciencia controlan a la otra. Ese planteamiento de la relación entre la ciencia y la fe no es solo una idea teórica. Algunos de nosotros lo hemos estado usando por años y encontramos que es tanto efectivo como práctico en conducirnos a investigaciones científicas productivas (véase la lista de proyectos de investigación en el capítulo 19).

¿Por qué habría de intervenir Dios en la historia de la Tierra?

Más allá de la creación de la vida al comienzo, ¿por qué habría de intervenir Dios en la historia? De acuerdo con nuestra comprensión de la historia de la redención en la Biblia, una importante razón por la que Dios tomaría tal acción es para tratar con las contingencias difíciles que surgieron a causa del abuso que los seres creados rebeldes hicieron del libre albedrío que Dios les dio. En otras palabras, Dios tiene que tomar acciones especiales para tratar con el problema del pecado y el mal. Cuando el pecado y la violencia llegaron a dominar las vidas de prácticamente todos los humanos en un mundo que una vez fue perfecto, Dios cambió el curso de los acontecimientos con un diluvio catastrófico universal. Esa acción drástica fue la alternativa a permitirle a Satanás que domine toda la raza humana. Luego, cuando llegó el momento de una acción conclusiva para decidir el resultado del Gran Conflicto entre Cristo y el rebelde Satanás, Jesús vivió en la Tierra y diariamente cambió el curso de los eventos a medida que sanaba a los enfermos y resucitaba los muertos, lo que incluyó a él mismo.

Otro de los milagros de Dios fue su comunicación con los profetas y otros mensajeros que nos dieron las Escrituras. No hay nada misterioso o contrario a las leyes de la naturaleza en ese proceso. En esta era de la electrónica, hemos aprendido muchas maneras de comunicarnos con una persona sin tener que estar allí en persona. Tal vez, Dios o un ángel, en un estado material invisible para nosotros, susurró algo en el oído de alguien. No hay necesidad de quebrantar ninguna ley natural para que eso sea posible. Dios simplemente intervino en la historia. Los humanos también intervienen en la historia como seres inteligentes que pueden tomar acción y cambiar el curso de los eventos. Hitler hizo eso con resultados desastrosos. Martín Lutero lo hizo y fortaleció la influencia de las Escrituras. Para comprender a Dios, necesitamos captar el concepto que él es un

Ser personal que nos ama de la misma manera que nosotros podemos amarnos unos a otros, que puede decidir lo que es mejor para nosotros y entonces actúa, usando su amplia gama de leyes de la naturaleza para cumplir su voluntad.

---

[1] R.M. Davidson, "How reliable Is the Bible?" ["¿Cuán confiable es la Biblia?"], en *,Always Prepared: Answers to Questions about Our Faith* [*Siempre preparados: Respuestas a preguntas sobre nuestra fe*], ed. H.M. Rasi y N.J. Vyhmeister (Nampa, ID: Pacific, 2011), 13-26.

[2] G.F. Hasel, "The Polemic Nature of the Genesis Cosmology", ["La naturaleza polémica de la cosmología del Génesis"], *Evangelical Quarterly* 46 (1974): 81-102; G.F. Hasel y M.G. Hasel, "The Unique Cosmology of Genesis 1 against Ancient Near Eastern and Egyptian Parallels", ["La singular cosmología de Génesis 1 contra los paralelismos del cercano oriente antiguo y de Egipto"] en *The Creation Account and Its Reverberations in the Old Testament* [*El relato de la creación y su reverberación en el Antiguo Testamento*], ed. G.A. Klingbeil (Berrien Springs, MI: Andrews University Press, 2015), 9-29.

[3] W.A. Shea, "A Comparison of Narrative Elements in Ancient Mesopotamian Creation-Flood Stories with Genesis 1-9" [Una comparación de los elementos narrativos en los relatos de la creación-diluvio de la Mesopotamia Antigua con Génesis 1-9], *Origins* 11 (1984): 9-29.

[4] *Ibid*.

[5] Hasel, "Polemic Nature"; Hasel y Hasel, "Unique Cosmology".

[6] G. Wheeler, "The Most Unique Creation Story of the Ancient World" [La historia más singular de la creación en el mundo antiguo], *These Times* 83 (1974): 2-34.

[7] Shea, "Comparison of Narrative Elements"; W. Shea, "The Antediluvians" [Los antediluvianos], *Origins* 18 (1991): 10-26.

[8] R.W. Younker, "Genesis 2: A Second Creation Account?" [Génesis 2: ¿Un segundo registro de la creación?], en *Creation, Catastrophe, and Calvary* [*Creación, catástrofe y calvario*], ed. J.T. Baldwin (Hagerstown, MD: Review and Herald, 2000), 69-78; R.W. Younker, *God's Creation: Exploring the Genesis Story* [*La creación de Dios: Explorando la historia del Génesis*] (Nampa, ID: Pacific, 1999).

[9] W. Shea, "The Unity of the Creation Account" [La unidad en el relato de la creación], *Origins* 5 (1978): 9-38; W. Shea, "Literary Structural Parallels between Genesis 1 and 2" [Paralelismos literarios estructurales entre Génesis 1 y 2], *Origins* 16 (1989): 49-68.

[10] G.F. Hasel, *Understanding the Living Word of God* [*Comprendiendo la palabra viva de Dios*] (Mountain View, CA: Pacific, 1980), 48.

[11] A. Roth, "Flood Stories—Can They Be Ignored?" [Las historias del diluvio— ¿pueden ser ignoradas?], *Origins* 17 (1990): 51-55.

[12] S.I. McMillen y D.E. Stern, *None of These Diseases* [*Ninguna de esas enfermedades*] (Grand Rapids, MI: F.H. Revell, 1984).

[13] *Ibid*.

[14] *Ibid*.

[15] Hasel, *Understanding the Living Word;* G.M. Hyde, *A Symposium on Biblical Hermeneutics* [*Un simposio sobre hermenéutica bíblica*] (Washington, D.C.: Biblical Research Committee, General Conference of Seventh-day Adventists, 1974); G.F. Hasel, *Biblical Interpretation Today: An Analysis of Modern Methods of Biblical Interpretation and Proposals for the Interpretation of the Bible as the Word of God* [*La interpretación bíblica hoy: Un análisis de los métodos modernos de interpretación bíblica y propuestas para la interpretación de la Biblia como la palabra de Dios*] (Washington, D.C.: Biblical Research Institute, 1985); R.M. Davidson, "Biblical Interpretation" ["Interpretación bíblica], en *Handbook of Seventh-day Adventist Theology,* Seventh-day Adventist Commentary Reference Series, ed. R. Dederen, vol. 12 (Hagerstown, MD: Review and Herald, 2000), 58-104.

[16] G.F. Hasel, "The meaning of the Chronogeneologies of Genesis 5 and 11" ["El significado de las cronogenealogías de Génesis 5 y 11"], *Origins* 7 (1980): 53-70, 62, 68; Davidson, "Biblical Interpretation".

[17] Hasel, *Understanding the Living Word*, 18-30.

[18] *Ibid.*; Davidson, "Biblical Interpretration".

[19] K. Barth, *Church Dogmatics* [*Dogmática de la iglesia*] (Edinburgh, UK: T&T Clark, 1936); F. Schleiermacher, *The Christian Faith* [*La fe cristiana*] (Edinburgh, UK: T&T Clark, 1821-22).

[20] R. Bultmann, "Is Exegesis without Presuppositions Possible?" ["¿Es posible una exégesis sin presuposiciones?"], ed. M. Ogden (New York: World, 1960), 292.

[21] Davidson, "Biblical Interpretation"; Hasel, "Meaning of the Chronogeneologies," 60-65.

[22] Hasel, *Understanding the Living Word,* 28; Davidson, "Biblical Interpretation," 90.

[23] Hasel, Understanding the Living Word, 30-37; Davidson, "Biblical Interpretation," 63-64.

[24] F.A. Schaeffer, *Genesis in Space and Time: The Flow of Biblical History* [*Génesis en el espacio y en el tiempo: El flujo de la historia bíblica*] (Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1972), 35-36, 166; Davidson, "Biblical Interpretation", 70.

[25] Hasel, "Meaning of the Chronogeoneologies", 68.

[26] G.F. Hasel, "The 'Days' of Creation in Genesis 1: Literal 'Days' or Figurative 'Periods/Epochs' of Time?" ["Los 'días' de la Creación en Génesis 1: ¿'Días' literales, o 'períodos/épocas' figurativos de tiempo?"], *Origins* 21 (1994): 5-38; J.B. Doukhan, "The Genesis Creation Story: Text, Issues, and Truth" ["La historia de la creación del Génesis: Texto, cuestiones, y la verdad"], *Origins* 55 (2004): 12-33; R.M. Davidson, "The Genesis Account of Origins" ["El registro del Génesis sobre los orígenes"], en *The Genesis Creation Account and Its Reverberations in the Old Testament* [*El registro de la creación del Génesis y sus reverberaciones en el Antiguo Testamento*], ed. G.A. Klingbeil (Berrien Springs, MI: Andrews University Press, 2015), 59-129.

[27] J.B. Doukhan, "When Death Was Not Yet" ["Cuando todavía no era la muerte"], en *The Genesis Creation Account and Its Reverberations in the Old Testament* [*El registro de la creación del Génesis y sus reverberaciones en el Antiguo Testamento*], ed. G.A. Klingbeil (Berrien Springs, MI: Andrews University Press, 2015), 329-42.

[28] Hasel, "Meaning of the Chronogeneologies"; G.F. Hasel, "Genesis 5 and 11: Chronogeneologies in the Biblical History of Beginnings" ["Génesis 5 y 11: Cronogenealogías en la historia bíblica de los comienzos"], *Origins* 7 (1980): 23-37.

[29] Davidson, "The Genesis Account of Origins".

[30] *Ibid*.

[31] G.F. Hasel, "The Biblical View of the Extent of the Flood" ["La visión bíblica sobre la extension del diluvio"], *Origins* 2 (1975): 77-95; G.F. Hasel, "Some Issues Regarding the Nature and Universality of the Genesis Flood Narrative" ["Algunas cuestiones en cuanto a la naturaleza y la universalidad de la narrativa del diluvio del Génesis"] *Origins* 5 (1978): 83-98; R.M. Davidson, "Biblical evidence for the Universality of the Genesis Flood" ["Evidencias bíblicas para la universalidad del diluvio del Génesis"], *Origins* 22 (1995): 58-73; R.M. Davidson, "The Genesis Flood Narrative: Crucial Issues in the Current Debate" ["La narrativa del diluvio del Génesis: cuestiones cruciales en el debate actual"], *Andrews University Seminary Studies* 42 (2004): 49-77.

[32] Hasel, *Understanding the Living Word, 42-65.*

[33] J.E. Eaton, "The By-passing and Discontinuous Deposition of Sedimentary Materials" ["La deposición discontinua y en circunvalación de materiales sedimentarios"], *AAPG Bulletin* 13 (1929): 713-61.

[34] P.H. Kuenen y C.I. Migliorini, "Turbidity Currents as a Cause of Graded Bedding" ["Las corrientes de turbidez como causa de la estratificación gradada"], *Journal of Geology* 58 (1950): 91-127.

[35] Kuenen y Migliorini, "Turbidity Currents"; M. Natland y P.H. Kuenen, "Sedimentary History of the Ventura Basin, California, and the Action of Turbidity Currents" ["La historia sedimentaria de la Cuenca Ventura, y la acción de las corrientes de turbidez"], *SEPM Special Publication* 2 (1951): 76-107.

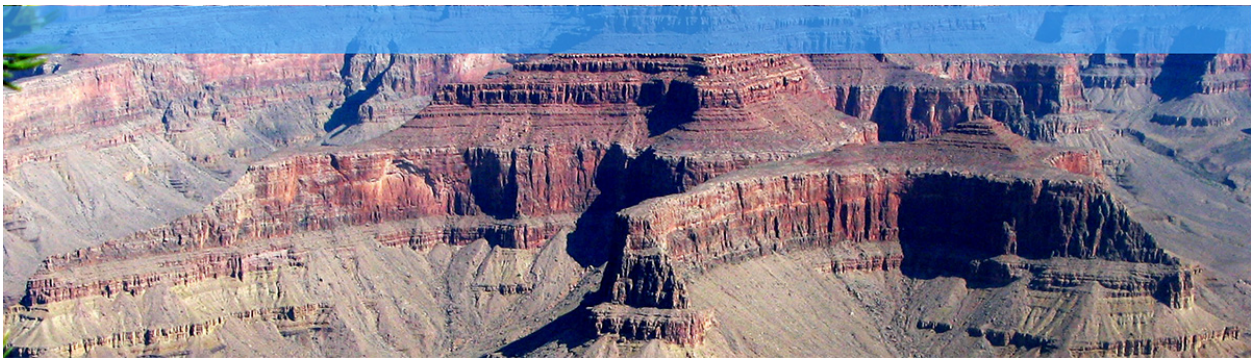
[36] Por ejemplo, S.J. Gould, *Rocks of Ages: Science and Religion in the Fullness of Life* (New York: Ballantine Books, 1999). [Existe versión en español: *Ciencia versus religión: un falso conflicto,* Barcelona: Crítica, 2000].

[37] N. Pearcy, *Total Truth: Liberating Christianity from Its Cultural Captivity* [*La verdad total: Liberando al Cristianismo de su cautiverio cultural*] (Wheaton, IL: Crossway Books, 2005).

[38] *Ibid*.

[39] D.C. Dennett y A. Plantinga, *Science and Religion: Are They Compatible?* [*La ciencia y la religión: ¿son compatibles?*] (New York: Oxford University Press, 2011).

[40] Hasel, "Meaning of the Chronogeneologies", 68; vea también, Davidson, "Biblical Interpretation".



Capítulo 7

El origen de la vida

Reseña

La teoría naturalista de la abiogénesis propone que las primeras células vivas no fueron creadas por un diseñador inteligente, sino que resultaron de interacciones al azar entre moléculas a lo largo de eones de tiempo. Para ese proceso se necesitarían una cantidad innumerable de pasos, altamente improbables desde el punto de vista bioquímico. Las ideas y las investigaciones que respaldan la teoría de la abiogénesis son descritas junto con los desafíos aparentemente prohibitivos que enfrenta. Se describen dos "máquinas" u organelos biomoleculares en la célula, para brindar conocimiento sobre cuán compleja es la célula. Como hasta ahora virtualmente no hay evidencias para apoyar la teoría de la abiogénesis, está necesariamente entrelazada con la filosofía del naturalismo metodológico (NM). Se discute esa relación, junto con las razones por las que la abiogénesis necesita el NM y el NM necesita la abiogénesis.

La complejidad de las células

Las células son el elemento más simple de los seres vivos, y son el componente de todos los organismos complejos. A pesar de ello, la célula es extremadamente compleja. Todos los seres vivientes comparten muchas características que son fundamentales para la vida. Esas incluyen el ADN rico en información, las proteínas necesarias para copiar el ADN y traducir la información del ADN a diferentes tipos de ARN, y el mecanismo de la síntesis de proteínas que involucran

el ribosoma, los ARN, cientos de enzimas para componer los aminoácidos correctos en una proteína siguiendo el modelo encontrado en el ARN, la membrana celular, y la maquinaria metabólica para llevar a cabo todas esas reacciones.

Los naturalistas podrán argumentar que la primera célula viva no necesitaba poder realizar todas las actividades de siquiera la más simple célula viva moderna. En ese caso, debemos decidir cuáles características pueden eliminarse y aun así permitir que la célula sobreviva. Luego tenemos que explicar de qué manera esos caracteres eliminados surgieron más adelante en el proceso de evolución química (abiogénesis), y por qué son comunes a todas las células. Hablaremos sobre eso más adelante, pero por ahora, veamos el mecanismo propuesto por los naturalistas para dar origen a la primera célula.

La evolución química

En la década de 1920, J.B.S. Haldane y A.I. Oparin sugirieron independientemente que la vida se originó espontáneamente a partir de la materia inerte sobre la superficie de la Tierra en el pasado distante, y brindaron un escenario para que eso pudiese ocurrir. En esa época, la vida se consideraba nada más que química compleja, así que sus ideas fueron aceptadas ampliamente entre aquellos que buscaban establecer un origen naturalista de la vida sobre la Tierra.[1]

En 1953, Stanley Miller condujo su ahora famoso experimento usando el ambiente reductor de Oparin, compuesto de metano, amoníaco, agua, y gas de hidrógeno en un aparato de vidrio con chispas para proveer energía a la reacción. La atmósfera reductora era esencial porque el oxígeno libre destruye cualquier molécula orgánica. La reacción generó una variedad de compuestos simples incluyendo unos pocos aminoácidos, como también una cantidad de “brea” (un barro orgánico incompatible con la abiogénesis). Más adelante, se reportó que por el mismo proceso se produjeron purinas y pirimidinas, bases nitrogenadas que forman los ADN y ARN.[2]

Hasta hoy, se han producido catorce de los veinte aminoácidos requeridos por las células vivas bajo las condiciones reductoras propuestas para la “Tierra primitiva”. Desafortunadamente, la mayor parte de los aminoácidos producidos con esos experimentos es o glicina o alanina, los dos aminoácidos más simples, como también muchas moléculas que interfieren con cualquier reacción bioquímica. Existen muchos otros problemas, pero no importa cuán insatisfactorios sean, esos primeros experimentos animaron a los creyentes en el NM a pensar que ese proceso podría explicar el origen de la vida.

Después de considerar las especulaciones modernas sobre el origen de la vida, intentaremos evaluar esas especulaciones dentro de los parámetros que los

investigadores se han impuesto sobre sí mismos, para ver qué esperanza ofrecen de alcanzar el blanco propuesto: eso es, explicar el origen espontáneo de una célula viva.

Comenzaremos considerando la atmósfera de la Tierra temprana y la probabilidad de que pueda generar un océano lleno de moléculas biológicamente útiles. Luego consideraremos si se podrían producir los polímeros biológicos importantes necesarios para la vida, de existir un océano lleno de pequeñas moléculas. Entonces, preguntaremos si es aún posible construir una célula viva e investigaremos algunas áreas significativas de la biología molecular para identificar en qué consiste la complejidad de un sistema viviente.

Evidencias de una atmósfera reductora

Primero Oparin sugirió una atmósfera reductora para la "Tierra primitiva", siendo que las moléculas biológicas necesarias no se podían formar en una atmósfera que tuviera oxígeno. La pregunta real es, ¿existió tal atmósfera alguna vez en la Tierra? Un análisis minucioso de puntos de vista geológicos, cosmológicos y químicos revela que de haber existido, tal atmósfera reductora habría estado presente solo por poco tiempo. J.C.G. Walker declaró que la principal razón para considerar la posible existencia de una atmósfera reductora es que se necesita para el origen espontáneo de la vida.[3] Pero Philip Abelson[4] y J.W. Schopf[5] concluyeron que no hay evidencia para la existencia de una atmósfera de metano y amoníaco.

Desde el vuelo del Apolo 16, se reconoce que la descomposición del agua inducida por rayos UV en la atmósfera superior es una fuente principal de oxígeno libre atmosférico. Parece ser que ese proceso prevendría la existencia a largo plazo de una atmósfera sin oxígeno libre. Un análisis de las rocas sedimentarias de los inicios del Precámbrico parece indicar que el oxígeno libre estaba presente, acaso con niveles semejantes a los del presente.[6]

En los últimos veinte años, se han estado acumulando esos y otros hallazgos que argumentan contra una atmósfera reductora. Parece ser que los gases de nuestra atmósfera provienen de la liberación de gases del manto, y que tales gases hoy están oxidados en forma uniforme. Debido a esas cuestiones, muchos que en el pasado consideraban que la atmósfera reductora era un requisito absoluto lo están reconsiderando. Algunos proponen que una atmósfera neutra (dióxido de carbono, agua, gas nitrógeno, y posiblemente una traza de gas hidrógeno) sería más probable,[7] pero esa atmósfera pronto contendría oxígeno. Tal posibilidad no parece haber reducido el entusiasmo de la mayoría de los investigadores sobre el origen de la vida, aunque la presencia de oxígeno libre excluye virtualmente todos los

Resumen 7-1

¿Una atmósfera reductora en la Tierra primitiva?

Datos

La abiogénesis requiere una atmósfera reductora para que puedan producirse las reacciones químicas necesarias.

Interpretación

Abiogénesis: **Se asume el naturalismo y se concluye que la vida comenzó sin un diseñador inteligente. Esa conclusión es requerida por la presuposición usada. La vida no puede surgir bajo las condiciones presentes en la Tierra. No sabemos cómo se originó la vida; es un misterio.**

Intervencionismo**: La inferencia respecto de la interpretación principal produce la conclusión de que la vida fue creada por un diseñador inteligente.**

escenarios propuestos hasta ahora para la abiogénesis de las formas vivas y, en el presente, tal atmósfera parecer ser virtualmente una certeza.

Evidencias del "caldo de gallina"

El escenario de Oparin-Haldane requiere la producción de un "caldo o una sopa diluida", un océano lleno de moléculas biológicas precursoras pequeñas en el que podría comenzar la vida. Un número de análisis cuidadosos han dejado enormes agujeros en la posible existencia de esa "sopa diluida" sobre la Tierra primitiva. Todos ellos[8] han concluido que la concentración de incluso los más abundantes aminoácidos no habría excedido .0001 gramos por litro, demasiado diluida para permitir las reacciones poliméricas requeridas para hacer proteínas.[9] En el Océano Atlántico central, ¡esas concentraciones actualmente varían entre .00001 y .0001 gramos por litro!

Numerosos autores apoyan la ausencia de una "sopa diluida caliente".[10] Aunque la mayoría de esos científicos probablemente suscriben a algún tipo de origen químico de la vida, todos concluyen que no hay ninguna evidencia de que el proceso haya ocurrido alguna vez. No obstante, un número igual de autores consideran el escenario para el origen de la vida está tan establecido que ¡no necesita justificación!

Hasta aquí, solo hemos tratado con la producción de pequeñas moléculas. Hemos concluido que la Tierra no tenía una atmósfera reductora, y que aunque la hubiera tenido, no existe ninguna posibilidad que hubiera dado origen a un océano lleno de pequeñas moléculas, necesario para construir la primera célula mediante la abiogénesis. Pero solo en beneficio del argumento, consideremos la existencia de un océano lleno de pequeñas moléculas y veamos qué podemos hacer con eso.

La producción de moléculas ricas en información

De existir un océano lleno de pequeñas moléculas, como se describió más arriba, a continuación necesitamos abordar la cuestión de la polimerización, la combinación de pequeñas moléculas para formar macromoléculas como las proteínas y los ácidos nucleicos (ADN y ARN). Esta cuestión presenta una espada de dos filos: primero, demostrar que la síntesis de macromoléculas es posible bajo condiciones abióticas, y luego, mostrar cómo esas moléculas se podrían volver tan ricas en la información necesaria para las células vivas. Trataremos con estos elementos en forma separada.

En cualquier modelo, la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos a partir de pequeñas moléculas precursoras representa uno de los desafíos más difíciles al modelo de la abiogénesis. La polimerización es una reacción en la que el agua es un producto. Por consiguiente, solo se verá favorecida en ausencia de agua. La presencia de pequeñas moléculas en un océano de agua favorece la ruptura de cualquier molécula grande que se pueda haber formado. Experimentos minuciosos indican que aun en un océano que contenga una solución molar de 1 para cada aminoácido (una concentración un millón de veces mayor que en el Océano Atlántico central hoy día), una proteína con solo 101 aminoácidos alcanzaría una concentración molar en equilibrio de solo 10^{-338}.

Solo para que ese número tenga significado, nuestro universo puede tener un volumen más o menos cerca de 10^{85} litros. A una concentración molar de 10^{-338}, necesitaríamos un océano con un volumen igual a 10^{229} universos solo para que encontremos una sola molécula de cualquier proteína con cien uniones peptídicas.

Por lo cual es necesario que busquemos en otro lado un mecanismo que produzca polímeros. No puede producirse en el océano.

Sidney Fox, un químico experto en aminoácidos y uno de mis (Chadwick) profesores en la escuela de posgrado, reconoció el problema y se dedicó a construir una alternativa con la ausencia de agua. Fox trató de promover la formación de uniones peptídicas al derretir aminoácidos cristalinos puros y al eliminar el agua de la mezcla. Pero el resultado fue un producto barroso mucho antes de que se derritieran. Luego de muchos intentos, descubrió que dos de los veinte aminoácidos, el ácido aspártico y el ácido glutámico, se derretían formando un líquido cerca de los 200 °C. Luego, al disolver los otros aminoácidos en el líquido, se produjo un fundido que contenía hasta un 50 por ciento de los restantes dieciocho aminoácidos. Esto constituyó sus proteinoides, que Fox equiparó a las células. Fox afirmó que había creado un puente de transición de macromoléculas a células. Incluso trató de demostrar que un pedazo de basalto podría substituir el tubo de ensayo en la síntesis de los proteinoides y afirmó que el proceso tuvo lugar en la tierra primitiva en las laderas de los volcanes. Sin embargo, los proteinoides no son proteínas. Las proteínas consisten en aminoácidos-L que están conectados en un orden específico por enlaces peptídicos alfa. Los enlaces en los proteinoides de Fox son beta, gama y épsilon, que unen los aminoácidos en un orden no específico. Sus materiales iniciales eran aminoácidos-L purificados, construidos cuidadosamente en proporciones específicas. En el mundo abiótico, el mejor punto de partida que uno esperaría sería agua oceánica evaporada que tuviera algunos aminoácidos en mezclas racémicas con muchas otras moléculas que, cuando fueran calentadas, formaran un barro inútil. También existen otros problemas.

Se han probado un número de otros abordajes a la polimerización. Uno de los más prometedores es el uso de arcillas como sustratos. Las arcillas son matrices muy delgadas y altamente ordenadas de silicatos complejos de aluminio con otros numerosos iones de carga positiva. Tales arcillas estratificadas catalizan las reacciones de polimerización. Los reactantes se absorben sobre las arcillas, que los concentra y protege de reaccionar con el agua. Ese tipo de reacción produce polímeros de hasta unas cincuenta unidades, pero solo si comienza con aminoacil adenilatos ricos en energía en lugar de aminoácidos. No hay evidencia que indique que una acumulación de esas moléculas pueda ocurrir en un ambiente natural.

Después del descubrimiento de moléculas de ARN con propiedades autocatalíticas, algunos químicos han sugerido que la vida se inició con ARN en lugar de proteínas. Investigaciones minuciosas han tratado de simular ese proceso teórico de un “mundo de ARN”, pero la química involucrada no alcanza el resultado necesario.[11] Además de los problemas en sintetizar los precursores y las reacciones de polimerización, todo el esquema depende de la habilidad de sintetizar una molécula de ARN que pueda hacer una copia de sí misma, un logro

que hasta ahora ha eludido todos los esfuerzos. Las moléculas de ARN no logran desarrollar las funciones vitales para el inicio de la vida, y no ofrecen ninguna pista sobre cómo uno pasa de tal esquema al mecanismo del ADN-ARN-proteínas que todos los seres vivos usan. Ese es solo el comienzo de los problemas. Hasta ahora, hablar de un "mundo de ARN" es solo hablar de eso.

La interferencia del investigador y la teoría de la Tierra primitiva

Con el propósito de evaluar la credibilidad de los varios modelos para el origen de la vida basado en sus propios méritos, hemos ignorado algunas cuestiones muy significativas. Pero ahora ya no podemos ignorarlas más.

En todos los estudios experimentales sobre el origen de la vida, la presencia del investigador hace una contribución significativa a las conclusiones y sobre las condiciones experimentales en sí. Cuando el investigador se propone alcanzar cierto objetivo (la síntesis de precursores o la polimerización de los precursores), este naturalmente busca definir un sistema con alguna posibilidad de alcanzar el resultado esperado. Por tanto, se eligen las condiciones en que algunos de los materiales son apropiados para la Tierra prebiótica, y eso les otorga a los estudios un aire de credibilidad. Se confeccionan cuidadosamente las condiciones restantes para alcanzar el resultado deseado. Por lo tanto, el lector queda con la impresión de que habrían sido posibles una cantidad de cosas en la Tierra prebiótica que en realidad no tienen ninguna posibilidad de ocurrir.

Por ejemplo, cuando Fox realizó sus experimentos para producir proteinoides a partir de aminoácidos usando el basalto volcánico en lugar de un tubo de ensayo, dio la impresión de que ese era un modelo plausible para la Tierra prebiótica. Lo que tuvo mucho cuidado de no enfatizar fue que estaba llevando a cabo la reacción sobre lava caliente con una mezcla de aminoácidos cristalinos puros producidos por organismos biológicos (porotos soja) y purificados por otro organismo biológico (el químico). También fue cuidadoso al controlar la temperatura y el tiempo y el contacto con el agua. Como químico de laboratorio, fue cuidadoso en armar el experimento para producir el resultado que buscaba.

La misma crítica se puede hacer a cualquiera de los otros estudios mencionados hasta la fecha, desde el estudio clásico y original de Miller, que usó una mezcla de gases purificados en un aparato construido de vidrio, hasta arcillas estratificadas donde se usan mezclas de aminoácidos adenilatados. La mayoría de esos estudios se ha diseñado para obtener el resultado deseado, no para poner a prueba la teoría bajo las condiciones que habrían existido en la Tierra prebiótica.
Aun así, los resultados se usan para apoyar la validez de la teoría de la abiogénesis que ellos proponen. Después de una revisión minuciosa del escenario de la

investigación sobre la abiogénesis, J. Brooks y G. Shaw concluyeron: "Esos experimentos... afirman la síntesis abiótica de lo que en realidad fue producido y diseñado por un hombre inteligente y ciertamente biótico".[12]

Tal franqueza es refrescante, honesta y esperada por mucho tiempo. En resumen, los experimentos sobre la abiogénesis con el gran aporte de diseño inteligente han tenido algo de éxito en sintetizar aminoácidos, pero consistentemente fracasan en la síntesis de proteínas, ADN o ARN. Eso no sorprende cuando consideramos cuán simples son los aminoácidos en comparación con una proteína o los ADN/ARN.

Las primeras células vivas

Si se pudiera encontrar una manera de hacer sopa primordial, si hubiera reacciones que pudieran producir proteínas y ADN, y si se formase una estructura del tipo de una célula primitiva apropiada, entonces las macromoléculas correctas tendrían que combinarse en una estructura correcta para producir un sistema viviente metabólicamente activo sin que lo destruyan los múltiples peligros naturales. Cualquiera de tales células primitivas tendría que ser capaz de mantenerse a sí misma, transformando y utilizando energía, creciendo y multiplicándose. El proceso de selección natural no contribuiría con la producción de esa primera célula. La selección natural no puede operar hasta que esté presente una célula que se reproduzca, para que los procesos de retroalimentación de la selección natural puedan eliminar los individuos menos aptos y así determinar las características que estarán presentes en los genes de la siguiente generación. En consecuencia, si la primera célula se formó por abiogénesis, tendría que ocurrir por azar en lugar de cualquier forma de selección natural.

El origen de la información de la célula

La característica que distingue los sistemas vivos de los no vivos no es el orden sino la complejidad de un tipo llamado "complejidad especificada", que definiremos más adelante. Muchas estructuras inanimadas, tal como los cristales, tienen un orden preciso. Los cristales están compuestos de átomos en disposiciones espaciales ordenadas: secuencias repetitivas o periódicas de los componentes. Por contraste, la secuencia de unidades en las proteínas y los ácidos nucleico no es para nada repetitiva o periódica, sino que las unidades ocurren en disposiciones complejas y no repetitivas. Así como una frase tiene sentido solo si las palabras están en un orden específico, los aminoácidos de una proteína deben estar en un

orden específico para que una proteína sea funcional. Ese es un ejemplo de "complejidad especificada". Las proteínas y los ácidos nucleicos no solo son no-repetitivos en su estructura; además están arreglados en una secuencia que contiene información necesaria para la construcción y el funcionamiento de todo el sistema viviente. Esos conceptos son resumidos por Charles Thaxton y sus colegas (la ilustración es usada con autorización).[13]

1. Un arreglo ordenado (periódico) y por lo tanto especificado:

   EL FIN EL FIN
   EL FIN EL FIN

   Ejemplo: nylon o un cristal.

2. Un arreglo complejo (aperiódico) no especificado:

   AGDCBFE GBAFED ACEDFGB

   Ejemplo: polímeros aleatorios (polipéptidos)

3. Un arreglo complejo (aperiódico) especificado (complejidad especificada)

   ¡ESTA SECUENCIA DE LETRAS CONTIENE UN MENSAJE!

   Ejemplo: ADN o una proteína

Cualquier teoría del origen de la vida debe resolver el problema crítico del origen de la información biológica. El ADN en la célula es como un libro exhaustivo de instrucciones con todas las especificaciones para la reproducción y el funcionamiento de un organismo, incluso instrucciones para la secuencia correcta de aminoácidos en cada proteína. Las células biológicas tienen la maquinaria para leer y llevar adelante todas esas instrucciones. ¿Cómo llegó allí la información codificada en la secuencia de nucleótidos del ADN?

Pensemos en una biblioteca que contiene dos tipos fundamentalmente diferentes de entidades. La primera incluye las leyes naturales comunes a todo el universo y los materiales sintetizados a través de la operación de esas leyes. La ley de gravedad impide que los libros salgan flotando de sus estantes, y los enlaces

químicos específicos sujetan las moléculas de hierro en los estantes y las moléculas de papel en las páginas de los libros. Esas leyes pueden describirse en términos cuantitativos y sus efectos son totalmente predecibles. Si tomamos un libro y lo soltamos, no tenemos que adivinar si caerá hacia arriba o hacia abajo.

La segunda entidad en la biblioteca es la información. La secuencia de letras en las páginas de un libro representa ideas que fueron generadas por una inteligencia para transmitir mensajes específicos. No existen leyes naturales que especifican si una "*n*" debe venir antes de la "*e*", o si después de la "*t*" tiene que venir la "*h*". La secuencia de letras en una página no es el resultado de las leyes naturales sino solo del pensamiento y la planificación inteligentes. La información requiere que una mente la invente. De la misma manera, nuestros automóviles funcionan a través de la acción de leyes naturales, pero las leyes naturales nunca diseñarán un automóvil. No existe nada en las leyes de la física que podría especificar la forma de un parachoques o decidir el tamaño de un pistón. Los automóviles deben ser inventados– diseñados por una inteligencia que tiene un plan en mente y que entiende cómo hacer para que las leyes naturales funcionen para encender el combustible y hacer que el automóvil funcione después que se diseñan y se arman sus partes.

La vida también es el resultado de la interacción de las mismas dos entidades– leyes e información. Mucho de lo que sucede en el universo está gobernado por las leyes de la química y de la física. Pero la vida es diferente. Incluso en la biología las leyes de la química son fuerzas de control importantes, aunque hasta cierto punto. Las características del oxígeno, el carbono, y el hidrógeno controlan las posibles maneras en que pueden conectarse para hacer moléculas simples, tales como los aminoácidos. Podemos predecir qué si ciertos elementos se ensamblaran bajo condiciones específicas, se producirán aminoácidos. Pero no importa cuántos aminoácidos se mezclen entre sí, no están vivos. La vida existe únicamente si otra entidad fundamentalmente diferente está presente también: la información. Esa información está presente en dos tipos de moléculas: los ácidos nucleicos (ADN y ARN) y las proteínas.

Una proteína es una molécula lineal, larga, que normalmente consiste en cientos o miles de aminoácidos conectados entre sí como eslabones en una cadena (fig. 7.1). Existen como veinte aminoácidos diferentes análogos a las letras del alfabeto que se unen entre sí para formar las varias proteínas. Los aminoácidos pueden unirse unos con otros en cualquier secuencia; debe existir información para controlar la secuencia de aminoácidos para fabricar una proteína provechosa. Si es que una proteína catalizará la liberación de energía en una célula, o formará parte de la estructura de la ATP sintetasa, o será totalmente inservible, se verá determinado por su secuencia de aminoácidos, de la misma manera en que la secuencia de letras determina el significado de esa frase.

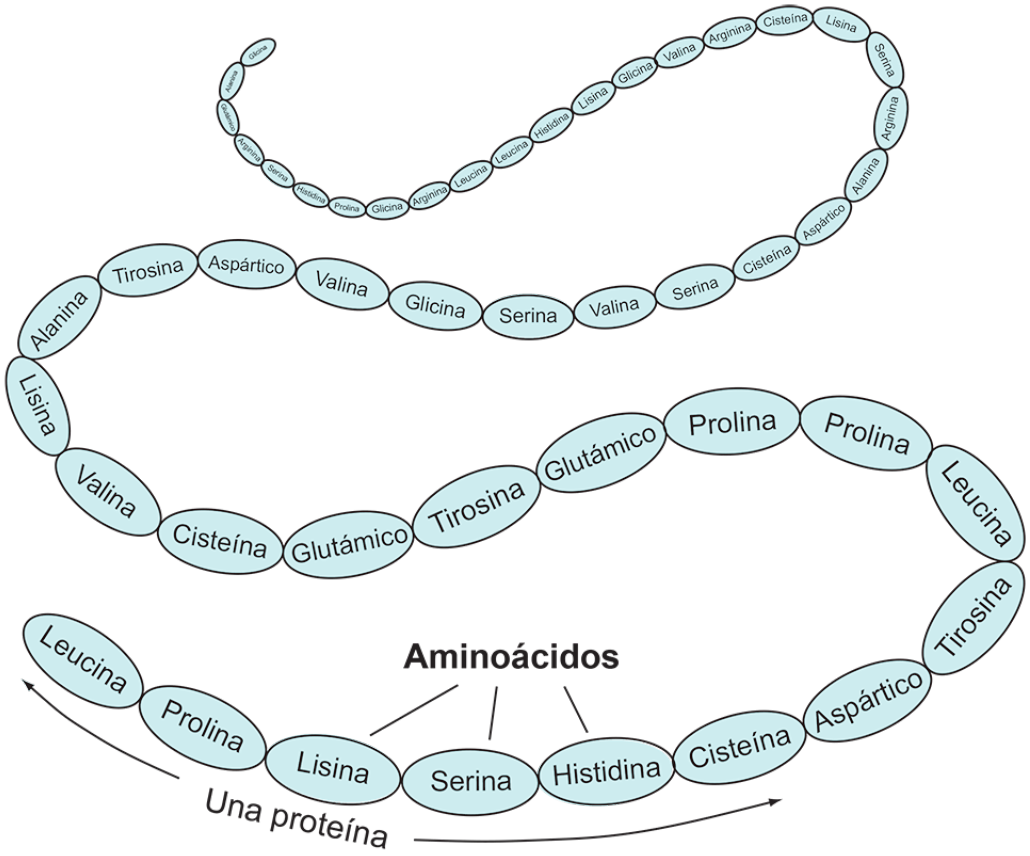


Figura 7.1. Una proteína representativa compuesta de una cadena de aminoácidos (Brand 2006 a).

¿De dónde proviene la información (secuencia de aminoácidos) en las proteínas? En un organismo vivo, la secuencia, o el orden de los aminoácidos, se determina por la secuencia de bases en el ADN y el ARN. Esos ácidos nucleicos también son moléculas largas compuestas de secuencia de subunidades llamadas bases. Existen cuatro bases, y las combinaciones de esas cuatro bases forman un código que especifica los veinte aminoácidos y también funcionan como letras en un alfabeto (fig. 7.2). Así, al igual que en el caso de las proteínas, no existen leyes naturales que especifiquen en qué orden deben aparecer las bases; la secuencia contiene información que debe ser inventada. Incluso el código que determina cuáles tres bases del ADN especifican, por ejemplo, el aminoácido alanina no es inherente a la estructura de la alanina o del ADN, sino que es un código arbitrario que debió ser inventado. Funciona porque las células tienen moléculas transportadoras, llamadas "ARN de transferencia", y cada uno de los veinte aminoácidos tiene su propia molécula transportadora que se une a él (fig. 7.2). Cada molécula transportadora (ARN de transferencia) es un diseño único y

arbitrario (como el diseño arbitrario del parachoques de un automóvil) hecho para traducir el código en acciones provechosas y reconocer su aminoácido y dónde unir ese aminoácido a una nueva proteína que se está sintetizando en la "fábrica de proteínas" de la célula. La estructura de cada uno de esos ARN de transferencia tuvo que ser inventada, y las instrucciones para fabricar cada ARN de trasferencia también se especifica en el ADN.

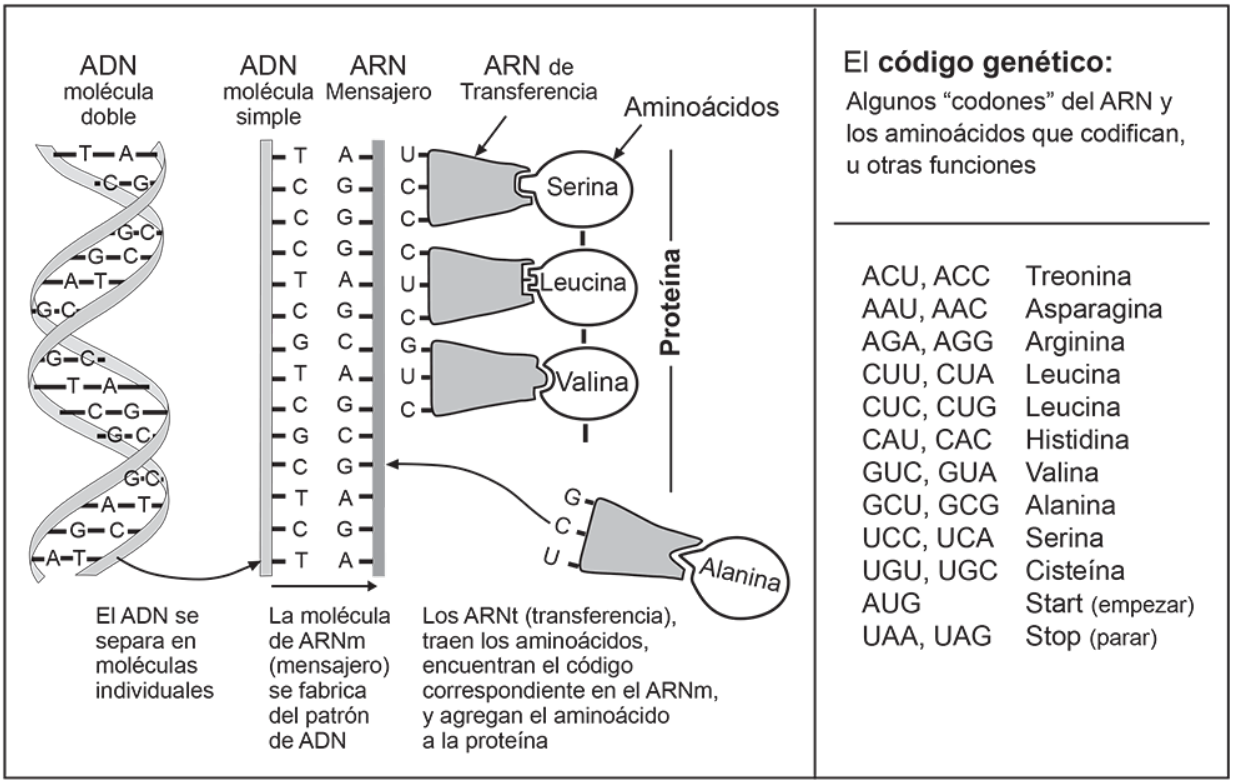


Figura 7.2. Izquierda: La estructura del ADN, con sus pares de bases (esas bases son la adenina [A], la guanina [G], la citosina [C], y la timina [T] entre las dos hebras de la doble hélice). La T siempre se aparea con la A, y la C siempre se aparea con la G. El ADN se separa para formar ADN de una sola hebra, y se forma un ARN de una sola hebra a partir del molde de ADN (en el ARN la timina se reemplaza con el uracilo [U]. Luego las moléculas de ARN de transferencia, con sus aminoácidos unidos, reconocen la secuencia de bases en el ARN mensajero, encuentran su lugar especial, y traen los aminoácidos a su posición para que se puedan unir para formar una proteína. Derecha: una muestra de codones de ARN (un codón es una secuencia de tres bases que codifica para un aminoácido específico o indica el lugar de inicio o terminación de la construcción de una proteína). Ilustración de Leonard Brand.

No se puede enfatizar lo suficiente la importancia de reconocer que la información necesita ser inventada. Por ejemplo, compare la vida con el crecimiento de un cristal: si existen las condiciones químicas correctas, se formará un tipo específico de cristal. Por contraste, la operación de las leyes naturales no es suficiente para producir la vida. La vida es una condición especial y muy improbable, que resulta solo si está presente la inmensa biblioteca de información necesaria. La vida no aparece automáticamente debido a alguna ley natural por la misma razón que la ley natural no puede hacer que aparezcan automáticamente las obras de Shakespeare. Esas obras existen debido a los esfuerzos creativos de una personalidad que las pensó y escribió esa información sobre papel. ¿Podemos razonablemente suponer que las formas de vida originales aparecieron de cualquier forma, en lugar de por medio de la obra de un Diseñador creativo que escribió la información necesaria en el ADN? Esta cuestión se encuentra en el centro mismo de la controversia entre el naturalismo y el diseño inteligente. Solo podremos entender la gravedad de la pregunta si logramos vislumbrar lo que ocurre en una célula viviente.

Las máquinas biomoleculares: la impresionante complejidad de la célula viva

En los días de Charles Darwin, se consideraba que la célula era un poquito de protoplasma que contenía un núcleo rodeado por una membrana. Algo así de simple podía evolucionar fácilmente. Pero la última mitad de siglo de investigación en biología molecular destruyó completamente ese concepto simplista de la célula viva. Cada célula en cada planta y animal funciona por el trabajo armonioso de miles de tipos de pequeñas máquinas proteicas biomoleculares, cada una con su propio trabajo asignado. Para darle un pequeño vistazo a ese mundo molecular, consideraremos solo dos tipos de máquinas biomoleculares.[14]

Podemos pensar de la primera como un burro, programado para llevar cargas a algún destino en la célula. Cuando un producto químico debe entregarse en alguna parte de la célula, una máquina molecular empaqueta la carga de sustancias químicas en un recipiente llamado vesícula. Debe poseer una etiqueta con la dirección donde debe entregarse, y un camino que lleva a esa dirección, y un burro para que la lleve. Los caminos se llaman microtúbulos: tubos largos y finos que conectan diferentes puntos de la célula. Una molécula compleja llamada kinesina (fig. 7.3) es una molécula larga de proteína con dos ramas en un extremo que parecen piernas. La kinesina requiere de energía para realizar su trabajo, y la energía se suministra a través de la molécula de ATP. Cuando el ATP está presente,

las piernas de la kinesina se unen alternativamente a un microtúbulo, luego se sueltan y se mueven hacia adelante. ¡La kinesina literalmente camina a lo largo del microtúbulo! El otro extremo de la kinesina está diseñado para reconocer el tipo de carga que debe llevar y se une a ella. La kinesina se une a la vesícula apropiada, luego de alguna manera reconoce el microtúbulo correcto que es el "camino" y la dirección a la que debe ir por ese camino, y camina a lo largo del camino hasta la dirección designada.

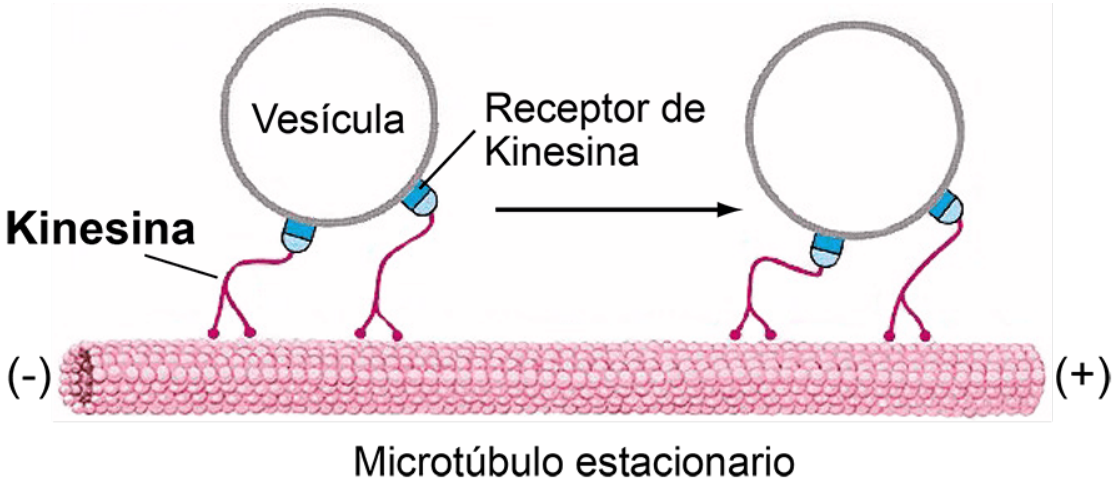


Figura 7.3. La proteína kinesina, que "camina" a lo largo del microtúbulo, llevando una vesícula llena de algún producto químico hacia su destino (basado en Lodish et al. 2000). Ilustración de Arthur Chadwick.

¿Dónde se originó esa molécula de ATP, con su paquete de energía? La respuesta la encontramos en nuestra segunda máquina molecular, llamada "ATP sintetasa", que está formada por varias proteínas complejas ubicadas en una membrana celular (fig. 7.4). Los protones fluyen a través de la parte A, y hacen que M rote, así como un motor eléctrico. Una leva de forma asimétrica está conectada a una parte rotatoria M. La parte B está adherida a la membrana y a la parte F, la fábrica que hace ATP. La parte derecha de la figura 7.4 es una sección transversal por la mitad de la parte F, y muestra que la secuencia de eventos a medida que la leva rota dentro de la parte F, cambiando la forma de las subunidades de la parte F. En la posición 1, se abre una ranura en la superficie de F, y el ADP y el fosfato inorgánico se adhieren a la ranura. Entonces la leva rota a la posición 2, la ranura cambia de forma por acción de la leva, y el ADP y el fosfato se unen más fuertemente en la ranura. Luego, en la posición 3, se forma el ATP, y a medida que rota nuevamente a la posición 1, se libera el ATP para ir a proveer energía para la kinesina u otras máquinas en la célula. Por supuesto, todo el proceso es más

complicado que esa simple descripción, pero aquí se dan una idea de lo que ocurre cuando la célula lleva a cabo sus increíblemente complejas y precisas operaciones químicas. Y esas dos máquinas biomoleculares son solo la punta del iceberg de las máquinas celulares. A medida que la investigación en biología molecular continúa, la complejidad de la célula se expande exponencialmente. Si esas máquinas no estuvieran presentes, la célula no estaría viva. La teoría de la abiogénesis tiene la obligación de convencernos de que todos esos miles de máquinas pudieron originarse sin un inventor inteligente.

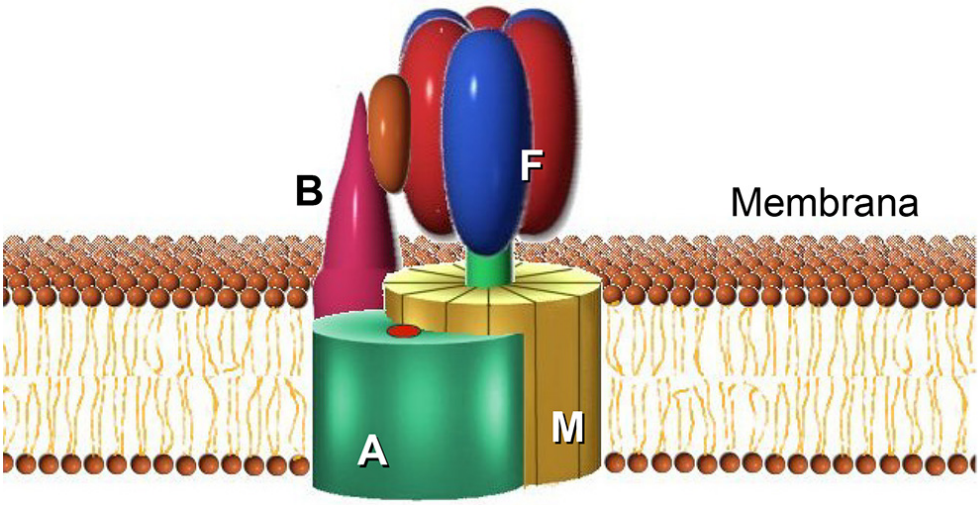


Figura 7.4 A. Un modelo de la estructura de la ATP sintetasa, la máquina biomolecular que fabrica ATP (Brand 2006a). Ilustración de Arthur Chadwick.

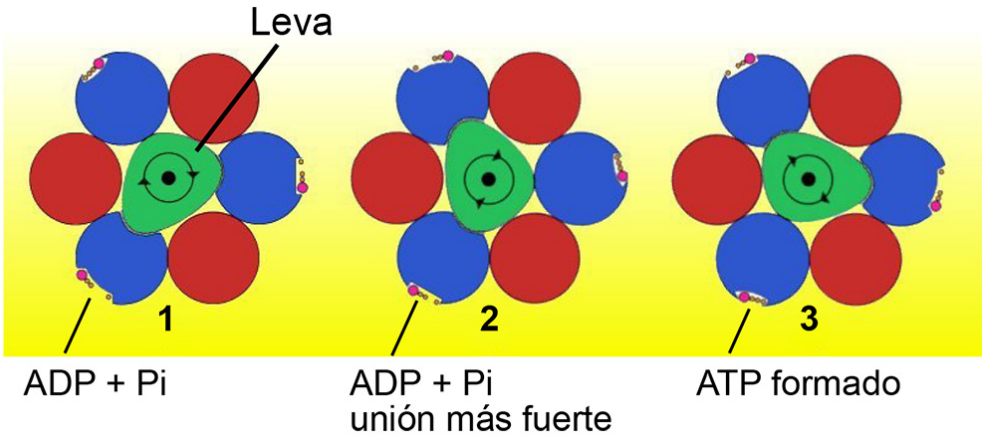


Figura 7.4 B. Secciones transversales a través de la ATP sintetasa, que muestran tres pasos en la síntesis de ATP (en base a Lodish et al. 2000). Ilustración de Arthur Chadwick.

Las teorías alternativas de la abiogénesis

Diversas teorías intentan brindar un mecanismo más probable para la abiogénesis. Mencionamos la hipótesis del "mundo de ARN" y la propuesta de que la arcilla estuvo involucrada. Otra idea es que las primeras células se formaron en minerales microscópicos tipo celdas de panal de abeja que contenían sulfuro de hierro.[15] También se ha propuesto que la vida evolucionó bajo muy altas temperaturas, en las fuentes hidrotermales, o en zonas profundas de la Tierra.[16] Algunos de esos mecanismos que se han propuesto podrían incrementar la tasa de las reacciones bioquímicas, pero no tienen ninguna posibilidad de brindar los medios para especificar la información biológica: la secuencia de subunidades en las proteínas o los ácidos nucleicos.

En algunos sistemas físicos que están muy lejos del equilibrio, el orden puede aparecer espontáneamente,[17] como el flujo de aire organizado de un tornado o la estructura intrincada en un copo de nieve. La implicación es que puede haber mecanismos inherentes de ordenamiento propio en la materia que facilitan el origen de la vida. Pero los ejemplos dados, como los copos de nieve o los tornados, operan a un nivel físico simple y no proveen ninguna pista sobre la manera en que el origen de cosas vivas puede darse por medio de un sistema automático de producir orden. Esos mecanismos físicos no tienen ninguna manera de separar las moléculas biológicamente útiles o favorecer la formación efectiva de macromoléculas y hacer que las proteínas y el ADN se formen con el contenido apropiado de información biológica.[18]

Para entender más plenamente cuán seria es la dificultad de que la vida se origine por sí misma, recomendamos una lectura reflexiva del libro *Signature in the Cell* [*Un autógrafo en la célula*] de Stephen Meyer.[19] Si usted tiene una respuesta para cada uno de los desafíos químicos que describimos aquí, a lo mejor usted podría armar una mejor teoría de la abiogénesis.

Las teorías sobre el origen de la vida y sus consideraciones filosóficas

Como la selección natural no podía operar antes de que los organismos que se reproducen estuviesen vivos, la abiogénesis naturalista no pude escapar del papel importante del azar en el origen de la vida. Cualquiera sea la versión de la teoría de la abiogénesis que un prefiera, en última instancia se debe recurrir a un argumento resumido por Richard Dawkins en *The Blind Watchmaker* [*El relojero ciego*]: "¿Cuál es el mayor evento particular de simple y pura coincidencia, pura y genuina

fortuna milagrosa, con el que se nos permita salir impunes en nuestras teorías y todavía poder decir que tenemos una explicación satisfactoria de la vida?"[20] ¿Existe alguna manera de sobrepasar el desalentador juicio de Dawkins? Dawkins no usa la palabra "milagrosa" de la misma manera en que la usa una persona religiosa. Simplemente cree que la cantidad de suerte que se necesita para el origen de la vida, aunque parezca milagroso, todavía es razonable. Está expresando su fe y nada más. ¿En qué parte de la ciencia se toleraría este tipo de pensamiento? En ningún lugar. Así que ¿por qué la ciencia lo acepta aquí? ¿En qué difiere la dependencia del intervencionismo en la acción divina para el comienzo de la vida? ¿Es uno menos científico que el otro?

Si usamos el principio de múltiples hipótesis de trabajo, existen por lo menos dos posibilidades:

1. La vida surgió en la Tierra o en algún otro lugar mediante algún tipo de abiogénesis, a lo mejor una versión de ella todavía desconocida.
2. La vida se inventó y produjo mediante la intervención inteligente.

La ciencia no podrá comprobar o refutar ninguna de las opciones. Nuestro abordaje más lógico y prometedor es usar el concepto de Stephen Meyer de la inferencia-a-la-mejor-explicación.[21] ¿Cuál de las dos hipótesis encaja mejor con la evidencia? Pero pensar como científicos y todavía considerar la segunda opción, nos lleva a cuestionar la aplicación del NM al estudio de los orígenes.

Es imposible entender plenamente cómo la ciencia se ocupa de cuestiones sobre los orígenes a menos que comprendamos el papel dominante que juega la suposición del naturalismo en el pensamiento científico actual.[22] Explicar el origen de la vida sin un diseñador es fundamental para las teorías naturalistas de los orígenes, y la abiogénesis es claramente uno de los eslabones más débiles. Pero si se admite que el origen de la vida requiere de la intervención informada, el naturalismo ha recibido su golpe mortal. En consecuencia, para que el naturalismo sobreviva, la teoría de la abiogénesis debe ser mantenida, no importa cuál sea la evidencia. Los datos le dicen "no" a la abiogénesis, pero las interpretaciones dentro del NM están forzadas a decir "sí, ocurrió mediante la abiogénesis".

Si se admitiera que las teorías naturalistas no pueden explicar el origen de la vida, y que la intervención informada puede ser necesaria en ese caso, entonces, las únicas preguntas que quedan son: ¿Cuál es la naturaleza y las limitaciones de la intervención? O: ¿cuáles son las limitaciones del proceso evolutivo? Estas preguntas son incompatibles con el mismo principio de un NM estricto tal como lo entiende la ciencia hoy. Si se acepta el naturalismo, entonces hay que creer en alguna forma de evolución bioquímica, *sin importar cuál sea la evidencia.* Eso

significa que uno debe creer en esa “pura y genuina fortuna milagrosa”. En otras áreas, donde la ciencia estudia los procesos en marcha que pueden observarse y poner a prueba experimentalmente, ese tipo de pensamiento nunca es aceptado.

En la cosmovisión naturalista, no se cree que la “fortuna milagrosa” sea realmente milagrosa si existiera suficiente tiempo para que ese evento improbable ocurriera. Para usar una ilustración cliché, si se les diera máquinas de escribir a millones de monos y se les permitiera escribir a máquina al azar por un suficientemente largo tiempo, existe una probabilidad de que justo escribieran obras de Shakespeare. Si determinamos el número de letras y espacios en todas esas obras podríamos calcular la probabilidad de obtener justo la secuencia correcta al azar. Eso podría parecer ser una comparación razonable a la posibilidad de que la abiogénesis ocurra al azar, pero existen otros factores que debemos incluir en nuestros cálculos.

Esos factores incluyen la probabilidad de que monos sin educación se acuerden de meter papel en las máquinas de escribir en el momento adecuado, que otros monos organicen las hojas mecanografiadas en el orden correcto, y que las obras se completen y compilen antes de que el viento se lleve la mayoría de las páginas, o que fueran destruidas por los elementos, o comidas por las cucarachas. Esos riesgos son análogos al amplio espectro de riesgos químicos y físicos que se pueden esperar en cualquier ambiente de una sopa primitiva, capaces de descomponer las moléculas complejas antes de que se puedan acumular y unir en las combinaciones adecuadas para formar aún la parte más simple de una célula viva.

En realidad, se pueden tener todos los monos que se quiera y se les puede dar tantos millones de años como se desee, pero a causa de esos riesgos, nunca producirán ni siquiera una página de una obra de Shakespeare. Y mantenemos que la abiogénesis nunca producirá un ser vivo porque existen demasiadas fuerzas que obran en contra de la prolija organización, al azar, de las miríadas de moléculas orgánicas necesarias para fabricar la vida. Las discusiones sobre los cálculos de probabilidad de la abiogénesis no tienen sentido si no toman en cuenta esos riesgos.

Encender el fuego

Si todos los componentes de una célula están en su lugar, la célula no está automáticamente viva.[23] Una célula viviente funciona debido a un juego de reacciones químicas que operan continuamente. Una célula que recién ha muerto es igual a una célula viva excepto que todas esas reacciones han cesado (alcanzan el equilibrio). ¿Cómo se puede hacer para que la célula vuelva a la vida? De alguna

manera todos los cientos de procesos bioquímicos deberían reiniciarse. Lo mismo sería verdad de la primera célula viva: incluso si las moléculas necesarias estuvieran en su lugar, de alguna manera todas las reacciones necesarias deberían encenderse. En el motor de un automóvil, el arranque opera esa función. ¿Qué cumpliría esa función en una célula que evoluciona si no hubiese un creador que "sople en un organismo el aliento de vida"?

La segunda ley de termodinámica ¿hace que sea imposible la evolución?

La segunda ley de la termodinámica declara que la energía se mueve naturalmente de un estado más organizado (menor entropía) a uno menos organizado (alta entropía). Un argumento común del creacionismo es que la segunda ley no solo hace que la abiogénesis sea imposible, sino que además sea imposible la evolución de mayor complejidad. Eso puede parecer un argumento atractivo, pero no es adecuado a menos que se incluyan otros factores.

Un contraargumento que se usa a favor del aumento natural de la complejidad emplea cálculos matemáticos para señalar que con el aporte de energía, la entropía puede disminuir en un dominio si la entropía aumenta en algún otro lado cosa de mantener el balance general. Pero consideremos el ejemplo de los dormitorios de dos adolescentes. Si una pieza se torna más desordenada (alta entropía), pero las puertas y las ventanas están abiertas para que pueda entrar más energía del sol, ¿influirá eso en la otra habitación para que se vuelva más ordenada? En realidad, no habrá un aumento en el orden a menos que hubiera una "máquina" —un mecanismo— para que aumente el orden, a lo mejor un adolescente ordenado.

De la misma manera, un sistema vivo solo podría escapar de lo que implica la segunda ley y evolucionar al aumentar la complejidad, si hubiese algún tipo de mecanismo para convertir la energía en alguna forma provechosa. Lo siguiente debería estar disponible:

1. Un sistema abierto (el aporte de energía al sistema: en la Tierra el aporte de energía proviene del sol).
2. Una cantidad adecuada de energía (hay suficiente energía).
3. Un sistema de conversión de energía (un mecanismo) que permita la utilización dirigida de esa energía (la fotosíntesis, las mitocondrias, y otros componentes celulares en los seres vivos).
4. Un sistema para controlar la conversión de energía y su utilización.

Aunque nuestra Tierra es un sistema abierto, que recibe energía del sol, se necesitan sistemas complejos de conversión de energía biológica y sistemas de control (puntos 3 y 4) antes de que la energía solar pueda ser usada en la abiogénesis y la evolución. No parece ser que esos sistemas hayan estado disponibles en la Tierra antes de que hubiera vida. Esa es, entonces, una de las razones más significativas por la que el origen de la vida es un problema para las teorías naturalista, junto con el problema del origen de la información y de las máquinas biomoleculares.

¿Cómo debería ocuparse la ciencia del origen de la vida?

Cuando no existe una evidencia concreta para los eventos que ocurrieron tan lejos en el pasado, la ciencia tiene serias desventajas, pero una persona todavía puede elegir asumir que la vida se originó por procesos naturalistas y luego usar el método científico intencionalmente para determinar el proceso más probable a través del cual puede haber ocurrido el evento. Hasta ahora, el esfuerzo ha fracasado, pero ¿valdría la pena otro intento? Si la persona es honesta sobre la elección filosófica realizada, defenderemos su derecho de seguir con ese enfoque, aunque estemos convencidos de que ese esfuerzo no tendrá éxito.

Muchos individuos van más allá y niegan la validez intelectual y científica de cualquier otro planteamiento que no sea el naturalismo. Pero cuando la abiogénesis se reduce simplemente a "fortuna milagrosa", ¿qué diferencia fundamental hay entre elegir creer en el origen de la vida por medios naturalistas no obstante la falta de evidencias que lo respalde, y elegir la creencia en la intervención informada? Ambas teorías se basan en la fe y en una filosofía particular. Los adherentes de ambos enfoques tienen sus razones para elegir su filosofía, pero ninguna de las filosofías puede ser verificada o refutada por la ciencia. ¿Podemos ser suficientemente honestos como para decir que "el método científico no ofrece una respuesta a esa pregunta? A lo mejor el público tomaría más en serio a la ciencia si la comunidad científica no fuera tan dogmática sobre tal pregunta como el origen de la vida, que de hecho es simplemente una elección filosófica.

Nosotros examinamos siete libros de texto evolutivos y un libro con lecturas sobre la evolución para ver cómo trataban con el origen de la vida. De los ocho libros, tres no tenían ningún material sobre el origen de la vida. Los otros cinco,[24] hasta cierto punto, discutían las dificultades en la investigación sobre el origen de la vida. Todos presentaban a la teoría naturalista del origen de la vida como un hecho en la historia, sin mencionar los serios problemas discutidos más arriba.

Resumen 7-2

El origen de la vida

Datos

La asombrosa complejidad de una célula viva. Las observaciones indican que incluso la célula más simple es increíblemente compleja. Hasta ahora, los esfuerzos en crear vida usando los procesos inteligentes más sofisticados no han tenido éxito. Solo podemos copiar/modificar las formas vivas existentes.

Interpretación

***Abiogénesis*: Se asume el naturalismo y se concluye que es un misterio cómo se produjo la abiogénesis, pero tuvo que haberse producido. No existe otra posibilidad.**

***Intervencionismo*: La inferencia a la mejor interpretación concluye que la vida fue creada. No se necesita de ninguna suposición si se toman en serio los hechos de la bioquímica.**

Una cita de Barton y sus colegas[25] ilustra el planteamiento típico que se toma en esos libros: "En el mundo de ARN, el ARN era el genotipo y el fenotipo. Ese fue un paso crítico en el origen de la vida. Sin embargo, una vez que el sistema de traducción evolucionó, rápidamente las proteínas se hicieron cargo de la mayoría de las funciones catalíticas". Eso se presenta como un hecho, como si ese fuera un proceso simple. Ignora todos los problemas sobre el origen de la vida, es una teoría muy especulativa, y no provee evidencias de que eso realmente ocurrió.

Pronosticamos que en el futuro cualquier teoría de la abiogénesis se verá como un área ingenua en el pensamiento científico del siglo XXI. Eso no es invocar una repetición del fenómeno del dios-de-las-brechas; al contrario. Cada nuevo descubrimiento en biología molecular hace que el desafío a la teoría de la abiogénesis sea más serio. Hace doscientos años, se invocaba la acción de Dios para explicar cosas que no se podían entender. A medida que se acumuló más

información, se hizo claro que muchos problemas se podían resolver mediante la acción de las leyes naturales. Pero los avances actuales en la bioquímica no están reduciendo los problemas para la abiogénesis. Cuánto más información se acumula sobre la naturaleza de la vida, cuánto más nos indica que la ley natural por sí sola no tiene la respuesta para el origen de la vida.

Unos pocos científicos concluyeron que la evolución bioquímica es improbable que haya ocurrido en esta Tierra y que tuvo que ocurrir en otro lugar, luego se tuvo que traer hasta aquí, y entonces procedió a evolucionar para formar las distintas formas de vida.[26] ¿Es esa una opción científica satisfactoria? Esa hipótesis que no se puede verificar parece ser una manera de enfrentarse a la improbabilidad de la abiogénesis en nuestro planeta, aunque todavía trabajando con las reglas del NM. Simplemente trasladaron el problema a un planeta diferente.

¿Estamos dispuestos a considerar otra opción (la posibilidad de que exista un Ser en el universo con el conocimiento y la habilidad de armar las primeras cosas vivas) y a admitir, si fuera necesario, que algunas preguntas por lo pronto, no se pueden contestar (y a lo mejor nunca se puedan contestar) dentro de la cosmovisión naturalista?

No tenemos acceso a la evidencia física de cómo comenzó la vida. Por contraste, cuando discutimos la microevolución, la especiación, y el registro fósil, la evidencia es abundante, aunque no siempre puede ser conclusiva. Una vez que existen las células y se reproducen, ¿será que eso provee el mecanismo para que las mutaciones al azar y la selección natural causen la evolución de todas las formas vivas? Volveremos a esa pregunta en el capítulo 10, luego de considerar cómo las formas vivientes cambian y se adaptan a su medioambiente.

---

[1] S.L. Miller, "A production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions" ["La producción de aminoácidos bajo las posibles condiciones de la tierra primitiva"], *Science* 117 (1953): 528-29; S.L. Miller y H.C. Urey, "Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth" ["La síntesis de compuestos orgánicos en la Tierra primitiva"], *Science* 130 (1959): 245-51.

[2] S. Yuasa, D. Flory, B. Basile y J. Oró, "Abiotic Synthesis of Purines and Other Heterocyclic Compounds by the Action of Electrical Discharges" ["Síntesis abiótica de purinas y otros compuestos heterocíclicos por medio de la acción de descargas eléctricas"], *Journal of Molecular Evolution* 21 (1984): 76-80.

[3] J.C.G. Walker, "Implications for Atmospheric Evolution of the Inhomogeneous Accretion Model of the Origin of the Earth" ["Implicaciones para la evolución atmosférica del modelo de acreción inhomogénea del origen de la Tierra"], en *The Early History of the Earth: Based on the Proceedings of a NATO Advanced Study Institute Held at the University of Leicester, 5-11 April 1975,* ed. B.F. Windley (New York: John Wiley and Sons, 1976), 537-46.

[4] P.H. Abelson, "Chemical Events on the Primitive Earth" ["Eventos químicos sobre la Tierra primitiva"], *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 55, no. 6 (1966): 1365-72.

[5] J. Schopf, "Precambrian Paleobiology" ["Paleobiología del Precámbrico"], en *Exobiology,* ed. C. Ponnamperuma (Amsterdam: North-Holland, 1972), 16-61.

[6] J.C.G. Walker, *Evolution of the Atmosphere* [Evolución de la atmósfera] (New York: Macmillan, 1977).

[7] H.J. Cleaves et al, "A Reassessment of Prebiotic Organic Synthesis in Neutral Planetary Atmospheres" ["Una reevaluación de la síntesis orgánica prebiótica en atmósferas planetarias neutrales"], *Origin of Life and Evolution of the Biosphere* 38 (2007): 105-15, doi:10.1007/s11084-007-9120-3.

[8] D.E. Hull, "Thermodynamics and Kinetics of Spontaneous Generation" ["La termodinámica y quinética de la generación espontánea"], *Nature* 186 (1960): 693-94; R. Shapiro, "Doubt and Uncertainty; Bubbles, Ripples and Mud" ["La duda y la incertidumbre; burbujas, ondas y barro"], en *Origins: A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth,* ed. R. Shapiro (New York: Summit Books, 1986): 190-224; L. Sillen, "Oxidation State of Earth's Ocean and Atmosphere" ["El estado oxidativo del océano y la atmósfera de la Tierra"], *Arkiv for Kemi* 24 (1965):431-56.

[9] H.R. Hulett, "Limitations on Prebiological Synthesis" ["Las limitaciones sobre síntesis prebiológicas"], *Journal of Theoretical Biology* 24 (1969): 56-72.

[10] Shapiro, "Doubt and Uncertainty"; Hulett, "Limitations on Prebiological Synthesis"; A.G. Cairns-Smith, *Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life* [*La adquisición genética y los orígenes minerales de la vida*] (Cambridge: Cambridge University Press, 1982); W. Day, *Genesis on Planet Earth: The Search for Life's Beginning* [*Génesis en el planeta Tierra: la búsqueda de los orígenes de la vida*] (New Haven, CT: Yale University Press, 1984); M. Delbrück et al., *Mind from Matter?: An Essay on Evolutionary Epistemology* [*¿La mente a partir de la materia?: un ensayo sobre la epistemología evolutiva*] (Palo Alto, CA: Blackwell Scientific, 1986); H.D. Pflug, "Early Geological Record and the Origin of Life" ["El registro geológico temprano y el origen de la vida"], *Naturwissenschaften* 71 (1984): 63-68; C.R. Woese, "A Proposal Concerning the Origin of Life on the Planet Earth" ["Una propuesta concerniente al origen de la vida sobre el planeta Tierra"], *Journal of Molecular Evolution* 13 (1979): 95-101.

[11] Cairns-Smith, *Genetic Takeover;* G.F. Joyce y L.E. Orgel, "Prospects for Understanding the Origin of the RNA World" ["Posibilidades de entender el origen del mundo de ARN"], en *The RNA World,* ed. R.F. Geseland y J.F. Atkins (Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1993), 1-25; R. Shapiro, "Prebiotic Ribose Synthesis: A Critical Analysis" ["La síntesis prebiótica de ribosa: Un análisis crítico"], *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 18 (1988): 71-85.

[12] J. Brooks y G. Shaw, *Origin and Development of Living Systems* [*El origen y desarrollo de los sistemas vivientes*] (London: Academic Press, 1973), 212.

[13] C.B. Thaxton, W.L. Bradley y R.L. Olsen, *The Mystery of Life's Origin: Reassessing Current Theories* [*El misterio del origen de la vida: Reevaluando las teorías actuales*] (New York: Philosophical Library, 1984).

[14] Vea H. Lodish et al., *Molecular Cell Biology,* 4ta ed. (New York: Freeman, 2000), 643-46, 812-15. [Existe versión en español: *Biología celular y molecular*, 5a.ed. Ed. Médica Panamericana, 2008).

[15] J. Whitfield, "New Theory for Origins of Life" ["Nueva teoría para el origen de la vida"], *Nature Science Update* (2002), www.nature.com/nsu/021202/021202-3.html

[16] T. Gold, *The Deep Hot Biosphere* [*La biósfera profunda y caliente*] (New York: Copernicus, 1999).

[17] S.A. Kauffman, *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution* [*Los orígenes del orden: La autoorganización y la selección en la evolución*] (New York: Oxford University Press, 1993); G. Nicolis e I. Prigogine, *Self-organization in Non-equilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order Through Fluctuations* [*Autoorganización en sistemas fuera de equilibrio: Desde estructuras disipativas al orden a través de fluctuaciones*] (New York: John Wiley and Sons, 1977); N. Shanks e I. Karsai, "Self-organization and the Origin of Complexity" ["La autoorganización y el origen de la complejidad"], en *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism,* ed. T. Edis y M. Young (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004) 85-106.

[18] Véase también M.J. Behe, "Self-organization and Irreducibly Complex Systems: A Reply to Shanks and Joplin" [La autoorganización y los sistemas de complejidad irreductible: una respuesta a Shanks y Joplin"], *Philosophy of Science* 67 (2000): 155-62, doi:10.2307/188618

[19] S.C. Meyer, *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* [*Un autógrafo en la célula: El ADN y la evidencia de diseño inteligente*] (New York: HarperOne, 2009).

[20] R. Dawkins, *The Blind Watchmaker* (New York: Norton, 1986), 141. [Existe versión en español: *El relojero ciego*, Tusquets Editores, S.A., 2015].

[21] Meyer, *Signature in the Cell.*

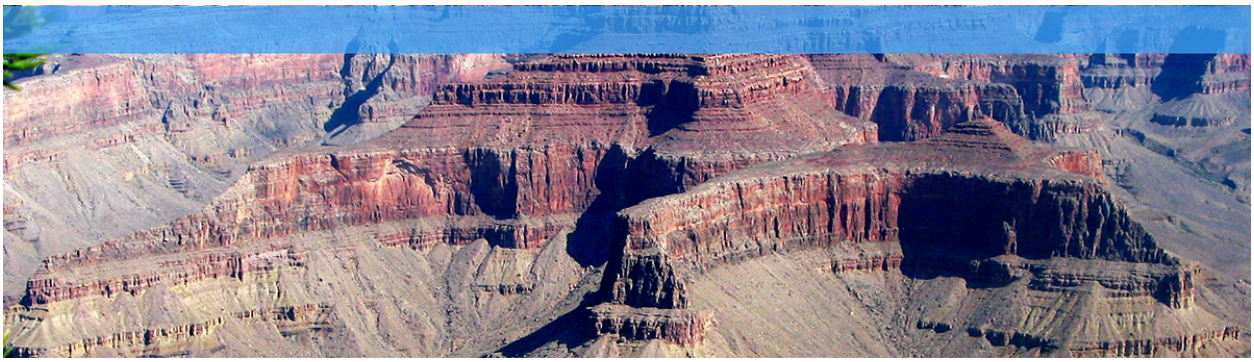
[22] D.C. Dennett y A. Plantinga, *Science and Religion: Are they Compatible?* [*La ciencia y la religión: ¿son compatibles?*] (Oxford, UK: Oxford University Press, 2011).

[23] G.T. Javor, *Evidences for Creation* [*Evidencias de la creación*] (Hagerstown, MD: Review and Herald, 2005), cap. 15.

[24] N.H. Barton et al., *Evolution* [*La evolución*] (Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2007); C.T. Bergstrom y L.A. Dugatkin, *Evolution* [*La evolución*] (New York: Norton, 2012); D.J. Futuyma, *Evolution* [*La evolución*] (Sunderland, MA: Sinauer, 2013); J.C. Herron y S. Freeman, *Evolutionary Analysis* [*Análisis evolutivo*] 5a. ed. (Boston: Pearson Education, 2014); E. Serrelli y N. Gontier, *Macroevolution: Explanation, Interpretation and Evidence* [*La macroevolución: Explicación, interpretación y la evidencia*] (New York: Springer, 2015).

[25] Barton et al., *Evolution,* 106.

[26] F. Crick, *Life Itself: Its Origin and Nature* [*La vida misma: su origen y naturaleza*] (New York: Simon & Schuster, 1981); F.H. Crick y L.E. Orgel, "Directed Panspermia" ["Panspermia dirigida"], *Icarus* 19 (1973): 341-46.



Capítulo 8

La microevolución y la especiación

Reseña

Desde los días de Charles Darwin, hemos aprendido mucho sobre la naturaleza de la vida y la biología molecular. La teoría de Darwin fue actualizada con la Síntesis del Neodarwinismo de la década de 1930 y 1940, y esa síntesis se está revisando seriamente con los nuevos conocimientos de la genética molecular. Este capítulo comienza con una descripción de los procesos de la microevolución y la especiación tal como se entienden hoy. Luego sigue un punto de vista intervencionista, que comienza con la creación de los tipos principales de formas vivas, y que reconoce la microevolución y la especiación que ocurre dentro de cada grupo creado. Eso resultó en adaptaciones en los animales y en las plantas frente a los ambientes cambiantes durante los siguientes milenios. Ese proceso que comienza con la creación, y continúa con los cambios biológicos, sugiere algunas alteraciones a la teoría evolutiva convencional. Se describen esas alteraciones, y se concluye que esa teoría intervencionista, junto con los nuevos descubrimientos de la epigenética (procesos genéticos por fuera del ADN que manejan el ADN), provee una mejor correspondencia con los datos biológicos disponibles que con la teoría evolutiva convencional.

El progreso de la teoría de Darwin

La creencia de la Edad Media de que los animales y las plantas no cambian (el fijismo de las especies) fue remplazado por la teoría de la evolución de Darwin,

publicada por primera vez en 1859. La teoría de Darwin se desarrolló mucho antes del comienzo de disciplinas como la genética y la biología celular y molecular. Se desconocía la verdadera naturaleza de la vida. La acumulación de nueva información desde los días de Darwin resultó en la Síntesis del Neodarwinismo (o la síntesis moderna) desarrollada en la década de 1930 y 1940, que combinaba la genética, la biología de las poblaciones y la paleontología, y terminó formando lo que en esos días era una teoría exhaustiva de la evolución.[1] Esa nueva síntesis se basaba mayormente sobre una teórica y matemática genética de las poblaciones, sin demasiados datos del mundo real.

Desde esa época, la disciplina de la biología molecular (incluida) la genética molecular ha florecido y causado cambios dramáticos en nuestra comprensión del sistema genético y la naturaleza de la célula viva. Cerca del año 2000, escuché (Brand) a un prominente científico evolucionista en una reunión anual de paleontología de los vertebrados que hizo una presentación sobre el proceso evolutivo. Hizo el comentario de que “la Síntesis Neodarwiniana tiene que ser rehecha, y esta vez no lo vamos a echar a perder”. En ese tiempo, me preguntaba qué quiso decir, pero desde entonces, los avances en la genética molecular han sido realmente dramáticos. Antes que nada, describiremos la teoría del cambio microevolutivo tal como se entiende en la Síntesis Neodarwiniana y luego agregaremos algunas modificaciones a la teoría basados en la biología molecular moderna y en la teoría intervencionista.

Para ser justos con los autores de los trabajos que mencionamos aquí y en los siguientes cuatro capítulos, debería enfatizarse que la mayoría de ellos no apoyaría la premisa básica de estos capítulos. Se citan solamente debido a sus ideas o datos específicos, y creemos que la reinterpretación que se presenta en este libro es consistente y justa con los datos citados.

Esta presentación es simplemente un informe de progreso y no afirma responder a todas las preguntas. Sin duda que la teoría cambiará a medida que se recojan más datos. Será fascinante ver como la acumulación de datos afectará nuestras teorías en los próximos años.

Categorías de evolución

La teoría de la evolución puede dividirse convenientemente en microevolución, especiación y macroevolución (fig. 8.1). La microevolución se refiere a cambios relativamente pequeños dentro de una especie de organismos (especie: un grupo de poblaciones de organismos que se entrecruzan entre ellos pero no con otras poblaciones).[2] La especiación es el desarrollo de una nueva especie. La macroevolución comúnmente es definida como la evolución por sobre el nivel de

especie.[3] Sin embargo, el término no siempre es definido de esa manera.[4] Algunos lo usan para referirse a cambios fenotípicos mayores que resultan en el origen de taxones superiores. En este libro, siempre usaremos el término macroevolución en este segundo sentido, para referirnos a la evolución de los grupos principales de organismos incluyendo nuevas familias y cualquier categoría taxonómica por sobre la familia.

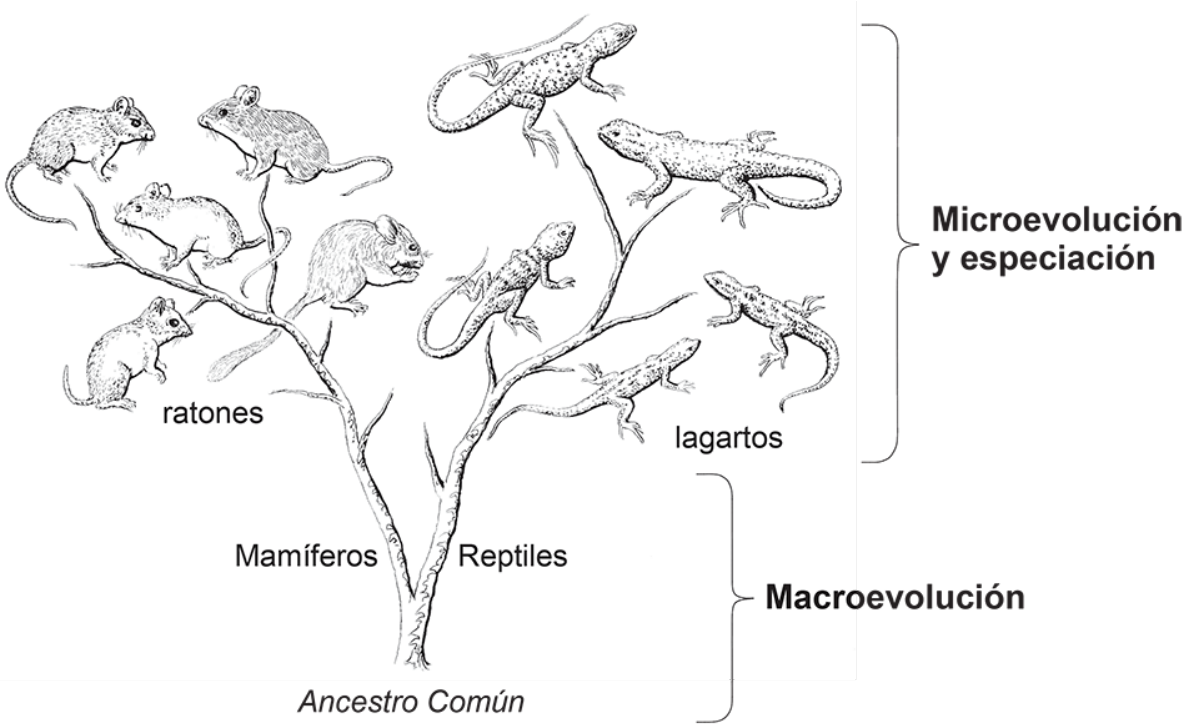


Figura 8.1. La especiación dentro de las lagartijas y dentro de los ratones comparada con la macroevolución/evolución de los grupos principales a partir de un antepasado común. Cada símbolo animal representa una especie. Los cambios microevolutivos se producen dentro de cada especie. Ilustración de Robert Knabenbauer.

Si varias especies de ratones evolucionan a partir de una especie ancestral, los cambios son generalmente en el color, el tamaño, y las proporciones de los apéndices en relación con tamaño del cuerpo, la conducta, la preferencia de hábitat y otras diferencias moleculares menores. Todos esos ratones son homeotermos (sangre caliente), tienen pelo y glándulas mamarias, y dan a luz a sus hijos. Para que ellos evolucionen de otra especie de ratón no se requerirían nuevas estructuras y probablemente nuevos genes tampoco. Eso es la microevolución y la especiación.

Sin embargo, si los ratones y otros mamíferos hubieran evolucionado a partir de un ancestro reptil, se requeriría la evolución de importantes características anatómicas y fisiológicas que no existían en el ancestro, y nuevos complejos de genes para codificar la estructura y el desarrollo embriológico de esas nuevas características. Ejemplos de esto son las estructuras y el mecanismo de control endócrino para el desarrollo y nacimiento de las crías; las glándulas mamarias con leche para nutrirlos; un cerebro más grande y complejo; el mecanismo para mantener el metabolismo más elevado y la condición de sangre caliente; y el enorme complejo de genes regulatorios para controlar todo ello. Esa magnitud de cambio es la macroevolución (fig. 8.1).

La microevolución

Tanto los evolucionistas como los intervencionistas reconocen que se producen cambios microevolutivos. Muchos de los procesos involucrados en la microevolución pueden ser observados o verse respaldados por evidencia circunstancial, pero abundante. Esos procesos, presentes en todas las formas vivas, son los siguientes:

Se produce un exceso de individuos. La mayoría de los animales producen muchos más huevos o crías de lo que sería necesario para mantener constante el tamaño de la población. La hembra de los ratones de campo de algunas especies produce un promedio de cuatro camadas por año, con cuatro crías por camada. Si todas las crías vivieran para reproducirse una vez, después de veinte años, la pareja original tendría una descendencia de 2,59 x 1018 ratones, suficiente para hacer una pila del ancho de los Estados Unidos continentales de una altura de 27.810 kilómetros. Si miramos por la ventana veremos que no hay tantos ratones por allí. El tamaño de las poblaciones, en promedio, son estables, lo que significa que la mayoría de los descendientes no vive mucho tiempo o no se reproduce con éxito.

Los individuos no son todos iguales. Aun cuando la pila de ratones de 27.810 kilómetros incluya solo una especie, algo de variación será evidente en las características de cada ratón, como por ejemplo diferencias en tamaño, color, comportamiento, potencial reproductivo, fisiología y estado de alerta. Surgen nuevas variaciones a través de las mutaciones aleatorias y las recombinaciones; las mutaciones son cambios en el ADN causados por varios tipos de radiación, por algunos productos químicos, o por factores dentro de la célula. Si la mutación es en un huevo o el esperma y no resulta letal, podrá ser transmitida a la descendencia y, a lo mejor, esparcirse en toda una población de animales. La figura 8.2 ilustra

algunas de las numerosas mutaciones que se han producido en el laboratorio en las moscas de la fruta. Esas mutaciones y otras son abrumadoramente perjudiciales y raramente, si es que alguna vez, resultan en mejoras en los organismos.

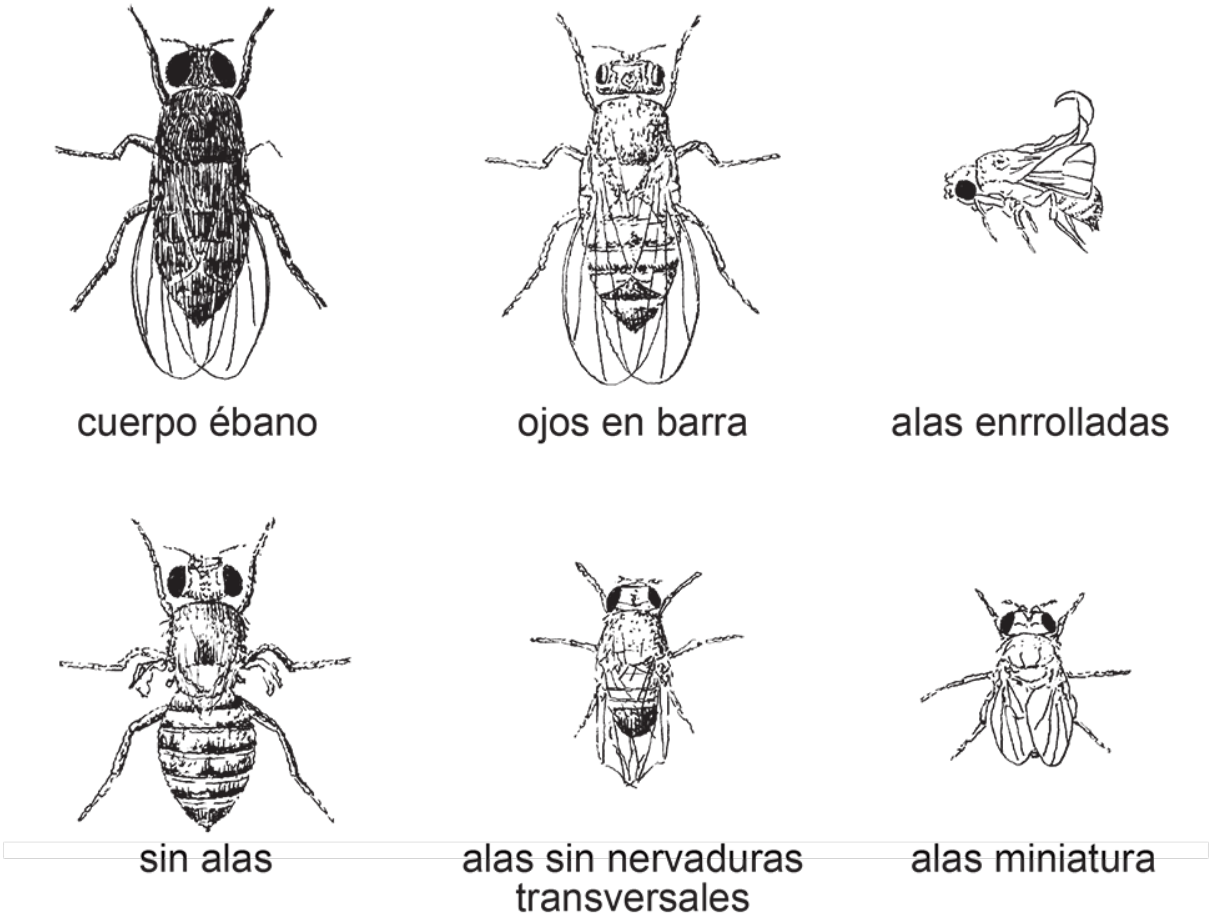


Figura 8.2. Unas pocas de las numerosas mutaciones en la mosca de la fruta (género *Drosophila*) que se han producido en el laboratorio (según Villee 1977). Ilustración de Robert Knabenbauer.

El proceso de la recombinación, la reorganización de los rasgos genéticos durante la reproducción sexual, incrementa el número de diferentes combinaciones de las características en una población de animales. La recombinación es análoga a barajar un mazo de cartas. Si un ratón hembra con una cola corta, orejas cortas y color claro se reproduce con un macho de cola larga, orejas largas y color oscuro, los descendientes podrán tener todas las combinaciones de esos caracteres. Las variaciones que observamos en los animales domésticos ilustran la cantidad de variabilidad genética que puede ocurrir por medio de esos procesos (fig. 8.3).

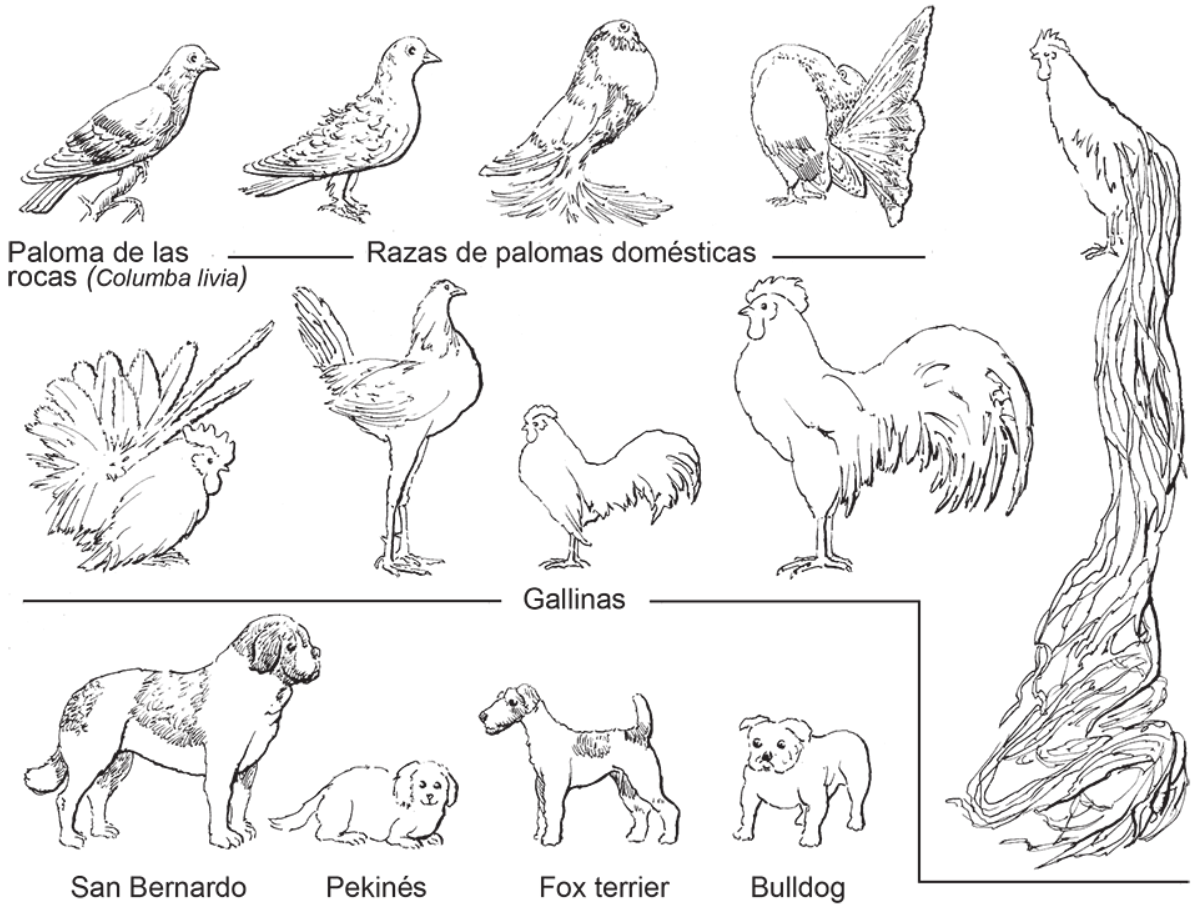


Figura 8.3. Algunas de las muchas variedades de animales domésticos. La paloma de las rocas es una especie silvestre. Todas las otras variedades de palomas, gallinas, y perros que se ilustran aquí han sido producidas mediante la cría selectiva (según Clark 1979; Moore 1964). Ilustración de Robert Knabenbauer.

La selección natural. La mutación y la recombinación son procesos aleatorios. Se producen estrictamente al azar; no pueden ver lo que el animal necesita en el futuro. Sin embargo, otro factor ha sido importante en el desarrollo de las razas de animales domésticos. Un criador de animales que nota un individuo con una combinación de características altamente deseables hace de ese animal deseado una parte importante de su stock reproductivo para asegurar sus características se pasen a tantas crías como sea posible.

Ese proceso ha resultado en caballos más veloces, perros Collie con hocicos más largos, vacas que producen más leche y una raza de gallinas de exhibición con plumas de 3,5 metros de largo en la cola. Las patas cortas de los perros salchicha, los hocicos chatos de los bulldogs, e pelo enrulado de los caniches y el vuelo en

picada de algunas palomas de exhibición (en realidad un trastorno nervioso) son ejemplos de las mutaciones. Esas mutaciones no son adaptaciones evolutivas constructivas, porque tales animales probablemente no sobrevivan en el medio natural, pero se han preservado artificialmente por medio de la reproducción selectiva y la protección humana.

Darwin y otros se preguntaban si existían procesos naturales que resultaran en la reproducción selectiva. En efecto, encontramos que algunos individuos tienen una mayor probabilidad natural de sobrevivir y producir descendencia. Ese proceso, llamado selección natural, fue definido como "la diferenciación reproductiva de individuos genéticamente diversos".[5] Los individuos con características adaptadas a su medio ambiente tienen la mejor posibilidad de sobrevivir y reproducirse con éxito.

A los lobos de los valles de Alaska les gusta comer caribúes, pero los lobos solo pueden capturar a los que están enfermos, son lentos o no muy alertas. Hasta un caribú muy joven con una salud y vigor normales puede correr más rápido que un lobo. Los esquimales tienen un dicho: "El lobo mantiene fuerte al caribú". Eso es la selección natural en acción. La habilidad de los lobos de atrapar solo a los caribúes más débiles elimina a esos individuos de la población reproductiva.

La selección natural generalmente opera en una forma no tan dramática como la carrera entre un caribú y un lobo. Los resultados de la selección natural se describen en los estudios evolutivos como cambios en la frecuencia génica. Los genes aparecen en diferentes formas llamadas alelos. Por ejemplo, en un gen que afecta el color del ojo, algunos individuos tienen el alelo para ojos azules, algunos tienen el alelo para ojos marrones, y otros tienen ambos (en ese caso, dado que el marrón es dominante, sus ojos son marrones). Cada individuo de una especie tiene una combinación diferente de los genes alelos en sus cromosomas que determinan sus características. Si cualquier factor (presión selectiva) hace que individuos con una característica particular sobrevivan y se reproduzcan con éxito, el alelo con esa característica se vuelve más común en la población. Los topos del sudoeste de los Estados Unidos viven en una amplia variedad de hábitats. En zonas desérticas con una arena de coloración muy clara, su pelo es del color de la arena. En lugares de mayor vegetación con tierra más oscura, su pelo es más oscuro y coincide con la tonalidad del suelo. Un topo con el pelo de color equivocado sería muy conspicuo, por lo que podría ser visto con más facilidad por un depredador. Eso es la selección natural. Es un proceso claro que realmente se lleva a cabo.

Ahora estamos listos para reunir los componentes más importantes del proceso de la microevolución. En una especie dada de un animal o una planta, se produce un número excesivo de descendientes y muchos de ellos, de hecho, la mayoría, muere antes de reproducirse. Ya que además en esas crías existe una variabilidad de características, algunas tienen combinaciones de caracteres que les

dan una mejor probabilidad de sobrevivir los procesos de selección natural que otras. Por lo tanto, esos sobrevivientes producen más descendientes y hacen la mayor contribución a la constitución genética de la siguiente generación.

Existen otros factores que afectan el proceso de la microevolución, tal como los cambios aleatorios en la frecuencia génica llamada deriva genética. Además, si un pequeño número de individuos de tamaño más grande que el promedio se aísla y funda una nueva población, esa población puede llegar a ser más grande que la de sus parientes (el efecto fundador). No todos los científicos evolutivos están de acuerdo en que la deriva genética of el efecto fundador tengan un rol significativo en la microevolución y la especiación.[6]

Un número creciente de científicos duda que el proceso de la microevolución extrapolado a lo largo del tiempo sea adecuado para producir más cambios significativos. Sugieren que la evolución a mayor escala necesita involucrar a un mecanismo diferente al de la microevolución y que se produzca rápidamente.[7] Evidencias abundantes demuestran que el proceso de la selección natural sí se lleva a cabo.[8] Para la mayoría de los científicos, no existe ninguna duda de que se llevó a cabo la microevolución y la macroevolución. La única pregunta es, por medio de qué proceso o mecanismo ocurrió. Existen suficientes preguntas y animadas discusiones sobre esa cuestión. Ahora pondremos nuestra atención sobre la relación entre la microevolución y el desarrollo de nuevas especies.

La especiación

La teoría de la evolución propone que la evolución no solo hace que el pelo de los topos sea más parecido al color del suelo en su hábitat, sino que también bajo las circunstancias apropiadas produce nuevas especies. Las muchas diversas razas de perros domésticos se entrecruzan libremente. Por definición, eso hace que todos los perros domésticos sean una sola especie. Por otro lado, hay muchas especies similares de animales silvestres que viven lado a lado sin ninguna evidencia de aparición de híbridos. Las diferencias entre esas especies silvestres pueden ser muy pequeñas, pero son consistentes, e incluyen caracteres que previenen que se reproduzcan entre sí. A menudo, el desarrollo de una nueva especie parece comenzar con el aislamiento geográfico, luego la adaptación a nuevos ambientes, con cambios que llevan a un aislamiento reproductivo.

El aislamiento geográfico, ¿cuán importante es? Existen diferencias de opinión acerca de los detalles del proceso de especiación.[9] Pero, de acuerdo con un

concepto mejor entendido sobre la especiación, antes de que ocurra una separación, dos poblaciones de animales deben separarse geográficamente. Por ejemplo, si las ardillitas listadas viven en dos cadenas montañosas y también en los bosques entre las dos cadenas, se mantienen como una especie. Incluso aunque las ardillitas listadas en una cadena montañosa se vean un poco diferente de aquellas en la otra cadena, el entrecruzamiento de la especie puede causar suficiente mezcla y se pueden repartir los genes a través del flujo genético, lo que hace que no se separen en dos especies diferentes (fig. 8.4). Sin embargo, si un cambio en el clima produce una zona desértica entre las montañas y las ardillitas listadas no entran al desierto, quedan geográficamente aisladas. Los dos grupos no tienen oportunidad de entrecruzarse, y por lo tanto no hay un flujo genético entre ellas. Sin embargo, en algunas situaciones, la especiación ocurre sin el aislamiento geográfico. Por ejemplo, en algunos grandes lagos, los peces cíclidos se dividen en muchísimas especies sin el aislamiento geográfico.[10]

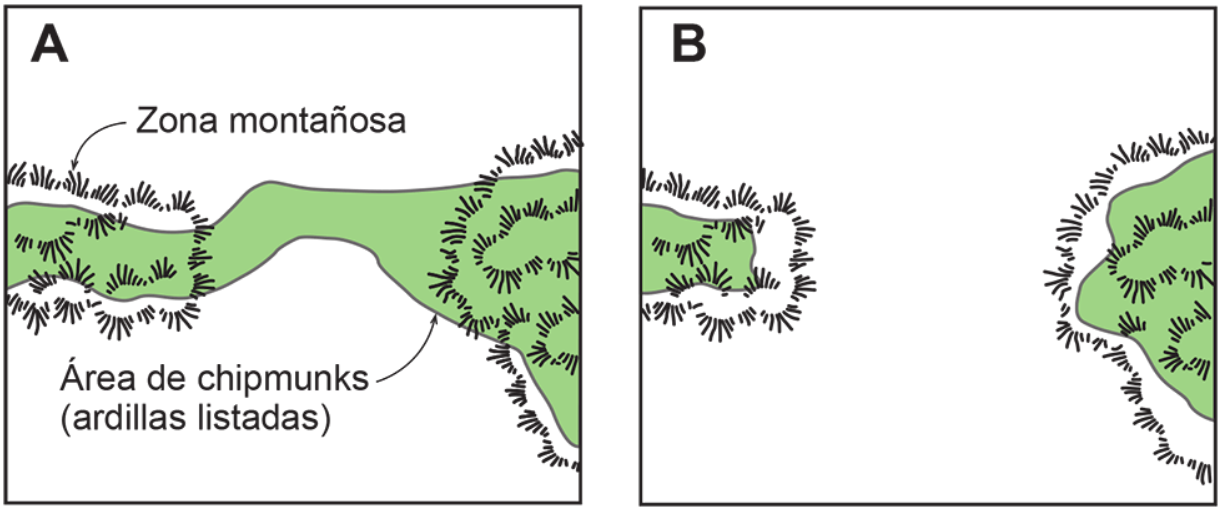


Figura 8.4. Distribución geográfica de las ardillitas listadas (A) sin aislamiento geográfico y (B) con aislamiento geográfico. Ilustración de Leonard Brand.

La adaptación y el aislamiento reproductivo. Si los ambientes sobre las dos cadenas montañosas fueran diferentes, la selección natural podría ser la causa de que los dos grupos de ardillitas listadas lleguen a ser diferentes. Si sus diferencias les impiden reproducirse, se han transformado en especies diferentes.

Una variedad de mecanismos produce ese aislamiento reproductivo. En algunos casos, las especies son tan diferentes genéticamente que, aunque se aparearan, solo podrían producir crías infértiles (como la mula) o a lo mejor no

producir ningún descendiente. A menudo, los mecanismos de aislamiento reproductivo son más sutiles. Mi (Brand) esposa es coreana, pero no le molestó que yo fuera un poco diferente. Pero sospecho que si una ardilla listada de California tratase de coquetear con una ardilla listada de Corea, sería rechazada, aunque algunas de las ardillitas listadas de Corea son casi idénticas a algunas especies de California (fig. 8.5). Su reacción probablemente sería: "Desaparece; no te conozco y tienes un olor raro". Este ejemplo ilustra que las especies de animales silvestres son muy específicas en su elección de la pareja, y eso generalmente, pero no siempre, previene la hibridación. Algunas especies que pueden cruzarse y producir crías viables y fértiles en el laboratorio no se entrecruzan en la naturaleza por diferencias en el hábitat o en la conducta. Por ejemplo, en algunos casos, dos especies de ardillas listadas viven en la misma cadena montañosa, pero una especie vive en los bosques de pino a bajas elevaciones (*pinyon*) y la otra vive solo en bosques de pino de alta elevación (*lodgepole*). En consecuencia, no tienen oportunidad de reproducirse.

Dos especies de moscas de la fruta viven en las mismas zonas y se reproducen en la misma época del año, pero una especie limita su reproducción a las horas de la mañana y la otra se reproduce solo al anochecer. En muchos animales, se mantiene el aislamiento reproductivo por sus rituales de apareamiento que son únicos para cada especie. Por ejemplo, parte del cortejo de las aves canoras, ranas, sapos y algunos insectos es el canto de cortejo o grito del macho. El canto es diferente para cada especie, y las hembras responden solo al canto de su propia especie.

Avances en biología molecular y sus implicaciones para la evolución

La sección más arriba presenta la comprensión estándar del neodarwinismo sobre la microevolución y la especiación. Ahora, consideraremos los descubrimientos en décadas recientes sobre de los biólogos moleculares, que tienen implicaciones para la teoría de la evolución. En este capítulo, solo consideramos los cambios *dentro* de los principales grupos de organismos (la microevolución y la especiación). Recién ahora la ciencia está comenzando a entender la complejidad y sofisticación del sistema genético. En el capítulo 10 se discute la posibilidad de que el sistema genético y los principales grupos de organismos se hayan originado por evolución.

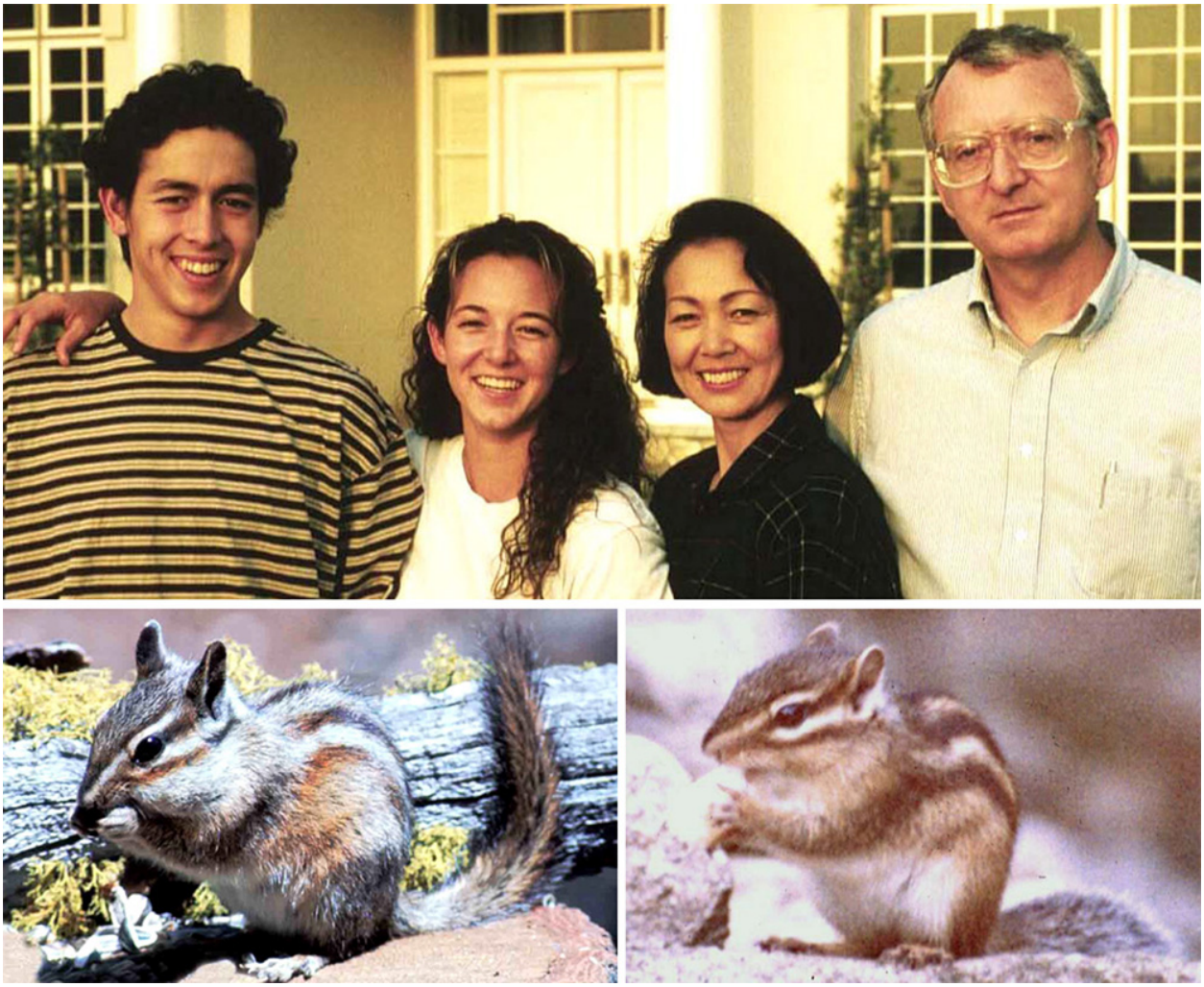


Figura 8.5. Una familia interracial (arriba), una especie de ardilla listada (izquierda) y una ardilla listada coreana fotografiada en Seoraksan (derecha). Fotografías de Leonard Brand.

Los genes reguladores y la epigenética

Una mayor comprensión de los genes reguladores revela su influencia sobre los genes codificadores y sobre la estructura animal y el desarrollo. Pequeños cambios en los genes reguladores pueden resultar en grandes cambios en un animal. Por ejemplo, la secuencia temporal de los eventos embrionarios aparentemente controla el patrón listado en algunas cebras. Las rayas en la parte inferior del lomo de la cebra *Equus quagga* (anteriormente *Equus burchelli*) están espaciadas irregularmente y en franjas anchas. Eso resulta porque la parte posterior del

embrión crece más rápidamente que el resto del embrión luego de que se estableció el patrón listado. El patrón listado en *Equus grevyi* no se establece en el embrión recién hasta que se completa ese crecimiento diferencial. En consecuencia, las rayas en el adulto de esa especie están espaciadas más regularmente (fig. 8.6).[11] Es posible que futuras investigaciones modifiquen esa explicación para las diferencias en el patrón de las rayas en las cebras debido a la epigenética, nuestro próximo tema.

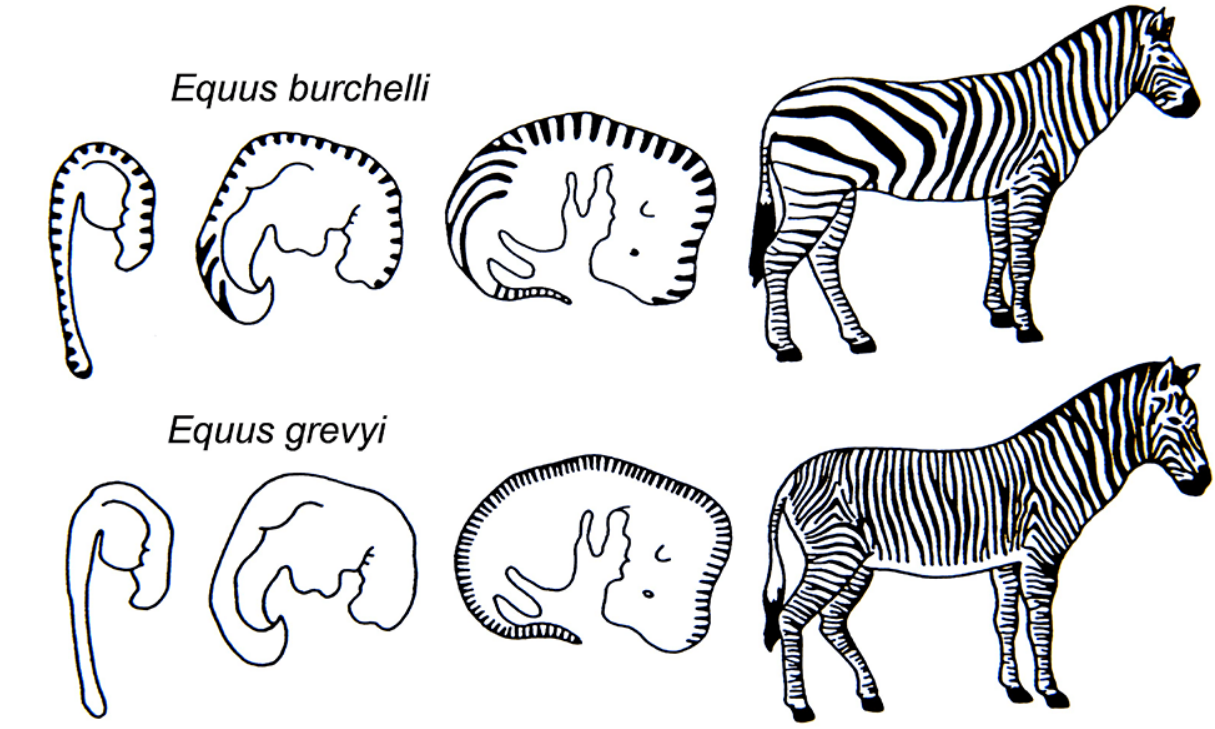


Figura 8.6. Desarrollo embrionario y los patrones de rayas de las cebras *Equus quagga* y *Equus grevyi* (según Futuyma 1986). Ilustración de Carole Stanton.

El florecimiento del campo de la epigenética está revolucionando la genética. La epigenética es el estudio de los rasgos heredables que surgen por fuera del ADN, e involucran procesos que controlan la *expresión* de los genes sin cambiar el ADN. Ahora se sabe que, por más importante como es el ADN, existen estratos adicionales de sistemas de control que manejan y controlan cómo se expresa el ADN. El ADN por sí solo no puede hacer nada. El ADN es como un disco duro con una cantidad masiva de información, pero esa información se maneja a través del sistema epigenético. Millones de pequeñas moléculas en cada célula, incluidos los grupos metilos y acetilos, se adhieren a sitios específicos en el

ADN y las moléculas asociadas y sirven como etiquetas químicas o marcadores que pueden encender y apagar los genes, y así controlar cómo, cuándo y si cada gen será activo. Los genes no siempre están completamente encendidos o apagados, pero las etiquetas también funcionan como interruptores que bajan o suben la intensidad, y así varían la cantidad de actividad de los genes. Otros niveles adicionales de administración intracelular controlan dónde y cuándo esas etiquetas estarán asociadas con el ADN. Ese sistema de administración involucra el ARN, hormonas, otras proteínas, y el sistema nervioso central.[12] El control del desarrollo y los procesos de adaptación se manejan a través de un sistema mucho más complejo de lo que se imaginaba previamente.

Esa complejidad es especialmente significativa en los organismos multicelulares porque su sistema genético no solo debe determinar el orden de los aminoácidos en las proteínas, sino que también manejar el arreglo de miles de millones de células en el cuerpo, de muchos tipos diferentes, desde la concepción hasta la etapa adulta.

Las señales del medioambiente pueden iniciar esos cambios epigenéticos, y las alteraciones genéticas resultantes pueden perdurar a través de varias o muchas generaciones con marcada influencia sobre las modificaciones microevolutivas de la fisiología, la anatomía o aun el comportamiento de los animales.[13]

El estrés, la nutrición y otros aspectos de las experiencias de una madre durante el embarazo pueden afectar a sus crías, y los resultados pueden durar toda una vida e incluso pueden afectar varias generaciones sucesivas.[14] Eso trae a la mente una declaración bíblica: los pecados de los padres caerán “sobre los hijos hasta la tercera y cuarta generación” (Éxodo 20,5). Un trabajo reciente sobre epigenética en la prestigiosa revista *Nature* se titulaba “Epigenética: los pecados del padre”.[15]

Entre los ejemplos de esas alteraciones epigenéticas se encuentran los cambios en el tamaño de los picos de los pinzones de las Galápagos que resultaron de cambios en la fuente de alimento.[16] Algunas salamandras viven toda su vida en el agua y tienen branquias durante toda la vida (fig. 8.7). Otras especies tienen branquias en sus estados larvario pero pierden esas branquias antes de alcanzar el estado adulto terrestre. El ADN de una especie de salamandra aparentemente es el mismo tenga o no las branquias durante su vida. Sus genes son los mismos; la diferencia no viene de las mutaciones, sino que reside en el sistema de control epigenético. Parece ser que el estrés medioambiental induce ese cambio en el aparato respiratorio si se adaptan a un cambio de ambiente al alterar su ciclo de vida.[17]

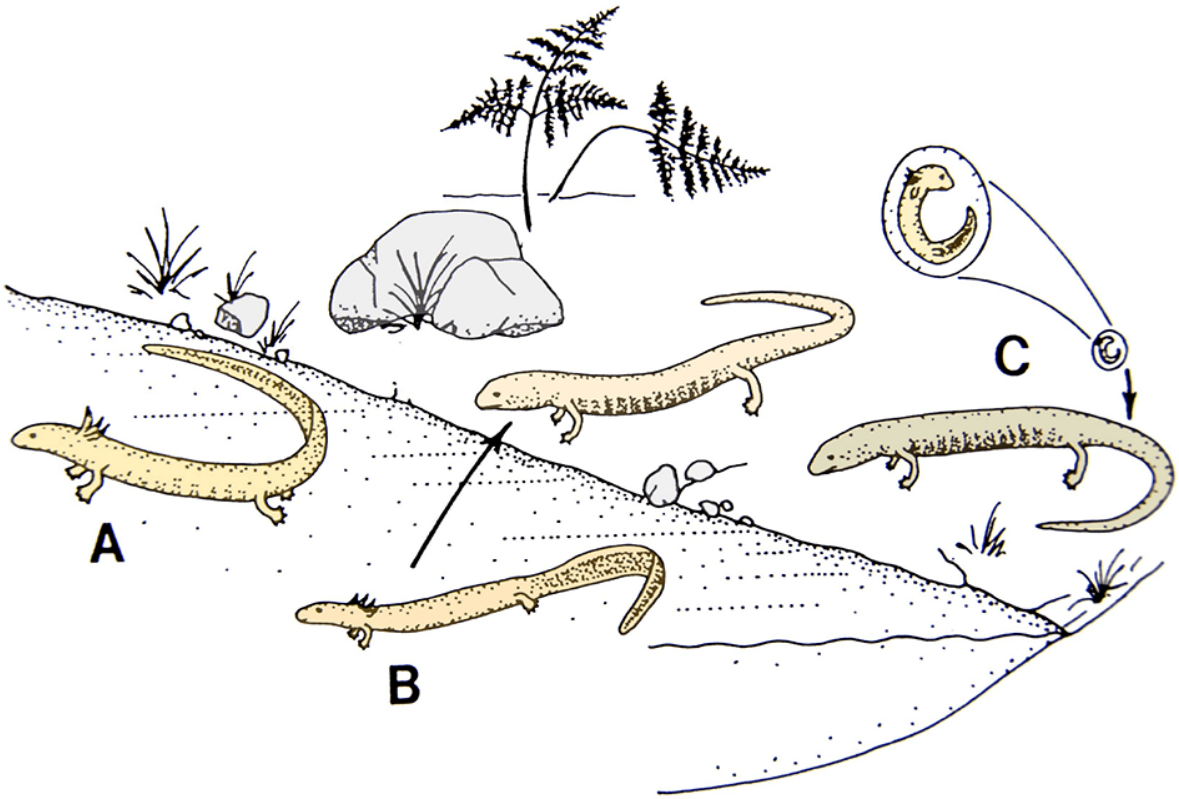


Figura 8.7. Tres ciclos de vida de las salamandras: (A) una especie con branquias y una cola con aleta que se retuvieron en la vida acuática del adulto, (B) una especie con una larva acuática que pierde sus branquias y la aleta en su transición a una vida adulta terrestre, y (C) un tipo totalmente terrestre que pierde sus branquias y aleta cuando sale del cascarón. Ilustración de Carole Stanton.

Algunas especies ciegas que viven en cavernas, como por ejemplo pez de caverna ciego, no se torna ciegos debido a mutaciones genéticas, siendo que todos sus genes para los ojos permanecen sin cambio. Se vuelve ciegos debido a alteraciones epigenéticas en la expresión de esos genes.[18]

John Cairns y sus colegas[19] demostraron que algunos tipos de mutaciones en bacterias ocurren solo cuando hay una presión selectiva para las características fenotípicas que proveyeron esas mutaciones específicas. Su evidencia indicaba que esas no son mutaciones aleatorias, sino que son consistentes con la acción del sistema epigenético, al activar genes en respuesta a las nuevas condiciones. Eso significa que la bacteria tiene la información para detectar qué se necesita y hacer un cambio en los genes almacenados apropiados para tratar con el desafío.

Muy raras veces, se han encontrado delfines con pequeñas aletas posteriores además de sus aletas anteriores normales.[20] Eso también parece indicar que esos animales tienen genes para estructuras que normalmente no se desarrollan porque los genes generalmente están apagados. Ocasionalmente los caballos nacen con dedos adicionales, lo que indica que los genes para esos dedos están presentes, pero normalmente no activados. A lo mejor eso nos dice algo acerca de los caballos fósiles que también tenían dedos adicionales. Parece altamente probable que si los genes para esas aletas o dedos de caballo no se hubieran usado por millones de años, se habrían dañado seriamente por las mutaciones negativas. El control epigenético de genes no alterados parece mucho más realista, apagándolos o encendiéndolos según sea necesario, y, en raras situaciones, encendiéndolos sorpresivamente.

Se pueden dar muchos otros ejemplos de caracteres en los organismos para los cuales las explicaciones epigenéticas son mucho más realistas que las explicaciones neodarwinistas a través de mutaciones aleatorias y selección.[21] De hecho, "un siglo de estudios sobre las mutaciones no ha provisto ni un solo ejemplo verificado de una mutación génica que haya llevado a un cambio morfológico adaptativo en los metazoos".[22]

Una dificultad que todo eso presenta para la teoría naturalista del neodarwinismo es la clara implicación de que el estrés del medioambiente detectado por los organismos puede resultar en la inducción de cambios no al azar beneficiosos y heredables, una microevolución dirigida por el medioambiente. Eso es anatema para cualquier teoría naturalista de los orígenes porque suena como lamarckismo: la herencia de caracteres adquirida por un organismo *porque* beneficiaría al organismo. En la teoría darwinista, todos los nuevos caracteres tienen que aparecer por procesos aleatorios que no conocen las necesidades de un organismo. Si el ambiente inicia caracteres beneficiosos que le permiten al organismo tratar con cambios ambientales, eso implica algún tipo de premonición: el proceso "sabe" qué es lo que se necesitará. Tal premonición implica un diseñador inteligente.

Actualmente existe una controversia dentro de las filas de los científicos evolucionistas. Siempre hay controversias en los temas que presentan desafíos como esos. No obstante, ahora la controversia es más significativa debido a sus profundas implicaciones para el neodarwinismo. Hablamos de la controversia entre aquellos que están comprometidos con la Síntesis Neodarwiniana (con su afirmación central de que toda nueva información biológica surge a través de mutaciones al azar y de la selección natural), y los biólogos moleculares que reconocen que ahora se sabe que los procesos intracelulares son tan sofisticados que hay muy poco lugar en ese proceso para las mutaciones aleatorias.[23]

Examinamos siete libros de texto evolutivos y uno con artículos sobre evolución para ver cómo trataban con la epigenética y conceptos relacionados. Un libro de texto contenía un párrafo que no se comprometía con el tema.[24] Douglas Futuyma incluyó alrededor de tres cuartos de página sobre la epigenética y les aseguró a sus lectores que las mutaciones son aleatorias y que "no hay evidencia de que las 'mutaciones' epigenéticas fueran inducidas por ambientes en los cuales la mutación pudiese ser adaptable".[25] Otro libro incluye un par de páginas sobre conceptos epigenéticos pero concluye que "los cambios inducidos por el medioambiente en el fenotipo no son transmitidos a las generaciones futuras".[26] Ninguno de los dos proveyó evidencias para verificar esas afirmaciones. Un libro titulado *Macroevolution* [*Macroevolución*][27] incluye un capítulo por Futuyma con tres páginas sobre herencia no genética (epigenética). Concluye que los procesos epigenéticos no pueden jugar un papel significativo en la evolución. Concuerda con la conclusión de que adaptaciones aparentemente dirigidas de hecho deben surgir por medio de otros procesos, y que "el único proceso candidato conocido es la acción 'neodarwiniana' de la selección natural" sobre la variación aleatoria. Rechaza la epigenética porque no es consistente con la teoría naturalista aceptada. Los otros libros no hicieron referencia al tema.[28] Los conceptos que se conocen como epigenética se han publicado desde la década de 1980, pero la mayoría de los científicos comprometidos con la Síntesis Neodarwiniana ignoran los descubrimientos de décadas de investigaciones en biología molecular.[29]

Otros cuatro libros por autores que también adhieren a la cosmovisión evolutiva naturalista toman una postura muy diferente sobre esa cuestión, echando más fuego a la controversia. Los cuatro proponen que la evolución ocurre mediante ese proceso de decisiones epigenéticas por parte de las células y los organismos, en lugar de los procesos neodarwinianos de la variación aleatoria, pero no tratan con la pregunta de cómo se originó ese sistema tan increíblemente sofisticado.[30] Uno dice que es un misterio cómo evolucionó el sistema,[31] y otro simplemente dice que el sistema debió evolucionar en el Cámbrico Temprano.[32] El libro *Evolution: The Extended Synthesis* [*La evolución: una síntesis extendida*] desarrolla una teoría de microevolución y macroevolución que incorpora los principios de epigenética, presentados más arriba, en su síntesis extendida.[33] Trataremos su teoría y sus amplias implicaciones para la macroevolución en el capítulo 10.

Modificaciones intervencionistas a las teorías de la microevolución y de la macroevolución

La comprensión intervencionista de la historia de la Tierra incluye algunas diferencias en los factores que influyen sobre los procesos de la microevolución y

la especiación, en comparación con la teoría convencional. Sugerimos que esos conceptos intervencionistas, junto con los nuevos atisbos en la epigenética, pueden generar una teoría mucho más realista de cómo funciona el proceso.

Origen y dirección de los cambios adaptativos

La evolución naturalista. En última instancia, la información genética para las nuevas variantes dentro de las especies surgió por mutaciones aleatorias que produjeron genes alterados. Como hemos mencionado, las mutaciones son aleatorias en relación con las necesidades del organismo, y la mayoría son nocivas y reducen la aptitud del individuo o la adaptación del individuo a su medioambiente.[34] La selección natural elimina los cambios perjudiciales y conserva las combinaciones disponibles que se adaptan mejor en el medioambiente del organismo.[35] Eso sería un proceso muy lento.

El intervencionismo. La complejidad en las plantas y en los animales fue el resultado de un diseño inteligente. El punto culminante de la complejidad sobre la Tierra ocurrió al mismo comienzo. Los organismos se diseñaron con un sistema genético y epigenético capaz de generar o encender la variabilidad para las adaptaciones fisiológicas a las condiciones cambiantes. Fue diseñado para producir nuevas especies que son variaciones sobre planes creados existentes. Sugerimos que las primeras poblaciones dentro de cada especie original ya tenían una considerable variación, y el sistema genético/epigenético era capaz de generar diversidad adicional cuando se necesitaba, para mejorar la adaptación de las especies y para ramificarse para formar nuevas especies que están adaptadas a hábitats diferentes.

Como resultado de los cambios precipitados por la caída de la humanidad (Génesis 3), los cambios ambientales resultaron en la radiación cósmica y otros mecanismos que produjeron mutaciones aleatorias (en realidad, daños genéticos aleatorios). Debido a que casi todas esas mutaciones aleatorias son perjudiciales, el daño necesita ser controlado para prevenir la extinción de la vida. La selección natural es el agente que debe eliminar los individuos menos aptos y asegurar que, en promedio, aquellos que se reproducen, sean los más sanos y los mejores adaptados al ambiente en el que viven.

Dentro de cada grupo de organismos, el origen microevolutivo de nueva variación morfológica o conductual ha sido desarrollado por dos componentes. Primero está la selección de aquellos individuos con alelos más adecuados al ambiente, dando como resultado la adaptación a las condiciones cambiantes por medio del proceso de microevolución, como se ve en el desarrollo de pelaje oscuro en un roedor que vive sobre suelo oscuro.[36]

El proceso de adaptación descrito no necesariamente involucra ni un aumento o una disminución en la complejidad de cualquier especie, sino simplemente una mejor adaptación al medioambiente. Eso involucraría encender o apagar epigenéticamente los genes existentes, a medida que se desencadena por señales ambientales. Las características de las nuevas especies pueden generarse por la activación de genes que anteriormente estaban inactivos.

La pérdida de la información genética

Un **segundo** componente involucrado en el origen de la variación es que, desde su mismo origen, existe una tendencia hacia la pérdida de la información genética. Ejemplos son la pérdida de la habilidad de volar en algunas aves e insectos y la pérdida de la vista en organismos que viven en cavernas.

La evolución naturalista. Una especie animal tiene cierta cantidad de material genético, parte del cual es absolutamente vital para la supervivencia. Otra porción de la información genética es opcional, e incluye rasgos físicos y del comportamiento que la especie puede perder o apagar y aún así ser viable (fig. 8.8).[37] Los caracteres que caen en esa segunda categoría serán influenciados por el ambiente.

Figura 8.8. Una representación del genoma total de una especie y el centro con la información genética vital necesaria para la vida. Ilustración de Leonard Brand.

La pérdida del vuelo probablemente destine a muchas aves a la extinción. Sin embargo, en una isla sin depredadores, la pérdida de la habilidad de volar podría no ser un problema e incluso podría ser una ventaja en una tormenta tropical que puede arrastrar aves que vuelan mar adentro. Se conoce un buen número de especies de aves no voladoras y la mayoría habitan en islas.[38] En esa situación, volar es opcional, lo que ilustra cómo es posible una cierta cantidad de pérdida genética. Otros ejemplos de posible pérdida genética o de inactivación epigenética son los animales ciegos de las cavernas y parásitos que no tienen un sistema digestivo.

El intervencionismo. El intervencionismo acepta la explicación que se da más arriba sobre las aves que no vuelan, los animales que viven en cavernas, y por lo menos para algunos parásitos. Proponemos que desde su creación original, no solo la pérdida de información genética ha sido parte de esos casos extremos, sino que ha sido una parte sutil y generalizada del cambio genético/epigenético en los animales y las plantas. El siguiente ejemplo de una posible pérdida de información es más probable y más típico que el tipo de pérdida experimentada por algunos parásitos.

William Dilger estudió el comportamiento de los periquitos africanos del género *Agapornis,* que son parte de la familia de los loros.[39] Ordenó las especies de esos periquitos africanos en una secuencia evolutiva. En un extremo están las especies que no tienen caracteres especializados como los de otros periquitos. Tienen colores lisos y simples, tienen rituales de cortejo simples, y construyen un nido bastante crudo. Las especies en el otro extremo del árbol evolutivo son aves mucho más coloridas que desarrollan un cortejo más complejo y construyen un nido muy elaborado y cubierto.

Si los periquitos africanos se originaron por evolución a partir de otras aves relacionadas, los principios neodarwinianos requieren que las especies de periquitos más lisos y no tan llamativos, con menor número de caracteres propios de los periquitos africanos, estén cerca del comienzo en el árbol genealógico. Las especies más especializadas serían las más altamente evolucionadas. Pero ¿cómo podemos estar tan seguros de que los cambios no hayan ido en la otra dirección? (fig. 8.9)

Si no asumimos que todas las criaturas han evolucionado progresivamente (en esa instancia, a partir de otro tipo de ave), también podemos considerar la opción de que su evolución se podría haber producido en la otra dirección, comenzando con las especies creadas que tenían los caracteres más distintivos de los periquitos africanos. Con el paso del tiempo cantidades variables de información genéticas fueron genética/epigenéticamente inhabilitadas en algunos de las otras especies de periquitos africanos, dependiendo del ambiente al cual

estaban expuestas cada una de las poblaciones. Lo que se desactivó fueron algunos de los caracteres opcionales que no se requieren en un periquito africano viable.

Otro ejemplo proviene de muchos años de investigaciones por los microbiólogos con las bacterias. Existe un vasto complejo de especies de bacterias, y se ha hecho evidente que los cambios genéticos que se sabe han ocurrido en las bacterias son primariamente el resultado de la pérdida de información genética o una degradación del genoma o, en un grado menor, de la transferencia horizontal de genes provenientes de otras bacterias, en lugar de resultar del desarrollo de nuevos genes por medio de la evolución.[40]

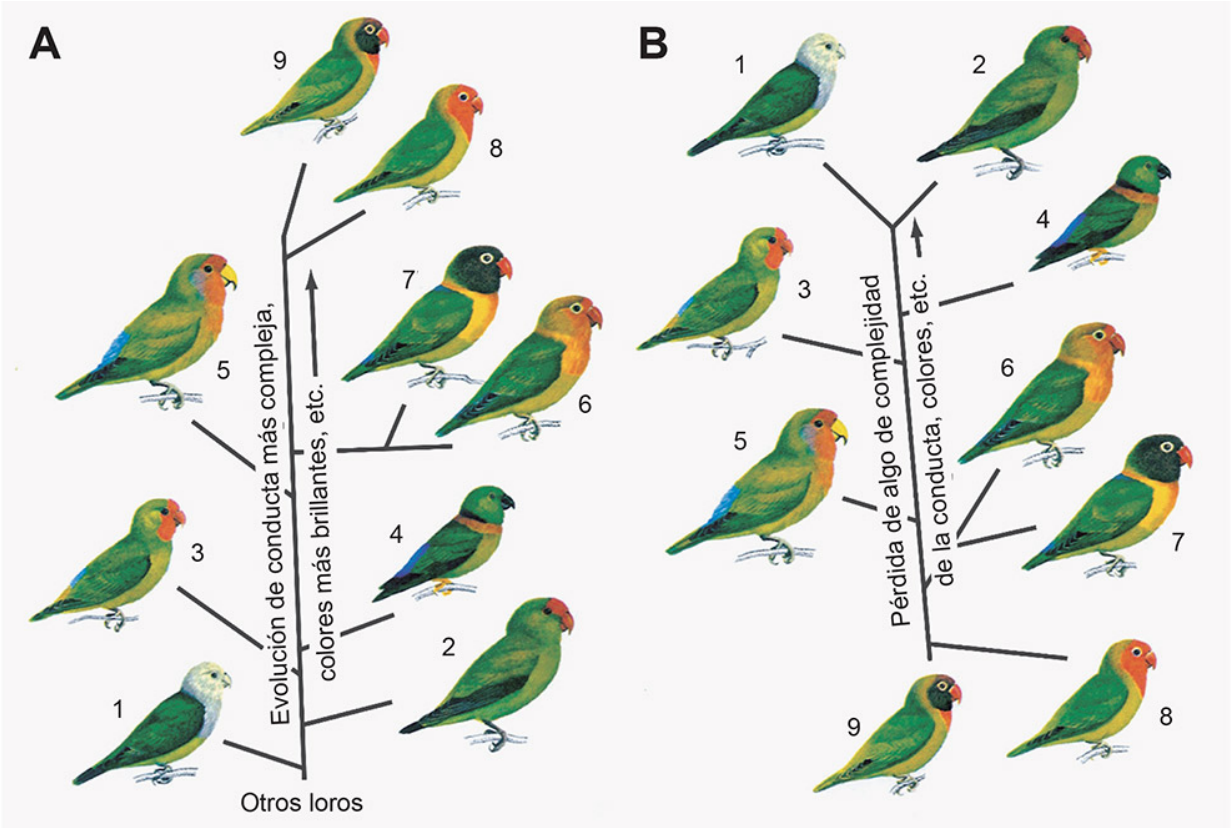


Figura 8.9. Dos árboles filogenéticos de los periquitos africanos (lovebirds): (A) el árbol darwiniano convencional y (B) un árbol basado en la microevolución y la especiación que comienza con la especie genéticamente más avanzada (en parte según Dilger 1962). Ilustración de Leonard Brand.

Argumentamos que hoy los organismos son, en gran medida, menos complejos y menos adaptables, y que las interacciones entre los organismos en los ecosistemas son menos afinadas que al comienzo de la vida sobre la Tierra. En la

mayoría de los casos, la selección natural tiende a disminuir la pérdida de información que resulta de las mutaciones perjudiciales.

El resultado del proceso de pérdida genética postulado más arriba es que, aunque ha aumentado el número de especies de los periquitos africanos, la tendencia todavía es hacia una pérdida de información. Muchas especies son altamente especializadas (menos adaptables) y solo viven en un nicho ecológico estrictamente restringido. Esa especialización puede estar acompañada de una pérdida de caracteres o habilidades que las especies más generalistas necesitan. Ralph Hinegardner indica que las especies con menor cantidad de ADN tienden a ser más especializadas.[41] Existen excepciones a esa tendencia, lo que indicaría que algunos genes están desactivados (en *off*), y no perdidos.

Desde la creación original de los organismos, las poblaciones que originalmente eran adaptables y con un alto nivel de información genética a menudo se han dividido en un número de especies altamente especializadas, posiblemente con una cantidad de información genética menos funcional o activada por especie.

Esa multiplicación de especies especializadas no es simplemente el último episodio menor en la historia de la vida, sino que constituye una mayor parte en el cambio que ha ocurrido desde que comenzó la vida en esta Tierra. La figura 10 ilustra las diferencias básicas entre las dos teorías.

La selección natural

Ambas, la evolución naturalista y la intervención informada reconocen a la selección natural como un factor importante en el proceso de la microevolución, pero el papel específico de la selección natural difiere en las dos teorías.

La evolución naturalista. La teoría naturalista neodarwiniana del cambio evolutivo comienza con las materias primas aleatorias provistas por la mutación y la recombinación. La selección natural es el proceso clave que se eleva por encima de la aleatoriedad de las mutaciones y elige caracteres apropiados para mejorar la adaptabilidad de la especie. Aunque la mayoría de las mutaciones son perjudiciales, la selección natural es efectiva en la eliminación de las mutaciones más destructivas y al preservar las más beneficiosas. En consecuencia, el efecto neto propuesto es hacia arriba, hacia una adaptación al medioambiente mejorada y la eventual evolución hacia la macroevolución de nuevos genes, nuevas estructuras y, fundamentalmente, nuevos organismos.

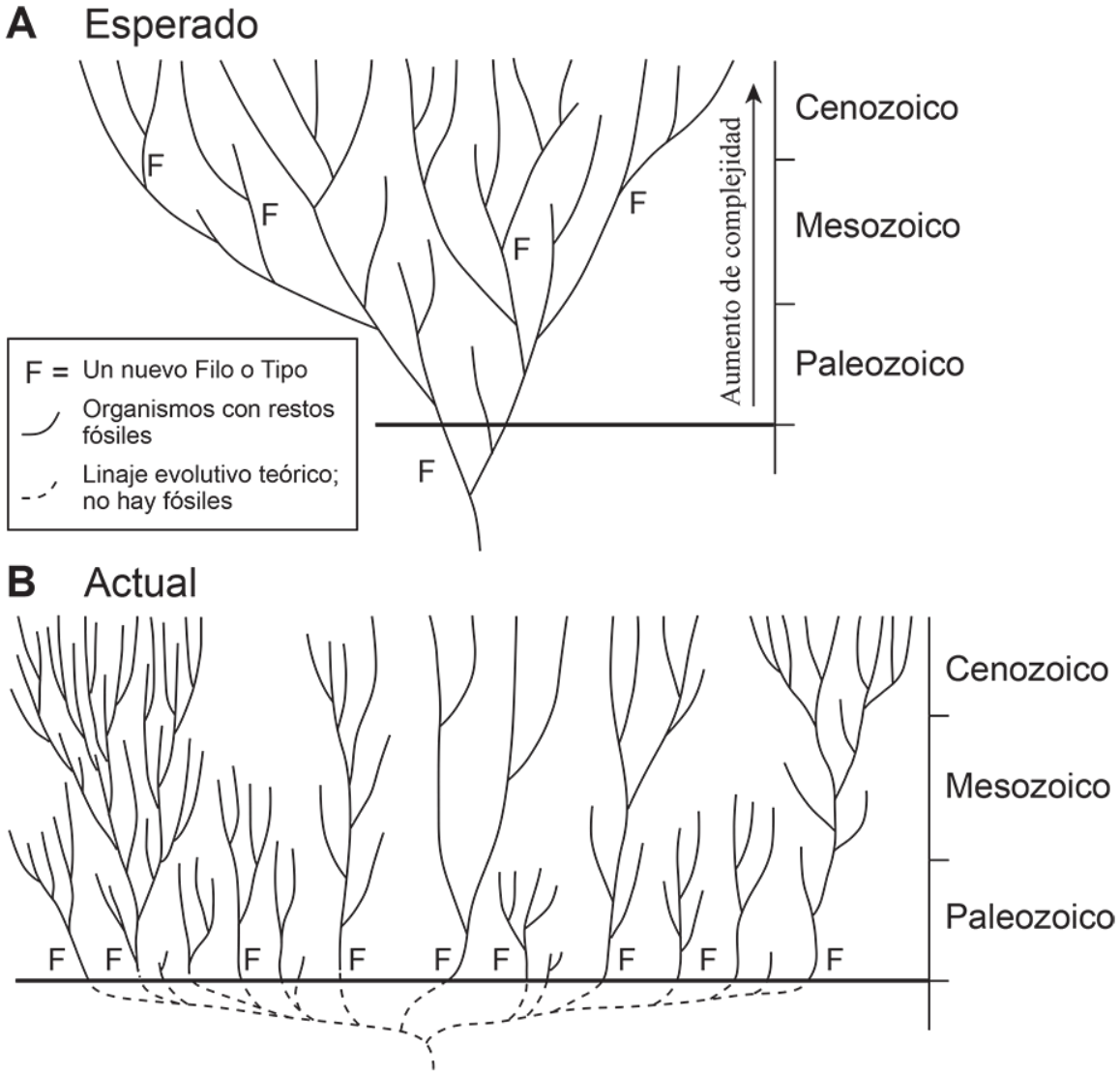


Figura 8.10. (A) Una expectativa razonable para el patrón de la evolución, con pequeños cambios que resultan, a lo largo del tiempo, en el origen de nuevos tipos (filos). (B) El patrón observado en el registro fósil, con virtualmente todos los tipos (filos) presentes en sedimentos del Cámbrico Temprano. La diversidad de los tipos es mayor al comienzo del registro fósil. Eso es compatible con el origen independiente de los principales grupos, seguido por la especiación dentro de los grupos (Brand 2006 a).

El intervencionismo. La teoría intervencionista reconoce la selección natural, pero sugiere que el balance de las fuerzas es diferente. Edward Blyth anticipó la teoría de la selección natural de Charles Darwin, pero Blyth no era evolucionista. Veía la selección natural como una fuerza conservadora, que

mantiene las especies al eliminar los individuos débiles.[42] Lane Lester y Raymond Bohlin sugieren que Blyth estaba más en lo correcto que Darwin y que los cambios evolutivos ocurren solo dentro de ciertos límites.[43] El intervencionismo sugiere que las mutaciones y la selección natural no son capaces de producir un aumento en la complejidad generando nuevos genes y órganos. El sistema epigenético facilita la adaptación en respuesta a señales ambientales, dentro de los límites de su potencial genético original. La selección natural actúa como un freno para retrasar el deslizamiento hacia el olvido que ocurriría si la acumulación de mutaciones perjudiciales no se controlara. El cambio evolutivo neto es ligeramente hacia abajo.[44]

Esta teoría de la selección natural no es una idea nueva o radical. No parece oponerse a los datos disponibles. Hay algunos científicos no intervencionistas que cuestionan si en realidad la selección natural puede de hecho hacer algunas de las cosas que la Síntesis Neodarwiniana le adjudica.[45] No están sugiriendo que los animales fueron creados, sino que los procesos tradicionales de mutaciones puntuales aleatorias y la selección natural no constituyen el proceso que genera cambio evolutivo significativo. La teoría intervencionista lleva la conclusión un poco más allá. Reconoce que la microevolución sí ocurre, pero cuestiona si la mutación y la selección natural son capaces de generar nuevas estructuras significativas y vida compleja. Continuaremos analizando esta cuestión en el capítulo 10.

La tasa de la evolución

¿Cuán rápidamente ocurren la microevolución y la especiación? Existen diferencias entre los creacionistas y los no creacionistas a la hora de entender cuán rápidamente ocurre la microevolución, pero las diferencias están desapareciendo debido a los nuevos datos.

La evolución naturalista. Para Darwin y sus seguidores, toda nueva variabilidad en última instancia debe ser el resultado de cambios genéticos aleatorios. Si eso es verdad, la evolución sería un proceso muy lento. Sin embargo, en la última década o las últimas dos, se ha hecho evidente que la microevolución en realidad ocurre rápidamente.[46] La introducción de monos, aves, copépodos y polillas a nuevas áreas geográficas ha producido cambio equivalente al nivel de nuevas subespecies o nuevas especies en lapsos de tiempo de unos treinta a mil años.[47] Los estudios experimentales muestran que se pueden producir rápidos cambios en los animales introducidos a un nuevo ambiente.[48]

El intervencionismo. Las tasas de evolución que se observan hoy (microevolución y especiación) son de siete a diez órdenes de magnitud más rápidas que las tasas calculadas a partir del registro fósil con los métodos de datación radiométrica (fig. 8.11). Aceptar la escala de datación radiométrica requeriría que uno concluya que las tasas evolutivas modernas observadas no reflejan la realidad.[49] Sin embargo, aceptar una teoría geológica con un lapso de tiempo desde la creación, de solo unos miles de años significa que las tasas de microevolución y especiación en el pasado pueden haber sido tan rápidas, y muy posiblemente en promedio mucho más rápidas que las tasas calculadas hoy.[50]

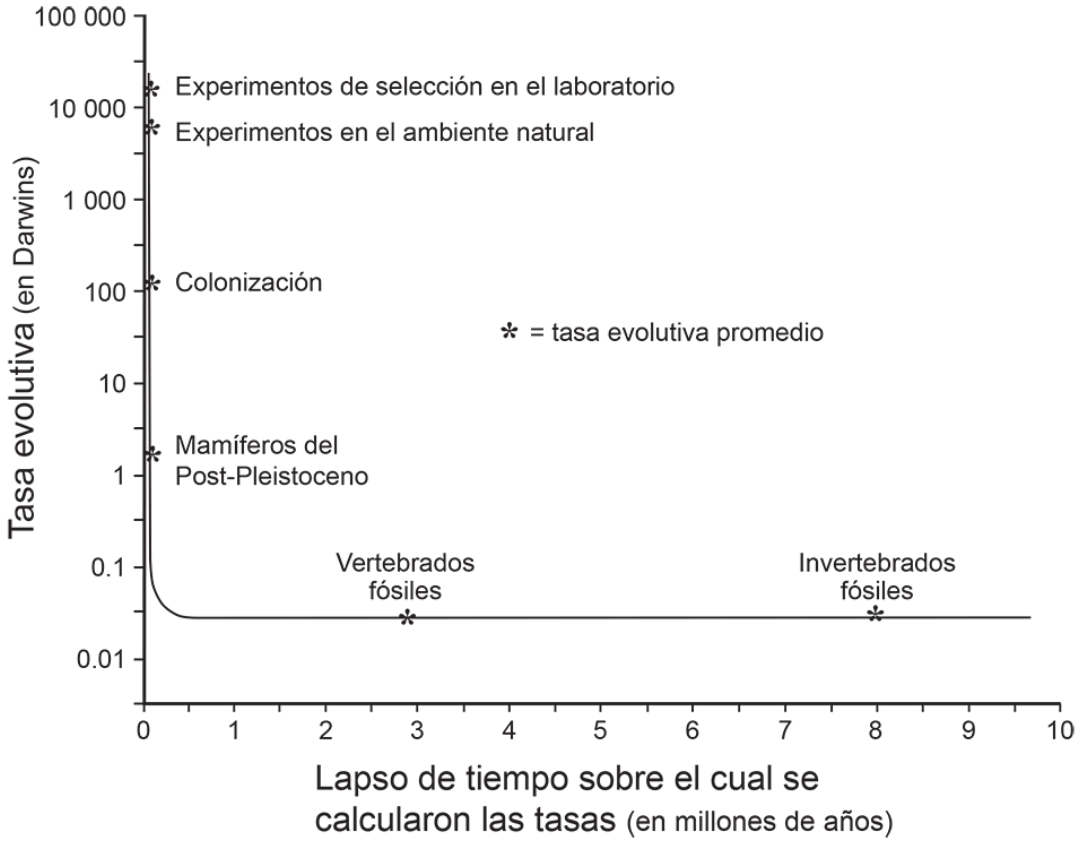


Figura 8.11. Comparación de las tasas de cambio evolutivo, expresada en unidades llamadas Darwins. Las tasas de cambio que se observan en los experimentos modernos y las tasas de cambio vistas después que los animales colonizan nuevas islas son órdenes de magnitud más rápidas que las tasas de evolución calculadas a partir del registro fósil (que depende de edades radiométricas). Datos de Gingerich 1983; Reznick et al. 1997.

Aunque a menudo se cree que los intervencionistas son antievolucionistas, el hecho es que los intervencionistas de corta edad creen en un proceso de cambio morfológico mucho más rápido y efectivo que los no intervencionistas. Tienen un período de tiempo más corto para la evolución de una gran cantidad de especies y géneros de organismos. Nosotros proponemos que eso es realista. En primer lugar, la mayoría de los taxones ya existía desde el comienzo. Todo lo que se requiere es un proceso de diversificación y de adaptaciones cambiantes dentro de cada taxón. Esos cambios no dependen de la evolución de nuevos rasgos a través de las mutaciones aleatorias y la selección natural. Más bien, el cambio comienza desde el alto nivel del potencial genético que fue creado en el principio, seguido de algo de pérdida de información, expresión genética diferencial, y cambios epigenéticos en respuesta al medioambiente. El complejo de ADN creado y el sistema epigenético responden al ambiente al activar la apropiada combinación de rasgos que están disponibles en el genoma creado del organismo. Este escenario resulta en una microevolución y una especiación mucho más rápidas de lo que Darwin jamás se hubiera imaginado.

Las catástrofes geológicas, la microevolución y la especiación

De acuerdo con la teoría que se ha presentado aquí, mucha de la diversidad taxonómica de la actualidad fue el resultado de limitados cambios evolutivos luego de una catástrofe global. Los grupos originales de plantas y animales se diversificaron en multitudes de especies a medida que se fueron adaptando para llenar nichos específicos en las condiciones seriamente alteradas luego de la catástrofe. Si consideramos tales condiciones y las comparamos con factores que se sabe favorecen un rápido cambio genético, encontramos que serían idealmente favorables para un cambio rápido (tabla 8.1).

Tabla 8.1. Factores que se sugiere resultan en una rápida microevolución y especiación luego de la catástrofe de un diluvio global

1. *Una abundancia de potenciales nichos desocupados a los cuales los organismos se podrían adaptar.* Los animales que han colonizado con éxito las islas, especialmente grupos de islas, a menudo han desarrollado un gran número de especies. Ejemplos incluyen las numerosas especies de moscas de la fruta y de mieleros (*honeycreepers*) de Hawái. Aparentemente esa especiación fue facilitada mediante nichos abiertos y la resultante falta de competición (Ford 1964, cap. 2).

2. *Antes del desarrollo de ecosistemas maduros y equilibrados, la dinámica de la población sería inestable.* Esta situación en una dinámica de expansión/destrucción: las poblaciones de animales se expanden, todos los genotipos sobreviven, hasta que consumen todo el alimento disponible o hasta que las poblaciones de depredadores se expanden hasta alcanzarlos. La resultante caída de la población produce una población cuello de botella (un momento con pocos individuos en la población) favorable a la especiación. Aquellos individuos mejor adaptados a nichos particulares tienen las mejores chances de sobrevivir la caída/destrucción. Algunas, o muchas especies podrían originarse simultáneamente por una serie de ciclos de caída/destrucción (Carson 1975; Mettler et al., 1988, p. 295).

3. *Los cambios geológicos y ambientales rápidos favorecerían la separación de organismos para formar poblaciones aisladas, facilitando así la especiación* (Mayr 1970). Eso podría haber sido particularmente importante para organismos acuáticos, plantas e invertebrados terrestres, que posiblemente hubieran sobrevivido la catástrofe global en pequeños grupos dispersos y aislados. A medida que los animales se movían por un mundo vacío luego de la catástrofe, se hubieran abierto ilimitadas oportunidades para ocupar nuevos nichos disponibles y para producir nuevas especies. En esa situación, inicialmente los ecosistemas serían simples y relativamente inestables. Hasta que se formaran ecosistemas maduros, sin duda ocurrirían muchas fluctuaciones poblacionales. Esas, junto con cambios geológicos rápidos en el período de recuperación luego de la catástrofe, dividirían a los animales en poblaciones más pequeñas. El resultado sería un gran potencial para rápidas tasas de cambio biológico luego de la catástrofe global (a lo mejor la situación más favorable para la especiación que podamos imaginar). La cantidad y tasa de cambio disminuiría a medida que los ambientes y la dinámica de las poblaciones se estabilizara, los nichos disponibles se llenaran de especies cada vez más especializadas, y los ecosistemas llegasen a ser más complejos y equilibrados.

Un resultado de tal diluvio global es la introducción de cuellos de botella en las poblaciones de algunos grupos de animales. Eso es un posible desafío para la teoría de evolución luego de tal catástrofe debido a la esperada pérdida de variabilidad genética en esas especies con bajo número de individuos que sobreviven a la catástrofe. Eso lleva a la sugerencia de que tienen que existir algunos mecanismos (a lo mejor parte del sistema epigenético) que aumentan rápidamente la variabilidad genética después de un cuello de botella en la población. Las observaciones de una variabilidad mucho mayor de lo esperado después de cuellos de botella experimentales, o naturales, proveen algo de evidencia para la existencia de tales mecanismos.[51] El estrés ambiental o genético aparentemente produce inestabilidad genética con tasas aumentadas de recombinación y modificación.[52]

Sugerimos que la mayoría de las numerosas especies modernas (Holoceno) de animales han evolucionado muy rápidamente luego de la catástrofe global.[53] Sobre la base de las razones dadas más arriba, proponemos que la teoría intervencionista es más efectiva al explicar la evidencia que cualquier otra teoría evolutiva naturalista convencional y que es especialmente efectiva para explicar la reciente evidencia de que la microevolución puede ocurrir rápidamente, en unos pocos años.

---

[1] E. Mayr, "The Modern Evolutionary Theory" ["La teoría moderna de la evolución"], *Journal of Mammalogy* 77 (1996): 1-7.

[2] E. Mayr, *Populations, Species, and Evolution: An Abridgment of Animal Species and Evolution* [*Poblaciones, especies y la evolución: Una síntesis sobre las especies animales y la evolución*] (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1970).

[3] M. Ridley, *Evolution* (Boston: Blackwell Scientific, 2004). [Existe versión en español: *La evolución y sus problemas,* Madrid: Pirámide, 1987].

[4] D.J. Futuyma, *Evolution* [*La evolución*] (Sunderland, MA: Sinauer, 2013).

[5] C.J. Avers, *Process and Pattern in Evolution* [*Procesos y patrones en la evolución*] (New York: Oxford University Press, 1989), 213.

[6] J.A. Coyne y H.A. Orr, *Speciation* [*La especiación*] (Sunderland, MA: Sinauer, 2004).

[7] J.A. Shapiro, *Evolution: A View from the 21st Century* [*La evolución: Una perspectiva desde el siglo 21*] (Upper Saddle River, NJ: FT Press Science, 2011).

[8] J.A. Endler, *Natural Selection in the Wild* [*La selección natural en el ambiente silvestre*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986); J. Weiner, "Evolution Made Visible" ["La evolución se hace visible"], *Science* 267 (1995): 30-33.

[9] Por ejemplo: Coyne y Orr, *Speciation;* M. Barluenga et al., "Sympatric Speciation in Nicaraguan Crater Lake Cichlid Fish" ["Especiación simpátrica en los peces cíclidos de lagos de cráteres en Nicaragua"], *Nature* 439 (2006): 719-23, doi:10.1038/nature04325; A. Gibbons, "On the Many Origins of Species" ["Sobre los muchos orígenes de las especies"], *Science* 273 (1996): 1496-99; T. Goldschmidt, *Darwin's Dreampond: Drama in Lake Victoria* [*El lago del sueño de Darwin: Drama en el Lago Victoria*] (Cambridge, Ma: MIT Press, 1996); J. Mallet, "Hybrid Speciation" ["Especiación híbrida"], *Nature* 446 (2007): 279-83; J. Mavárez et al., "Speciation by Hybridization in *Heliconius* Butterflies" ["Especiación a través de la hibridación en las mariposas *Heliconius*"], *Nature* 441 (2006): 868-71; V. Morell, "Starting Species with Third Parties and Sex Wars" ["La creación de especies con terceras personas y guerras de sexo"], *Science* 273 (1996): 1499-502; S. Via, "Sympatric Speciation in Animals: The Ugly Duckling Grows Up" [La especiación simpátrica en animales: El 'patito feo' se hace mayor"], *Trends in Ecology & Evolution* 16 (2001): 381-90.

[10] L. Gross, "Demonstrating the Theory of Ecological Speciation in Cichlids" ["Demostración de la teoría de la especiación ecológica en los cíclidos"], *PLoS Biology* 4 (2006): e449, doi:10.1371/journal.pbio.0040449.

[11] L.E. Mettler, T.G. Gregg, y H.E. Shaffer, *Population Genetics and Evolution* [*Genética de las poblaciones y la evolución*] (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988), 16-18.

[12] N. Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution* [*Principios epigenéticos de la evolución*] (London: Elsevier, 2012).

[13] *Ibid*.; C.D. Allis, T. Jenuwein, y D. Reinberg, *Epigenetics* [Epigenética] (Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2007); N. Carey, *The Epigenetics Revolution: How Modern Biology Is Rewriting Our Understanding of Genetics, Disease, and Inheritance* [*La revolución epigenética: Cómo la biología moderna está reescribiendo nuestra comprensión de la genética, la enfermedad y la herencia*] (New York: Columbia University Press, 2012); E. Jablonka y M.J. Lamb, "Transgenerational Epigenetic Inheritance" ["La herencia epigenética transgeneracional"], in *Evolution: The Extended Synthesis,* ed. M. Pigliucci y G.B. Müller (Cambridge, MA: MIT Press, 2010), 137-74; T. Woodward y J.P. Gills, *The Mysterious Epigenome: What Lies beyond DNA* [*El misterioso epigenoma: Lo que yace más allá del ADN*] (Grand Rapids, MI: Kregel, 2012).

[14] Woodward y Gills, *Mysterious Epigenome.*

[15] V. Hughes, "Epigenetics: The Sins of the Father" ["Epigenética: los pecados del padre"], *Nature* 507 (2014): 22-24.

[16] Allis et al., *Epigenetics,* 670-79.

[17] Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution,* 540-42, 611-15, 637-38.

[18] *Ibid*., 596-608.

[19] J. Cairns, J. Overbaugh, y S. Miller, "Origin of Mutants" ["El origen de los mutantes"], *Nature* 335 (1988): 142-45.

[20] Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution;* M. Le Page, "The Ancestor Within" ["El ancestro en el interior"], *New Science* 193 (2007): 28-33.

[21] Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution.*

[22] *Ibid*., xxxi.

[23] Shapiro, *Evolution;* Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution;* M. Pigliucci y G. Müller, *Evolution: The Extended Synthesis* [*Evolución: La síntesis extendida*] (Cambridge, MA: MIT Press, 2010).

[24] C.T. Bergstrom y L.A. Dugatkin, *Evolution* (New York: Norton, 2012), 409.

[25] Futuyma, *Evolution*, 209,222-23.

[26] J.C. Herron y S. Freeman, *Evolutionary Analysis* [*Análisis evolutivo*], 5a ed. (Boston: Pearson Education, 2014), 152-54.

[27] E. Serrelli y N. Gontier, *Macroevolution: Explanation, Interpretation and Evidence* [*La macroevolución: Explicación, interpretación y la evidencia*] (New York: Springer, 2015).

[28] Ridley, *Evolution;* Coyne y Orr, *Speciation;* F.J. Ayala y J.C. Avise, *Essential Readings in Evolutionary Biology* [*Lecturas esenciales en biología evolutiva*] (Baltimore, MD; Johns Hopkins University Press, 2014); N.H. Barton, *Evolution* [*Evolución*] (Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2007).

[29] D. Noble, "Physiology Is Rocking the Foundations of Evolutionary Biology" ["La fisiología está sacudiendo los fundamentos de la biología evolutiva"], *Experimental Physiology* 98 (2013): 1235-43, doi:10.1113/expphysiol.2012.071134.

[30] Shapiro, *Evolution;* Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution;* Pigliucci y Müller, *Evolution;* E. Jablonka y M.J. Lamb, *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life* [*La evolución en cuatro dimensiones: genética, epigenética, conductual, y la variación simbólica de la historia de la vida*] (Cambridge, MA: MIT Press, 2005).

[31] Shapiro, *Evolution.*

[32] Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution.*

[33] Pigliucci y Müller, *Evolution.*

[34] Cabej, *Epigenetic Principles of Evolution;* A.J. Cain, "The Perfection of Animals" ["La perfección de los animals"], *Biological Journal of the Linnean Society* 36 (1989): 3-29, doi:10.1111/j.1095-8312.1989.tb00479.x; J. Maynard Smith, *Evolutionary Genetics* [*Genética evolutiva*] (New York: Oxford University Press, 1989).

[35] Endler, *Natural Selection;* Weiner, "Evolution Made Visible."

[36] E.O. Dodson y P. Dodson, *Evolution: Process and Product* [*La evolución: proceso y producto*] (Boston: Prindle, Weber & Schmidt, 1985), 194.

[37] H.L. Carson, "The Genetics of Speciation at the Diploid Level" ["La genética de la especiación al nivel diploide"], *The American Naturalist* 109 (1975): 83-92.

[38] J.M. Diamond, “Flightlessness and Fear of Flying in Island Species” [“La imposibilidad de volar y el miedo a volar en especies que viven en islas”], *Nature* 293 (1981): 507-8.

[39] W.C. Dilger, “The Comparative Ethology of the African Parrot Genus *Agapornis*” [“La etología comparada del género *Agapornis* de loros africanos”], *Zeitschrift für Tierpsychologie* 17 (1960): 649-85; W.C. Dilger, “The Behavior of Lovebirds” [“La conducta de los periquitos africanos”], *Scientific American* 206 (1962): 88-98.

[40] Por ejemplo, S.T. Cole et al., “Massive Gene Decay in the Leprosy Bacillus” [“Descomposición masiva de genes en el bacilo de la lepra”], *Nature* 409 (2001): 1007-11; R. Brosch et al., “A New Evolutionary Scenario for the Mycobacterium *Tuberculosis* Complex” [“Un nuevo escenario evolutivo para el complejo Mycobacterium *Tuberculosis*”], *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 99 (2002): 3684-89; R.C. van Ham et al., “Reductive Genome Evolution in *Buchnera aphidicola*” [“Evolución reductora del genoma en *Buchnera aphidicola*”], *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100 (2003): 581-86; H. Ochman, “Genomes on the Shrink” [“Los genomas se reducen”], *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102 (2005): 11959-60; P.D. Brown, “Evolution in ID Perspective: The Aspect of Evolution through Loss” [“La evolución en la perspectiva del ID: El aspecto de la evolución a través de la pérdida”], Presentación oral en la RAPID 2 Conference, Biola University, La Mirada, CA, Mayo 11-13; A. Mira, H. Ochman y N.A. Moran, “Deletional Bias and the Evolution of Bacterial Genomes” [“El sesgo de la delección y la evolución de los genomas bacterianos”], *Trends in Genetics* 17 (2001): 589-96.

[41] R. Hinegardner, “Evolution of Genome Size” [“La evolución del tamaño del genoma”], en *Molecular Evolution,* ed. F.J. Ayala (Sunderland, MA: Sinauer, 1976): 179-99.

[42] L.C. Eiseley, *Darwin and the Mysterious Mr. X: New Light on the Evolutionists* [*Darwin y el misterioso Sr. X: nueva luz sobre los evolucionistas*] (New York: Dutton, 1979).

[43] L.P. Lester, R.G. Bohlin, y V.E. Anderson, *The Natural Limits to Biological Change* [*Los límites naturales del cambio biológico*] 2a ed. (Dallas, TX: Probe Books, 1989).

[44] J.C. Sanford, *Genetic Entropy & the Mystery of the Genome* [*La entropía genética y el misterio del genoma*] (Waterloo, NY: FMS, 2008).

[45] R. Bakker, “Evolution by Revolution” [“La evolución por medio de una revolución”], *Science* 85 (1985): 72-80; S. Løvtrup, *Darwinism: The Refutation of a Myth* [*Darwinismo: la refutación de un mito*] (New York, Croom Helm, 1987); B. John y G.L.G. Miklos, *The Eukaryote Genome in Development and Evolution* [*El genoma eucariota en el desarrollo y la evolución*] (Boston: Allen & Unwin, 1988); R.L. Carroll, “Towards a New Evolutionary Synthesis” [“Hacia una nueva síntesis evolutiva”], *Trends in Ecology & Evolution* 15 (2000): 27-32; S. Conway Morris, “Evolution: Bringing Molecules into the Fold” [“Evolución: Trayendo las moléculas al redil”], *Cell* 100 (2000): 1-11; W.E. Lönnig y H. Saedler, “Chromosome Rearrangements and Transposable Elements” [“Reordenación de cromosomas y los elementos transponibles”], *Annual Review of Genetics* 36 (2002): 389-410; G.P. Wagner y P.F. Stadler, “Quasi-independence, Homology and the Unity of Type: A Topological Theory of Characters” [“Casi-independencia, la homología y la unidad del tipo: Una teoría topológica de los caracteres”], *Journal of Theoretical Biology* 220 (2003): 505-27.

[46] Por ejemplo: V. Morell, "Predator-free Guppies Take an Evolutionary Leap Forward" ["Las olominas (pez) sin depredadores dan un salto evolutivo hacia adelante"], *Science* 275 (1997): 1880; D.N. Reznick et al., "Evaluation of the Rate of Evolution in Natural Populations of Guppies (*Poecilia reticulata*)" ["Evaluación de la tasa de evolución en las poblaciones naturales de olominas (*guppies* – pez) (*Poecilia reticulata*)"], *Science* 275 (1997): 1934-37; M.V. Ashley et al., "Evolutionary Enlightened Management" ["Manejo evolutivo iluminado"], *Biological Conservation* 111 (2003): 115-23; J.B. Losos, "What Darwin Got Wrong" ["En lo que Darwin se equivocó"], *The Chronicle of Higher Education* (Enero 24, 2014), B13-B15; J. Little, "Life in the Fast Lane: Some Species Are Evolving Far More Quickly than Darwin Ever Imagined" ["La vida en la vía rápida: Algunas especies están evolucionando mucho más rápido de lo que Darwin alguna vez imaginó"], *Discover* 36 (2015): 70-72.

[47] Copépodos: M.W. Johnson, "The Copepod *Cyclops dimorphus* Kiefer from the Salton Sea" ["El copépodo *Cyclops dimorphus* Kiefer del Salton Sea"], *American Midland Naturalist* 49 (1953): 188-92; polillas: E.C. Zimmerman, "Possible Evidence of Rapid Evolution in Hawaian Moths" ["Posible evidencia de evolución rápida en polillas de Hawai"], *Evolution* 14 (1960): 137-38; gorriones caseros: R.F. Johnston y R.K. Selander, "House Sparrows: Rapid Evolution of Races in North America" ["Gorriones caseros: Rápida evolución de razas en Norteamérica"], *Science* 144 (1964): 548-50; monos verdes: E.H. Ashton et al., "The Results of Geographic Isolation on the Teeth and Skull of the Green Monkey (*Cercopithecus aethiops sabaeus*) in St. Kitts–a Multivariate Retrospect" ["Los resultados del aislamiento geográfico en los dientes y el cráneo del mono verde (*Cercopithecus aethiops sabaeus*) en St. Kitts–una retrospección multivariada"], *Journal of Zoology* 188 (1979): 533-55, doi:10.1111/j.1469-7998.1979.tb03433.x; estorninos (*mynas*): A.J. Baker y A. Moeed, "Rapid Genetic Differentiation and Founder Effect in Colonizing Populations of Common Mynas (*Acridotheres tristis*)" ["Rápida diferenciación genética y el efecto fundador en poblaciones colonizadoras de estorninos communes (*Acridotheres tristis*)"], *Evolution* 41 (1987): 525-38, doi:10.2307/2409254.

[48] Morell, "Predator-free Guppies"; Reznick et al., "Evaluation of the Rate".

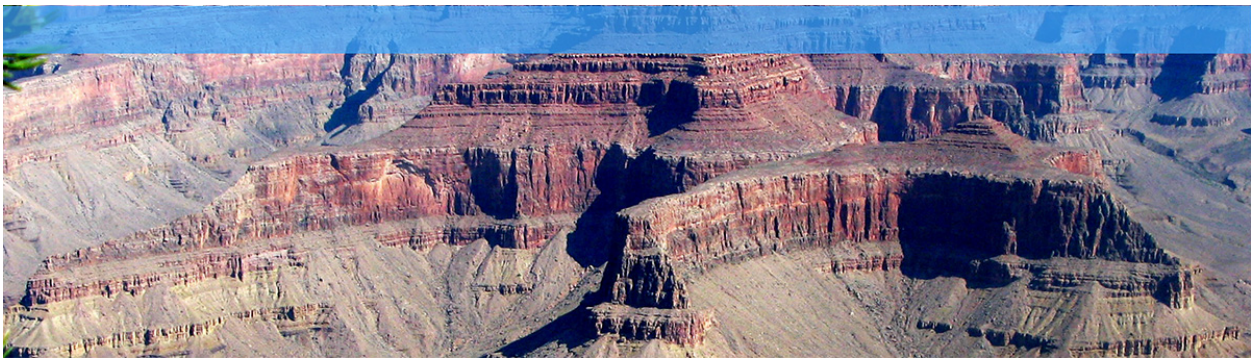
[49] Por ejemplo, S.J. Gould, "The Paradox of the Visibly Irrelevant" ["La paradoja de lo visiblemente irrelevante"], *Natural History* 106 (1997-1998): 12-18, 60-66.

[50] Véase también, T. Wood, "The AGEing Process: Rapid Post-Flood Intrabaraminic Diversification Caused by Altruistic Genetic Elements (AGES)" ["El proceso de envejecimiento (AGEing): Diversificación intrabaramínica rápida después del Diluvio causada por elementos genéticos altruistas (AGES, sigla en inglés)"]*, Origins* 54 (2002): 5-34.

[51] Mettler et al., *Population Genetics and Evolution,* 296; C. Terzian y C. Biémont, "The Founder Effect Theory: Quatitative Variation and mdg-1 Mobile Element Polymorphism in Experimental Populations of *Drosophila melanogaster*" [La teoría del efecto fundador: Variación cuantitativa y polimorfismo en el elemento móvil mdg-1 en poblaciones experimentales de *Drosophila melanogaster*"], *Genetica* 76 (1988) 53-63; H.L. Carson y R.G. Wisotzkey, "Increase in Genetic Variance Following a Population Bottleneck" ["Aumento en la variabilidad genética luego de un cuello de botella en la población"], *The American Naturalist* 134 (1989): 668-73; H.C. Dessauer, G.F. Gee, y J.S. Rogers, "Allozyme Evidence for Crane Systematics and Polymorphisms within Populations of Sandhill, Sarus, Siberian, and Whooping Cranes" ["Evidencias en alozimas de la sistemática y los polimorfismos en las poblaciones de grullas de las dunas, siberianas, sarus y trompeteras"], *Molecular Phylogenetics and Evolution* 1 (1992):279-88.

[52] P. Parsons, “Evolutionary Rates under Evolutionary Stress” [“Tasas evolutivas bajo el estrés evolutivo”], *Evolutionary Biology* 21 (1987): 311-47; P.A. Parsons, “Evolutionary Rates: Effects of Stress upon Recombination” [“Tasas evolutivas: Efectos del estrés sobre la recombinación”], *Biological Journal of the Linnean Society* 35 (1988): 49-68; A Fontdevila, “Genetic Instability and Rapid Speciation: Are they Coupled?” [“Inestabilidad genética y especiación rápida: ¿están acopladas?”], *Genetica* 86 (1992): 247-58.

[53] T.C. Wood y M.J. Murray, *Understanding the Pattern of Life: Origins and Organization of the Species* [*Comprendiendo el patrón de la vida: Los orígenes y la organización de las especies*] (Nashville, TN: Broadman & Holman, 2003), 170.



Capítulo 9

¿Puede un creacionista aceptar el proceso de evolución?

Reseña

¿Puede un cristiano armonizar la microevolución y la especiación con la creencia en el registro bíblico de la creación y de la historia de la Tierra? Este capítulo evalúa esto a la luz de lo que la Biblia dice y lo que vemos en la evidencia biológica. Concluimos que esos conceptos biológicos son compatibles con las Escrituras. Las evidencias sugieren que la cantidad de cambio incluye las adaptaciones microevolutivas al ambiente, nuevas especies y géneros, y posiblemente algunas nuevas familias.

¿Microevolución y especiación desde la creación?

Al final de la semana de la creación, tal como se describe en el libro de Génesis, existía un ecosistema equilibrado con peces, aves, reptiles, organismos que se arrastran (invertebrados), mamíferos (incluidos los seres humanos), y el mundo vegetal (incluidos los árboles frutales, es decir, las angiospermas o plantas con flores). Estos organismos no se originaron por macroevolución sino que se inventaron y formaron mediante una creación instantánea. ¿Tenemos una razón bíblica para creer que Dios puede hacer eso? La Biblia afirma que sí lo puede hacer, y cuando Jesús estuvo en esta Tierra, sanó a las personas instantáneamente y levantó a los muertos. Eso involucra una creación instantánea de tejido viviente,

incluyendo vías nerviosas sanas y centros de procesamiento de información para una persona nacida ciega. Dios es capaz de hacer lo que afirma que hizo. No obstante, ¿qué decir sobre la microevolución y la especiación? ¿Ocurren realmente?

Charles Darwin vio evidencia del cambio microevolutivo en animales y plantas. Eso lo llevó a rechazar el creacionismo rígido de su tiempo, con su fijismo de las especies. También creyó que se forman nuevas especies, pero su teoría no discute cómo ocurre eso. El intervencionista de hoy cree que Darwin y algunos de sus contemporáneos cometieron el error de equiparar la creencia en la creación con una creencia en el fijismo de las especies. Varias líneas de razonamiento nos llevan a rechazar la idea de que todas las especies fueron creadas tal cual existen hoy. La variabilidad que observamos en los animales domésticos nos dice que el sistema genético es capaz de muchos cambios. La reproducción selectiva produce perros que van desde los pequineses a los San Bernardos, gallinas con plumas de 3,5 metros en la cola, y caballos que varían de los impresionantes Clydesdale y otras razas de caballos de trabajo hasta las miniaturas del tamaño de un perro. Esa evidencia, por sí sola, no demuestra que lo mismo puede ocurrir en la naturaleza, pero sí nos muestra que está presente un potencial genético para mucha microevolución. Hemos visto microbios que desarrollan inmunidad a los antibióticos por el proceso de la microevolución, para consternación de la práctica médica.

El intervencionista también tiene que explicar otro tipo de evidencia: el origen de los parásitos y de otras fuerzas destructivas en la naturaleza. Muchos parásitos son altamente modificados en su anatomía y fisiología para depender del parasitismo como forma de vida. La idea de que un Dios benevolente creó esos seres repulsivos y destructivos de la naturaleza molestó mucho a Charles Darwin, y con buena razón.[1] El antiguo concepto del fijismo de las especies hizo a Dios responsable de todo en la naturaleza, tanto de lo bueno como de lo malo. Un planteo más consistente del intervencionismo sugiere que Dios diseñó la naturaleza para que opere armoniosamente, y que algunas características del mundo biológico se han desarrollado por evolución después de la creación.

Después de que Darwin volvió de su visita a las Islas Galápagos, se dio cuenta de que los pinzones y las tortugas gigantes eran algo diferentes en cada isla (fig. 9.1).[2] Ese y otros casos similares lo llevaron a proponer que Dios no creó una especie diferente en cada isla, sino que cada especie se desarrolló por evolución. La investigación desde entonces apoya ese concepto.

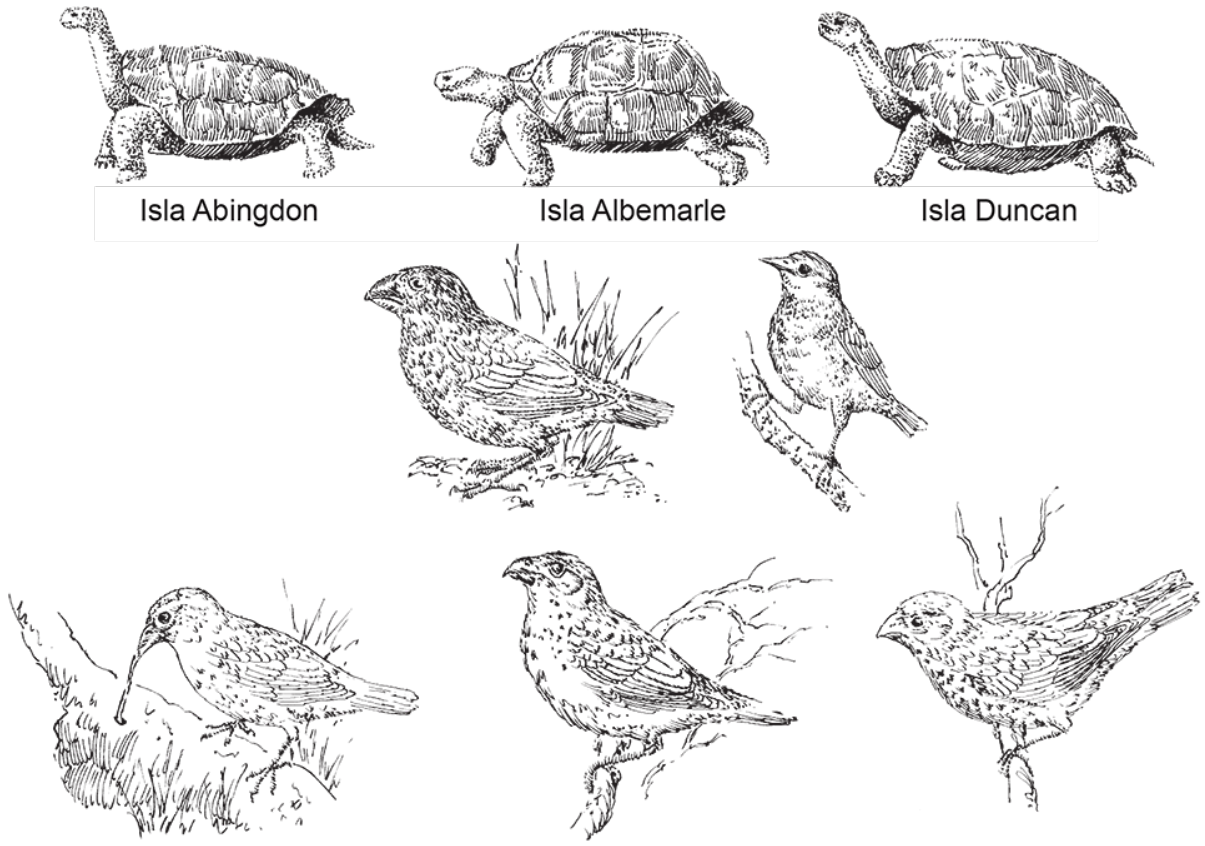


Figura 9.1. Varias especies de pinzones de Darwin y de tortugas gigantes de las Islas Galápagos (según Stebbins 1971). Ilustración de Robert Knabenbauer.

De las 22 especies de ardillas listadas (*chipmunks*) en los Estados Unidos, trece están en California. Las diferencias entre ellas (fig. 9.2) son bastante pequeñas e involucran variación en los patrones de color, tamaño, conducta, ecología y proporciones de los huesos. Algunas tienen puntas blancas en los pelos de la cola, y otras tienen puntas amarillas. Algunas tienen franjas brillantes y contrastantes, mientras que otras presentan menos contrastes. Sus chillidos de llamado son suficientemente diferentes que, luego de un poco de práctica, uno puede identificarlas solo a través de sus llamadas.[3] Algunas viven en bosques abiertos, mientras otras prefieren arbustos densos o bosques con muchos troncos caídos y arbustos. De cierto, las diferencias entre las especies de ardillas listadas son mucho menores que las diferencias entre muchas razas de perros. Pero siendo que las diferentes poblaciones de ardillas listadas no se reproducen entre sí, son especies diferentes.

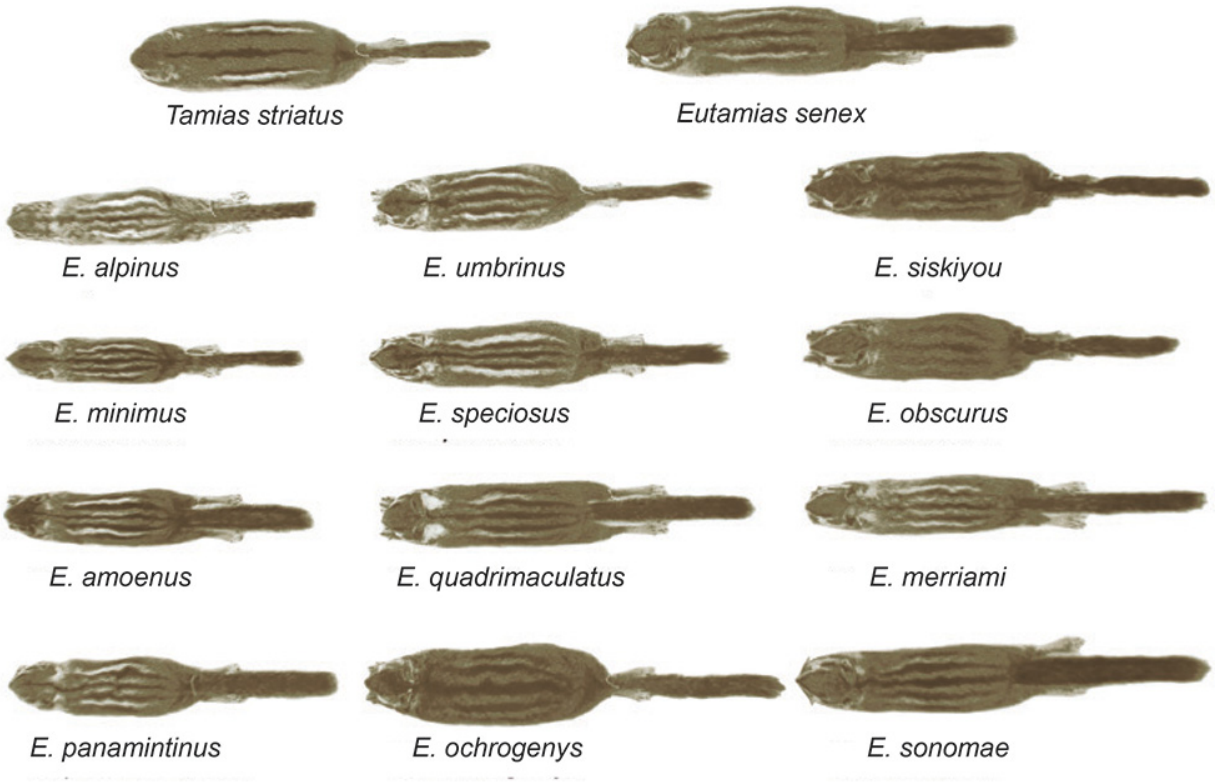


Figura 9.2. Las trece especies de ardillas listadas (*chipmunks*) de California y la ardilla listada del este, *Tamias striatus*. Cortesía de Mark Ford.

También encontramos que cada especie tiene su propia área geográfica (fig. 9.3). *Eutamias sonomae (nota: algunos biólogos ahora colocan todas las especies de ardillas listadas del oeste en el género* Tamias*)* aparece solo en los arbustos de chaparral del noroeste de California. *E. panamintinus* se encuentra solo en los bosques semidesérticos de pino al este de las montañas de la Sierra Nevada, y *E. alpinus* se limita a las praderas de montañas rocosas a elevaciones superiores a los 3000 metros en la Sierra Nevada.

¿Hizo Dios esas especies de ardillas listadas y las puso donde están ahora? De hecho lo pudo hacer, pero la evidencia parece indicar otra explicación: Dios hizo cada grupo de animales con un definido potencial para la variabilidad genética: la habilidad de adaptarse, a través de la microevolución y la especiación, a nuevos hábitats y cambios climáticos que encontrarían después de la creación. Eso se refuerza aún más si consideramos seriamente la posibilidad de una catástrofe global y reconocemos que las cadenas montañosas y las condiciones climáticas que determinan la distribución de las ardillas listadas y sus adaptaciones no existían en su forma actual sino solo hasta después de la catástrofe. A lo mejor,

luego de la catástrofe, las ardillas listadas originales se esparcieron a través de Asia (existe una especie allí) y hacia Norteamérica donde los grupos de ardillas listadas colonizaron muchas zonas diferentes y esos grupos se adaptaron a las condiciones locales para producir las 22 especies. Cuando una especie, tal como la especie de ardilla listada ancestral, da origen a varias nuevas especies a medida que las diferentes poblaciones se adaptan a diferentes nichos ecológicos, el proceso recibe el nombre de radiación adaptativa.

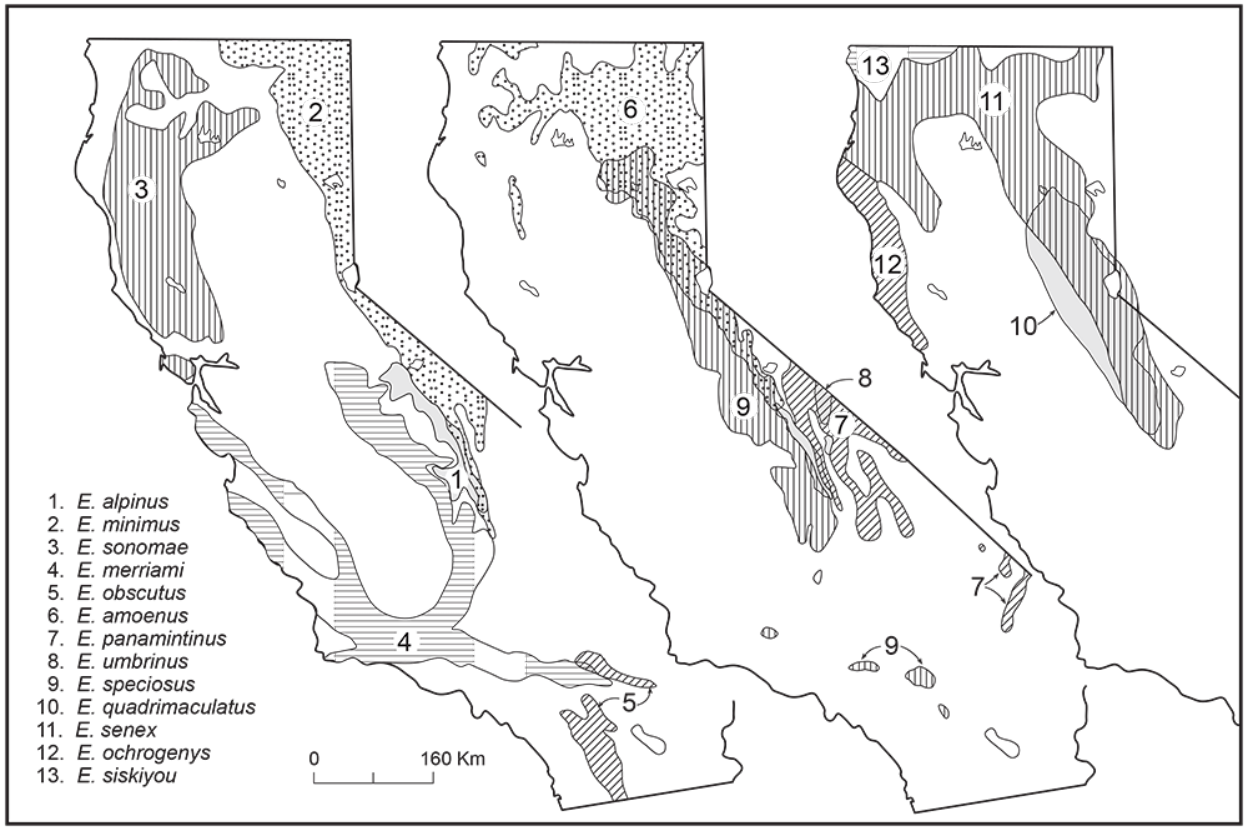


Figura 9.3. Extensión geográfica de las ardillas listadas (*chipmunks*) en California (según Hall 1981; Johnson 1943). Ilustración de Carole Stanton.

La palabra "evolución" (del latín *evolucion,* significa "desenrollar o desplegar"), así como la usamos aquí, significa cambio. Buenas evidencias indican que ese proceso genético de la evolución (o alguna variante de él) de cierto tiene lugar y produce nuevas variedades y nuevas especies. De los muchos ejemplos similares que podemos examinar, veamos brevemente solo uno: el ratón de campo o de las praderas (*voles*). Esos pequeños roedores de orejas cortas existen en diversas partes del mundo y viven predominantemente en áreas de pastizales en

sistemas de túneles que mastican en medio de la vegetación. Los ratones de campo más famosos son los *lemmings* del Ártico. Unas pocas de las muchas especies de ratones de campo en el género *Microtus* se muestran en la figura 9.4. Todos son bastante similares, tan similares como las especies de ardillas listadas. Un poco más de investigación muestra un número de géneros de ratones de campo no tan diferentes de los *Microtus* (fig. 9.5).

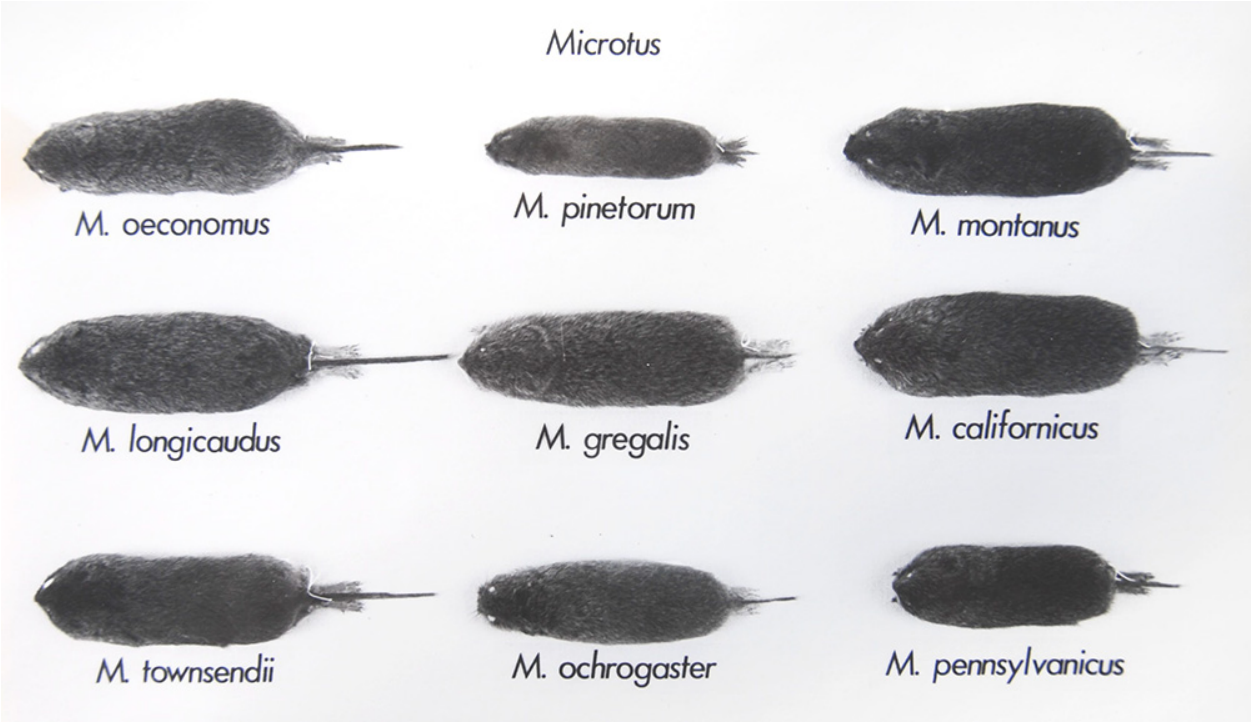


Figura 9.4. Varias especies de ratones de campo del género *Microtus*. Cortesía de Mark Ford.

Se clasifican en diferentes géneros porque cada uno tiene ciertas características consistentemente diferentes de *Microtus* y unas de otras, pero esas diferencias son relativamente menores. Esas incluyen variaciones en los patrones de la corona en las superficies moledoras de los dientes, diferencias en las características de los dedos y las garras de las patas, diferencias menores en las proporciones de los caracteres anatómicos, y algunas diferencias en su biología molecular. Es concebible que todos esos géneros se desarrollaron desde un ancestro creado, especialmente si consideramos el nuevo conocimiento proveniente del estudio de la epigenética.

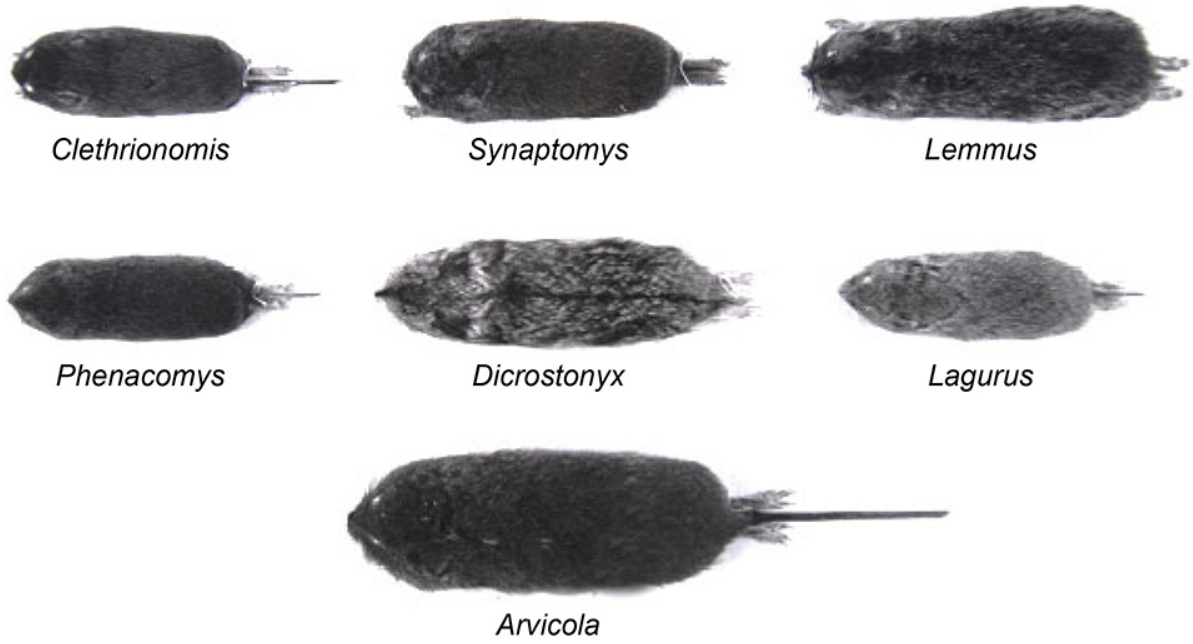


Figura 9.5. Varios géneros de ratones de campo. El género *Lemmus* y *Dicrostonyx* son lemmings de la región ártica. Cortesía de Mark Ford.

Hasta el ratón almizclero y el ratón almizclero de cola redonda están en la misma subfamilia que los ratones de campo. Difieren mayormente en el tamaño y en unas pocas adaptaciones para la vida en el agua (fig. 9.6). ¿Podrían haberse originado a partir del mismo ancestro creado que los ratones de campo? Tal vez sí.

Figura 9.6. Parientes de los ratones de campo: el ratón almizclero (*Ondatra zibethicus*) y el ratón almizclero de cola redonda (*Neofiber alleni*). Cortesía de Mark Ford.

Pero, ¿no dijo Moisés…?

Algunos pueden objetar que la Biblia dice que Dios creó las especies animales como se las ve ahora. Las únicas declaraciones bíblicas que podrían interpretarse de esa manera son las expresiones "según su especie" en algunas traducciones de la Biblia. Pero no se puede demostrar que la frase "según su especie" sea una declaración técnica genética que indica que cada especie permanecería sin alterarse. Es más probable que indicara que los descendientes serían semejantes a sus padres. Además, la frase "según su especie" se usa solo una vez en relación con la orden de multiplicarse, y se interpreta de esa manera solo en algunas traducciones (Génesis 1,11-12, RVA). El resto del tiempo se la usa en conexión con la declaración de que algo fue creado o en referencia a los tipos de animales que entraron al arca.[4] La frase original en hebreo puede traducirse de más de una manera. Algunas traducciones inglesas modernas usan la declaración que se entiende más fácilmente "Dios hizo las diferentes clases de animales sobre la Tierra" (Génesis 1,25, *La Biblia, Una traducción americana*), en lugar de "Hizo Dios los animales de la Tierra según su especie" (Génesis 1,25, RVA).

El hecho de que los grupos principales de organismos, incluidos los tipos que se supone son altamente evolucionados como las plantas con flores (árboles frutales) y los seres humanos, estuvieran presentes al final de la semana de la creación, indica que la macroevolución no es compatible con el intervencionismo bíblico. Pero Génesis no parece decir nada en contra de los procesos de microevolución y, tal vez, hasta de algunos aspectos de la macroevolución, por lo menos hasta el punto de desarrollo de nuevos géneros. Ciertamente, eso se implica en las palabras que Dios habló a Adán después de la caída: "Al hombre le dijo: 'Por cuanto le hiciste caso a tu mujer, y comiste del árbol del que te prohibí comer, ¡maldita será la tierra por tu culpa! Con penosos trabajos comerás de ella todos los días de tu vida. La tierra te producirá cardos y espinas, y comerás hierbas silvestres. Te ganarás el pan con el sudor de tu frente…'" (Génesis 3,17-19, NVI). Existe sólidas evidencias científicas a favor de la microevolución y la especiación, y la Biblia no dice nada en contra de ellas. Hoy los intervencionistas no tienen razones para dudar de su validez. Se incorporan como parte de la "teoría de la intervención".

Uno solo puede preguntarse qué habría sucedido en la biología durante este último siglo, si Darwin hubiera leído más cuidadosamente la Biblia y aprendido que la Biblia no descarta la evolución de nuevas especies. Si hubiera desarrollado una teoría de la evolución dentro de los límites de los grupos creados, ¿habría tenido la ciencia tanto éxito como lo ha tenido? Probablemente sí, o a lo mejor incluso hubiese tenido más éxito.

Los intervencionistas y otros científicos pueden estar de acuerdo sobre la microevolución, la especiación y algo de macroevolución. De este modo, la investigación en esas áreas no se vería afectada por las preferencias filosóficas del investigador. El intervencionista no está de acuerdo sobre la cuestión de la macroevolución y propone límites a los cambios que la evolución puede producir. Algunos investigadores se preguntan, ¿cuáles son los límites del cambio evolutivo? ¿Cuáles son los límites de los grupos originales independientes?[5] La teoría evolutiva naturalista no hace tales preguntas. Asume que todos los grupos de animales y de plantas pudieron surgir y lo hicieron por evolución.

Los límites del cambio evolutivo no son fáciles de definir debido a la incertidumbre que enfrentamos en el estudio de cosas que ocurrieron en el pasado distante. De todas formas, es una pregunta que vale la pena tratar de contestar. La Biblia no da mucha información específica para ayudarnos a determinar cuánto cambio evolutivo ha ocurrido desde la creación. Sobre este tema, como muchos otros, la Biblia solo da los principios importantes para guiar nuestro pensamiento y deja los detalles para desafiar nuestra curiosidad.

Algunos afirman que si aceptamos la microevolución, no tenemos razones para cuestionar la macroevolución, la evolución de los grupos principales de organismos. ¿Es verdad eso? Si aceptamos la microevolución ¿no lleva eso a aceptar la evolución de todo? No necesariamente. ¿Cuántos cambios puede producir el proceso darwiniano (mutación y selección natural)? Discutiremos estas preguntas en el capítulo 10.

Las personas que escriben artículos anticreacionistas a menudo asumen que los creacionistas todavía creen en el fijismo de las especies, pero eso se basa en su falta de conocimiento sobre el pensamiento de intervencionistas educados. No metemos a hurtadillas la microevolución y la especiación en nuestro pensamiento por ignorancia, sino que conscientemente las aceptamos a partir de un análisis cuidadoso de las fortalezas o las debilidades de las evidencias para diferentes partes de la teoría de la evolución. Los escritos anticreacionistas serían más creíbles si los autores hicieran un esfuerzo significativo en comprender el pensamiento de creacionistas educados.

¿Cuánto cambio sugieren las evidencias?

Las evidencias indican que se ha producido una cantidad considerable de especiación y adaptación morfológica dentro de los grupos creados. La reinterpretación de la genética evolutiva presentada en este libro es propuesta como un paso hacia la comprensión del proceso de cambio que trajo la vida a partir del estado creado original, hasta su presente adaptación a las condiciones modernas.

Proponemos que esos mecanismos genéticos creados son adecuados solo para diversificar y adaptar la vida dentro de los taxones originales creados.

Parece ser que los límites a esos cambios no se dan al nivel de especie. Debido a la subjetividad involucrada al definir las categorías superiores en diferentes grupos de organismos, no es posible definir de forma consistente los límites de los grupos originales de animales y de plantas en términos de un nivel taxonómico específico tal como familia o género. Por ejemplo, la distinción entre un género y una familia de ardillas y entre un género y una familia de escarabajos, puede no ser equivalente. Un análisis preliminar indica que, en promedio, casi todas las especies modernas, probablemente la mayoría de los géneros modernos, y a lo mejor algunas familias resultaron de modificaciones de especies originalmente creadas.

Frank Marsh propuso que un grupo creado, al que llamó un "tipo básico" o "baramín", incluye todos los individuos o especies que son capaces de hibridarse.[6] Scherer editó un volumen que resume los datos disponibles de hibridación, y los catorce tipos básicos que parecen emerger de esos datos, si es que aceptamos la propuesta de Marsh.[7] Esos tipos básicos son al nivel de tribu, subfamilia o familia. Algunos ejemplos representativos de esos tipos básicos son la familia Canidae (perros, lobos, zorros, chacales: 15 géneros y 34 especies), la familia Equidae (caballos: 6 especies), la familia Anatidae (patos, gansos y cigüeñas: 148 especies), la familia Estrildidae (los pinzones estríldidos: 49 géneros y 131 especies), y la familia Phasianidae (perdices, pavos, faisanes: 34 géneros y 203 especies). Existen datos de hibridación para solo una pequeña parte de las familias animales y vegetales, y se podría realizar muchas más investigaciones. Los intervencionistas también están desarrollando otros abordajes al estudio de evidencia bioquímica y sistemática para analizar los posibles límites de los grupos originales creados.[8]

Un estudio con zorros comenzado en la década de 1950 en una chacra experimental de zorros en Siberia produjo resultados fascinantes y contribuyó a una nueva teoría sobre la evolución de los perros domésticos a partir de los lobos.[9] Los zorros se crían en chacras para obtener su pelaje, pero su disposición agresiva dificulta el trabajo con ellos. El profesor Dmitry Belyaev comenzó un experimento seleccionando zorros con solo un rasgo: la docilidad. Usando un procedimiento constante para probar sus reacciones a los humanos, seleccionó los individuos que se mostraban tolerantes o curiosos cuando él se aproximaba. Solo los usaba para reproducirse. En alrededor de una década, eso resultó en una población de zorros mansos, y la docilidad se heredaba en cada generación. El resultado inesperado fue que aunque fuesen seleccionados por solo ese rasgo, la docilidad, no solo se hicieron mansos, pero también cambiaron físicamente. Aparecieron nuevos colores de pelaje, incluyendo patrones moteados y blanco y negro. Sus orejas se volvieron caídas, como en muchos perros, comenzaron a ladrar como perros, y cambiaron de

un ciclo de reproducción anual a reproducirse dos veces al año. Parece ser que existe un enlace genético entre tales caracteres como adrenalina y melanina y otros. La investigación epigenética sugiere que esos cambios involucran la activación heredable, no genética (epigenética) de genes que controlan el color.[10] Los procesos epigenéticos ayudarían a explicar por qué los cambios ocurrieron tan rápido.

Ese resultado apoyó la teoría de Raymond Coppinger sobre el origen de los perros.[11] Basado en su carrera de investigaciones sobre los perros y los lobos, dudaba de que los antiguos hayan atrapado a los cachorros de lobos y los hayan amansado. Hacer eso con muchos lobos por generaciones sería una tarea abrumadora, sino imposible, dada la persistente naturaleza genética salvaje, la inteligencia, y el espíritu independiente de los lobos. Además de ese problema, la gente que nunca hubiera visto a un perro no tendría conocimiento sobre qué posibilidades podían resultar al domesticar a los lobos. La teoría de Coppinger es que cuando los humanos comenzaron a vivir en villas, eso resultó en la aparición de basurales, una nueva fuente potencial de nutrición para animales, incluidos a los lobos. Pero el temor natural de los lobos y su tendencia a correr rápidamente alejándose cuando las personas se acercan minimizaría su habilidad de usar los basurales. Si algunos lobos individuales tenían un escape de corta distancia y eran más tolerantes a la presencia humana, tendrían una fuerte ventaja selectiva y podrían naturalmente con el tiempo, producir una población de lobos genéticamente mansos sin que los humanos tuvieran nada que ver con ello. Coppinger sugiere que ese proceso, comparable al de los cambios en los zorros, pudo haber resultado en el origen de perros en el tiempo de vida de un ser humano.

Esos cambios dentro de los grupos creados involucraron procesos epigenéticos, mutaciones y selección natural, la pérdida (o desactivación) de algo de la información genética, y la resultante adaptación a los ambientes cambiantes. La epigenética y los cambios en genes reguladores probablemente han sido un factor importante para hacer posible los cambios rápidos. ¿Será que aun la serie de caballos fósiles pudo resultar de esos procesos?

Esta teoría intervencionista tiene un número de implicaciones para el sistema genético, junto con sugerencias para investigaciones futuras. Una implicación obvia es que con adecuada variabilidad genética y ambientes cambiantes, el cambio morfológico y la especiación podrían producirse rápidamente, incluso órdenes de magnitud más rápidamente de lo que se ha creído, pero dentro de ciertos límites. No se esperaría que las poblaciones animales que están bien adaptadas a sus ambientes cambien, pero una rápida evolución dentro de sus límites se ve como una expectativa normal bajo ciertas condiciones ambientales.

Las islas de Hawái son el grupo más aislado y extenso en el mundo, una cadena de volcanes que se elevan desde el fondo marino del Océano Pacífico a más

de 3500 kilómetros de la masa terrestre más cercana. Aun mucho más que las Islas Galápagos, esas islas son un laboratorio ideal para considerar los procesos de cambio evolutivo. Por ejemplo, existen más de quinientas especies de moscas de la fruta en las islas de Hawái, todas en el género *Drosophila*, la mosca de la fruta común que se ve sobrevolando las bananas maduras en nuestras casas hoy. Esas moscas de la fruta son todas endémicas a las islas (no se encuentran en ningún otro lugar). ¿De dónde vinieron todas esas diversas formas? ¿Cómo llegaron a las islas? ¿Por qué solo se encuentran allí?

Se presume que una sola hembra *Drosophila* preñada llegó allí por azar, a lo mejor transportada por el aire en una tormenta, o llegó allí en algún trozo vegetal flotante y al llegar encontró un ambiente rico con muchos nichos que no habían sido explotados. Muchas generaciones de descendientes se adaptaron rápidamente para llenar esos nichos, produciendo con el tiempo los cientos de diferentes tipos de *Drosophila* que se encuentran allí hoy. No se conoce ningún ejemplo de moscas de la fruta que se hayan transformado en otros tipos de moscas o insectos. Además, las moscas de la fruta han sido objeto de décadas de estudios mutacionales en laboratorios de investigación, y todavía siguen siendo claramente moscas de la fruta. Así que, con las moscas de la fruta, el género parece ser un elemento estable, con el cambio ocurriendo solo dentro del género. Pero dentro de ese género existe una enorme variabilidad demostrada en las muchas especies diferentes que se encuentran allí. La evolución de las moscas de la fruta se ubica enteramente dentro de la categoría de microevolución y especiación.

En forma similar, un pariente de la "hierba melosa" (*tarweed*) de California, una planta compuesta, debe haber flotado hasta Hawái, a lo mejor como una semilla o como una balsa de semillas. También se ha diversificado en el ambiente hawaiano despoblado para formar una variedad de géneros, en ese caso, se ven muy diferentes hoy. *Argyroxiphium,* una planta llamada "espada de plata" (*silversword*), es un género muy conocido que se encuentra principalmente en el borde del cráter del Volcán Haleakala en el este de Maui. Tiene la apariencia de una yuca, con una alta punta floreada, pero con el tipo de florecimiento de las compuestas, como el girasol. *Wilkesia*, es un género emparentado que se encuentra en el oeste de Kauai. En su apariencia, es parecida a la espada de plata pero es verde y parece mucho más frágil que la espada de plata. *Dubautia* es otro género emparentado, también con florecimiento del tipo de girasol, que crece con el hábito de enredadera. Para todas esas plantas el elemento coherente es la familia. Todos esos géneros están en la familia Asteraceae, y no se cree que se haya producido ningún otro género fuera de la familia derivado de la especiación de ese grupo. Existen muchos otros ejemplos en las islas de Hawái que registran especiación, pero todos esos cambios se han producido dentro de los límites de la familia.

Resumen 9-1

Los procesos de microevolución y especiación ¿son reales?

Datos

Existen grupos con especies muy numerosas, aparentemente en respuesta a situaciones ambientales modernas específicas. Existe evidencia de un amplio potencial genético como se ve en los animales domésticos, observaciones de cambios microevolutivos como se ven en el desarrollo de inmunidad contra los antibióticos por parte de los microbios y en muchos otros ejemplos.

Interpretación

***Suposiciones*: No se necesita ninguna.**

Tanto el intervencionismo como el naturalismo concluyen que existe abundante evidencia que apoya tanto la microevolución como la especiación; existe un mecanismo que produce esos cambios.

Toda esa evidencia nos lleva a la conclusión que la microevolución y la especiación son procesos muy reales en la naturaleza, y los datos se pueden interpretar fácilmente con la teoría intervencionista. Además, concuerdan con la interpretación de que el Génesis es un registro verdadero de la historia de la Tierra.

---

[1] C.G. Hunter, *Darwin's God: Evolution and the Problem of Evil* [*El dios de Darwin: la evolución y el problema del mal*] (Grand Rapids, MI: Brazos, 2001); C.G. Hunter, *Science's Blind Spot: The Unseen Religión of Scientific Naturalism* [*El punto ciego de la ciencia: la religión no visible del naturalismo científico*] (Grand Rapids, MI: Brazos, 2007).

[2] R.W. Nelson, *Darwin, Then and Now: The Most Amazing Story in the History of Science* [*Darwin, entonces y ahora: La historia más asombrosa en la historia de la ciencia*] (New York: iUniverse, 2009).

[3] L. Brand, *Vocalizations and Behavior of the Chipmunks (Genus* Eutamias*) in California* [*Vocalizaciones y conducta de las ardillas listadas (chipmunks del género* Eutamias*) en California*] (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1970); L.R. Brand, "The Vocal Repertoire of Chipmunks (Genus *Eutamias*) in California" [El repertorio vocal de las ardillas listadas (chipmunks del género *Eutamias*) en California], *Animal Behaviour* 24 (1976): 319-35.

[4] L. Gibson, "Genesis Kinds and the Sea Urchin" ["Las especies del Génesis y el erizo de mar"], *Origins* 60 (2007): 3-5.

[5] K. Wise, "Practical Baraminology" ["Baraminología práctica"], *Creation ex Nihilo Technical Journal* 6 (1992): 122-37; S. Scherer, *Typen des Lebens* (Berlin: Pascal-Verlag, 1993); T. Wood, "The AGEing Process: Rapid Post-flood Intrabaraminic Diversification Caused by Altruistic Genetic Elements (AGES)" ["El proceso de envejecimiento (AGEing): Rápida diversificación intrabaramínica después del diluvio causada por elementos genéticos altruistas (AGES: sigla en inglés)"], *Origins* 54 (2002): 5-34; T.C. Wood, *Animal and Plant Baramins* [*Baramines animales y vegetales*] (Eugene, OR: Wipf and Stock, 2008); T.C. Wood and M.J. Murray, *Understanding the Pattern of Life: Origins and Organization of the Species* [*Comprendiendo el patrón de la vida: los orígenes y la organización de las especies*] (Nashville, TN: Broadman & Holman, 2003).

[6] F.L. Marsh, *Fundamental Biology* [*Biología fundamental*] (Lincoln, NE: Author, 1941); F.L. Marsh, *Variation and Fixity in Nature: The Meaning of Diversity and Discontinuity in the World of Living Things, and Their Bearing on Creation and Evolution* [*La variación y el fijismo en la naturaleza: El significado de la diversidad y la discontinuidad en el mundo de los seres vivos, y su relevancia en la creación y la evolución*] (Mountain View, CA: Pacific, 1976).

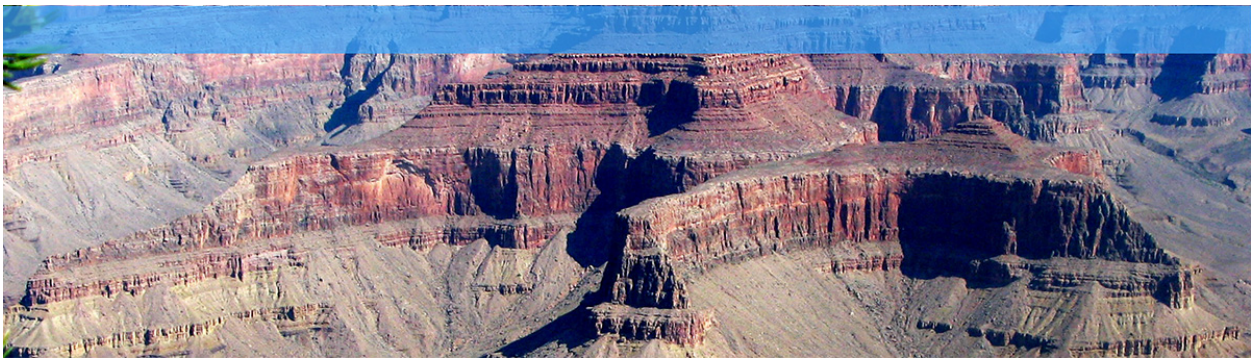
[7] Scherer, *Typen des Lebens.*

[8] Wood, *Animal and Plant Baramins;* Wood y Murray, *Understanding the Pattern*; T. Wood, "The Current Status of Baraminology" ["El estado actual de la Baraminología"], *Creation Research Society Quarterly* 43 (2006): 149-58.

[9] D. Belyaev y L.N. Trut, "Some Genetic and Endocrine Effects of Selection for Domestication in Silver Foxes" ["Algunos efectos genéticos y endócrinos en la selección para la domesticación en zorros plateados"], en *The Wild Canids: Their Systematics, Behavioral Ecology and Evolution,* ed. M.W. Fox (New York: Van Nostrand Reinhold, 1975), 416-26; R. Coppinger y L. Coppinger, *Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behavior, and Evolution* [*Los perros: un sorprendente nuevo entendimiento del origen, la conducta y la evolución de los caninos*] (Chicago: University of Chicago Press, 2001).

[10] E. Jablonka y M.J. Lamb, "Transgenerational Epigenetic Inheritance" ["La herencia epigenética transgeneracional"], en *Evolution: The Extended Synthesis,* ed. M. Pigliucci y G.B. Müller (Cambridge, MA: MIT Press, 2010), 137-74.

[11] Coppinger y Coppinger, *Dogs.*



Capítulo 10

Desafíos a la macroevolución

Reseña

¿Cuán bien apoya la evidencia biológica la teoría darwinista de la macroevolución, es decir, el origen naturalista de los principales grupos taxonómicos de organismos tales como clases y filos (o tipos)? En las publicaciones existe sólidas evidencias que apoyan la microevolución y el cambio dentro de las familias. Los conceptos del origen de los grupos principales por evolución son mucho más teóricos y dependen de la suposición del naturalismo. La teoría de la macroevolución enfrenta serios desafíos, especialmente con el rápido aumento del conocimiento de la bioquímica y la biología molecular en décadas recientes. Los desafíos no solo provienen de los intervencionistas sino también de las filas de científicos más convencionales. Un número creciente que acepta los conceptos generales de la evolución a partir de antepasados comunes desafía la capacidad de las mutaciones aleatorias y la selección natural darwinistas para dar cuenta de los orígenes de nuevos animales y planes corporales. Una teoría de la macroevolución exitosa necesitará un proceso diferente. Unos pocos simplemente dicen que es un misterio cómo evolucionó el sistema genético y cómo se originó la vida. El estudio de la epigenética (los procesos genéticos por fuera del ADN que manejan el ADN) está resultando en nuevos conocimientos y desafíos al neodarwinismo.

¿Qué es la macroevolución?

En el capítulo 8, definimos la microevolución y la macroevolución, pero definiremos aún más lo que percibimos como la diferencia entre ellas. Las adaptaciones microevolutivas y el origen de una nueva especie dentro de un género existente no involucran ninguna nueva estructura ni sistemas fisiológicos, y probablemente no requieren la evolución de nuevos genes. Simplemente es variación dentro del genoma existente. Por contraste, la macroevolución, la evolución de un nuevo plan corporal, de una nueva clase o filo de organismos, involucra nuevos genes y nuevas estructuras corporales. Nuestra pregunta aquí es si ese nivel de cambio evolutivo tiene apoyo en las evidencias.

¿Hay evidencias de macroevolución? Afirmaciones y crítica

Hemos descrito una teoría intervencionista de cambio genético limitado. Ahora debemos volver a la pregunta de si la evidencia genética provee una teoría adecuada para mostrar que la macroevolución puede producirse. Si hay microevolución, ¿demuestra eso que la macroevolución también se produce? ¿Qué tipos de evidencia proveen apoyo o presentan un desafío a la propuesta de que existe un adecuado proceso de macroevolución que puede explicar el origen de los tipos y clases de organismos?

Una respuesta posible es que el registro fósil muestra una secuencia en la aparición de organismos que es consistente con la teoría de la macroevolución: solo hay invertebrados y vertebrados que se parecen a peces en la parte inferior del Cámbrico, luego aparecen peces, anfibios, reptiles, mamíferos y aves, en ese orden, justo como se esperaría de un patrón de complejidad que va en aumento, lo que da apoyo al origen macroevolutivo de las formas vivientes. Pero también se puede argumentar que esa respuesta no es adecuada para eliminar la explicación alternativa: una creación separada de los diferentes planes corporales.

La secuencia fósil (fig. 10.1) también puede explicarse por otros procesos ajenos a la evolución. Los animales marinos son comunes a través de todo el registro fósil. Cuando examinamos los estratos del Paleozoico superior, hay un cambio en el marco ecológico representado por los fósiles; a los animales marinos se les unen progresivamente mayor cantidad de animales terrestres. A medida que avanzamos hacia arriba por el registro fósil hacia las formas más recientes, existen animales con más inteligencia y adaptabilidad. Por ejemplo, en una catástrofe geológica, esos factores posiblemente influirían en el orden en que esos vertebrados mueren y se entierran. Además, siempre existe la posibilidad de que el Creador interactuó con la naturaleza de alguna manera particular que produjo esa secuencia.

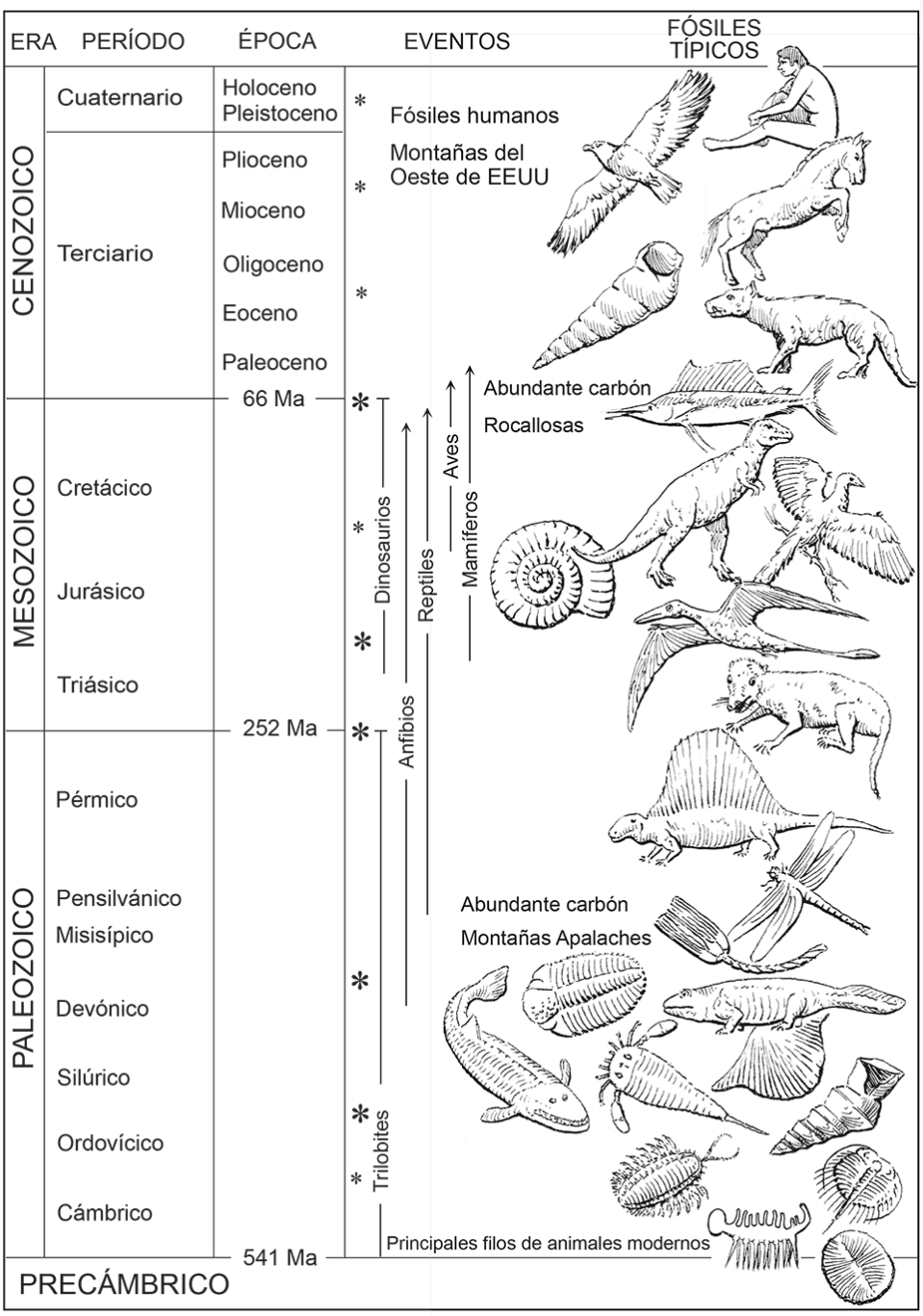


Figura 10.1. La columna geológica y la escala estándar de tiempo geológico. Los asteriscos grandes y chicos indican extinciones masivas grandes y pequeñas en el registro fósil. Ilustración de Robert Knabenbauer.

El punto es que, si estamos dispuestos a proseguir en una búsqueda abierta de la verdad, y estamos por lo menos dispuestos a considerar la posibilidad de que podría existir un Creador, tenemos que considerar la opción de una explicación no

evolutiva para la secuencia fósil. En consecuencia, el orden de los fósiles en sí mismo no puede demostrar si la mutación y la selección natural darwiniana puede y produjo la evolución de novedades biológicas genuinas (nuevas estructuras o planes corporales). Se necesita otro tipo de evidencia además de los fósiles para que nos muestre cuánto cambio resultó de la evolución, de ser preferible, evidencia genética.

Las múltiples hipótesis de trabajo que parecen estar bajo consideración en este momento incluyen por lo menos las opciones que se enumeran en la tabla 10.1.

Tabla 10.1. Las múltiples hipótesis de trabajo para la naturaleza del cambio evolutivo.

1. Todos los grupos principales de animales y plantas surgieron a partir de un antepasado común por el proceso darwinista de la evolución: modificación por mutaciones aleatorias y la selección natural. A eso lo podemos llamar darwinismo tradicional.

2. Toda la vida descendió de un antepasado común, pero no a través del proceso darwiniano de mutación aleatoria y selección natural. Se necesita otro proceso genético para explicar la macroevolución y a lo mejor también la microevolución.

3. La macroevolución no está presente. Los diferentes filos o planes corporales se originaron por la creación. La microevolución y la especiación han ocurrido por la mutación aleatoria y la selección natural darwiniana luego del evento de la creación. Eso se aplica al darwinismo tradicional al nivel de la microevolución.

4. La macroevolución no está presente. Los diferentes filos o planes corporales se originaron por la creación. La microevolución y la especiación se han producido desde el evento de la creación. Las mutaciones aleatorias sí ocurren, pero la microevolución requiere un proceso genético más sofisticado que la mutación aleatoria y la selección natural darwiniana.

En el resto del capítulo analizaremos los datos disponibles y las interpretaciones tal como los entienden los intervencionistas (hipótesis 3 y 4 en la tabla 10.1) y además como lo presentan los científicos evolucionistas convencionales (hipótesis 1 y 2). El creciente cuerpo de evidencia está generando controversias constructivas sobre cómo explicar la evidencia.

Si existen suficientes evidencias genéticas que nos ayuden a evaluar la hipótesis de la macroevolución, podríamos esperar que se explicara en un buen libro de texto sobre la evolución. En dos libros de texto de evolución bien respetados, existe abundante evidencia en apoyo a la realidad de la microevolución y la especiación.[1] También se discuten patrones en el registro fósil, adaptaciones biológicas y una gran cantidad de otros materiales que se incorporan en las explicaciones sobre el proceso de la macroevolución. Sin embargo, un análisis cuidadoso de esas explicaciones revela que dependen de la *presuposición* de que la vida es el resultado de la macroevolución. Un ejemplo ilustra eso. Ciertos tipos de crustáceos tienen dos tipos de apéndices torácicos, y suele señalarse que la evolución morfológica que resultó en esa diferencia entre los apéndices fue el resultado de cambios en la expresión de dos genes *Hox*.[2] En ese caso, los datos son la existencia de dos tipos de apéndices. La explicación evolutiva es su interpretación, basada en la *presuposición* de que tales diferencias resultan de la evolución macroevolutiva. Sin esa suposición, la evidencia se podría explicar por una teoría intervencionista de que los dos tipos de crustáceos fueron diseñados con diferentes expresiones de los genes *Hox.* En otro ejemplo, también se cree que las diferencias de genes entre los humanos y otros primates surgieron de la duplicación de porciones de los genes de primates, que resultó en muchos genes nuevos.[3] Esa interpretación se basa en la *presuposición* de que esos "nuevos" genes resultaron por evolución en lugar del diseño.

A menudo se afirma que el desarrollo de la resistencia a los insecticidas o a los antibióticos, o la adaptación de las bacterias a nuevos medios de cultivo, demuestra la evolución de nuevos caracteres biológicos. Pero cuando se examinan los detalles moleculares de esos casos, es evidente que solo involucran un ajuste de genes y enzimas existentes, a menudo con pérdida de información genética. No evolucionó nada nuevo.[4] Existe evidencia de que los procesos epigenéticos impulsan la resistencia a los antibióticos, y no la mutación genética.[5]

Los ojos de los vertebrados son fantásticamente complejos. Los pulpos tienen ojos que compiten con el ojo de los vertebrados según su complejidad. Los vertebrados y los pulpos obviamente no obtuvieron sus ojos de un antepasado común con ojos complejos.[6] ¿Puede ser que esos dos tipos de ojos sofisticados hayan evolucionado en forma independiente? Uno puede encontrar animales con ojos de muchos niveles diferentes de complejidad, los podemos ordenar de acuerdo

con una secuencia de creciente complejidad,[7] y argumentar que esa secuencia demuestra el origen de ojos complejos a partir de simples manchas oculares a través de la evolución. Pero debido a que aún así existen grandes diferencias estructurales y bioquímicas entre los tipos de ojos en esa secuencia, la pregunta permanece: ¿Tenemos realmente evidencia de que los ojos más complejos podían y surgieron por medio de la evolución, o es esta una suposición no comprobada? Otras diferencias estructurales mucho mayores necesitan una explicación. Por ejemplo, los artrópodos tienen un esqueleto externo con articulaciones que permiten doblarse, y los humanos tienen un esqueleto interno. El conocimiento actual de la genética ¿nos ofrece alguna razón para creer que esos planes corporales diferentes pudieron surgir por el proceso de evolución?

La selección artificial por parte de los agricultores podría darnos algunas pistas. Se ha hecho mucho progreso en los intentos de mejorar las cosechas de alimentos. Una reproducción selectiva cuidadosa ha incrementado la producción. ¿Es ese un ejemplo del proceso que produce cambio ilimitado? El trigo con pequeñas espigas dio origen al trigo doméstico con espigas mucho más grandes. Lo mismo es cierto del maíz y otros cultivos. Las frutillas silvestres, pequeñas y dulces se han alterado para producir nuestras grandes frutillas domésticas. Pero la evidencia muestra que la selección intensiva para una característica en esos cultivos de alimentos no continúa indefinidamente. La cantidad de cambio se nivela y alcanza una plataforma lo que indica el límite del potencial genético del organismo.[8] Por lo tanto, los procesos genéticos conocidos no producen un cambio ilimitado. ¿Tiene eso una aplicación más amplia en la teoría de la evolución? ¿Existen límites al cambio evolutivo natural? A lo mejor, pero la teoría de la evolución predice que dado suficiente tiempo no existen límites.

Las plantas descritas más arriba tienen una extensión específica de potencial genético, y a través de una reproducción selectiva intensa, se ha "agotado" la variabilidad genética de la especie. Si esperamos unos millones de años ¿se producirán más mutaciones beneficiosas? Si se acumulan nuevas mutaciones como nuevas variaciones en la población, entonces podríamos seleccionar otra vez para mayor producción (fig. 10.2). Pero lo que necesitamos saber es si ese segundo aumento en la curva en la figura 10.2 realmente se producirá. ¿Será que con mutaciones beneficiosas ocasionales realmente se aumentará el potencial genético para una mayor productividad, o es esa una falsa esperanza? Esas son preguntas críticas para la teoría de la macroevolución. Los datos indican un límite para el potencial genético. Si es que el potencial genético resultó de mutaciones aleatorias y puede mantenerse en aumento mediante mutaciones adicionales a lo largo del tiempo, es una interpretación, una suposición.

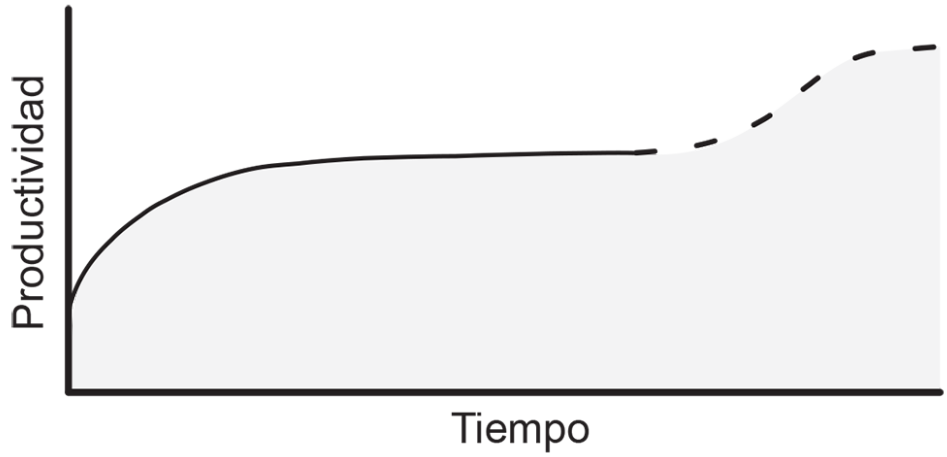


Figura 10.2. Aumento en la producción de plantas que se nivela a medida que se alcanzan los límites genéticos. La línea puntuada es un aumento hipotético que sería posible luego de un período de tiempo con una mayor acumulación de mutaciones. Ilustración de Leonard Brand.

El mecanismo propuesto para generar nuevos genes

La hipótesis fundamental de la macroevolución es que la selección natural es un proceso creativo que genera nuevos genes, nuevas estructuras y, en última instancia, nuevos planes corporales. La selección natural de producir genes codificadores (genes que determinan la secuencia de aminoácidos en las proteínas) que no existían antes, o alterar genes sistemáticamente al punto de que sus productos proteicos adquieren una nueva función. Tal proceso además debería producir genes adicionales para reconocer y regular el funcionamiento de los nuevos genes codificadores y repetir el proceso para todos los nuevos genes necesarios para formar una nueva estructura o plan corporal que no existía antes.

El proceso propuesto para la evolución naturalista de nuevos genes comienza con la duplicación mutacional de genes. Cuando pasa eso, el gen original continúa con sus funciones normales y el gen duplicado está libre para modificarse mediante mutaciones adicionales. Si se producen las mutaciones correctas, la teoría asume que eventualmente el gen duplicado puede convertirse en un nuevo gen que codifique una nueva proteína (fig. 10.3). ¿Existe evidencia de que eso realmente funcionará?

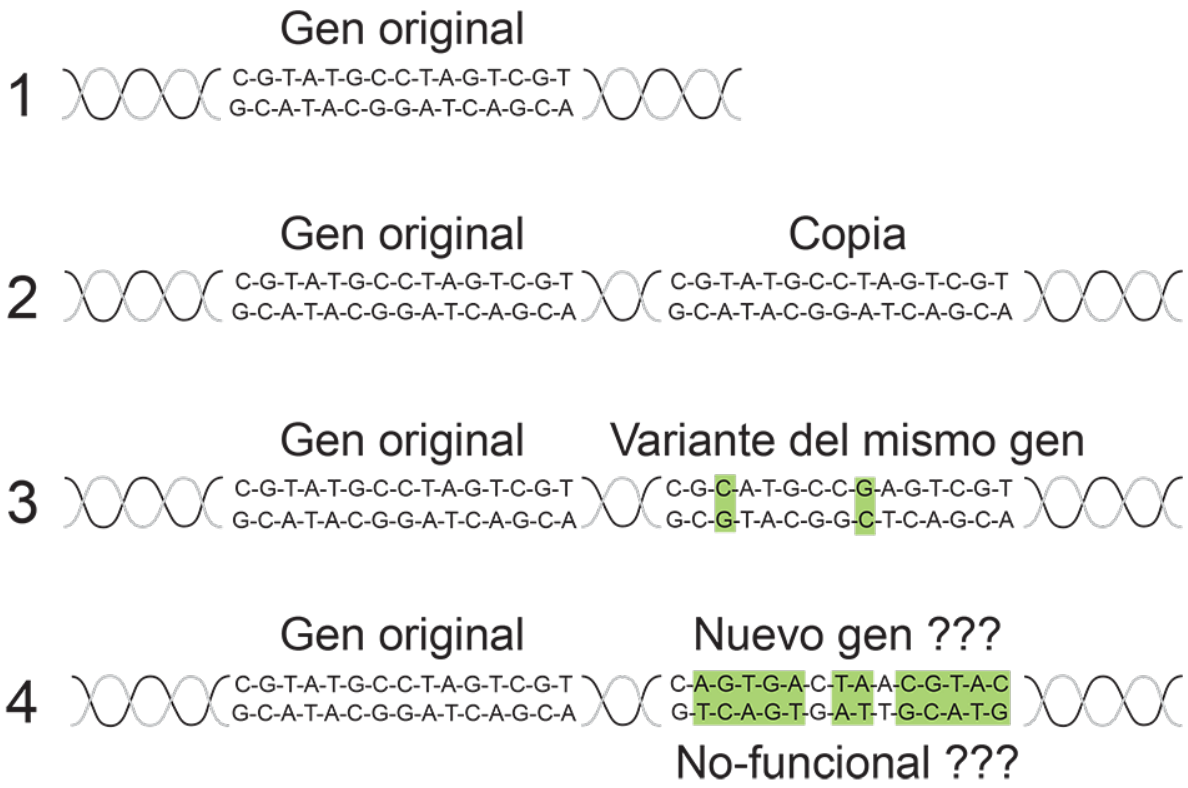


Figura 10.3. La teoría de la evolución genética mediante la duplicación de genes. Ilustración de Leonard Brand.

Buscaríamos los genes duplicados en lo que se llama "ADN silencioso". Se creía que ese ADN silencioso, no codificante (que incluye los pseudogenes[9]), que comprende la vasta mayoría de los cromosomas de los organismos superiores, no tenía ninguna función y se interpretó como "ADN basura". Si el ADN basura no tiene ninguna función, podría incluir los genes duplicados no funcionales que podrían evolucionar en nuevos genes.

No obstante, en años recientes, regiones del ADN que antes se consideraban como ADN basura ahora se reconocen como genes reguladores.[10] Ese cambio de pensamiento alcanzó su punto culminante en septiembre del 2012, cuando finalizó el masivo proyecto de investigación genética denominado ENCODE. Se publicaron treinta trabajos de investigación simultáneamente, que reconocen que todo o la mayoría del "ADN basura", incluyendo los pseudogenes, son funcionales y tienen una función reguladora.[11] Incluso antes de ese evento, una revisión masiva de las publicaciones sobre el ADN no codificante reveló una relación directa entre el porcentaje del genoma que es no codificante y la complejidad estructural del

organismo. Eso implica que el ADN no codificante tiene una función para generar esa complejidad (fig. 10.4).[12] El "ADN basura" ya no es un concepto provechoso.

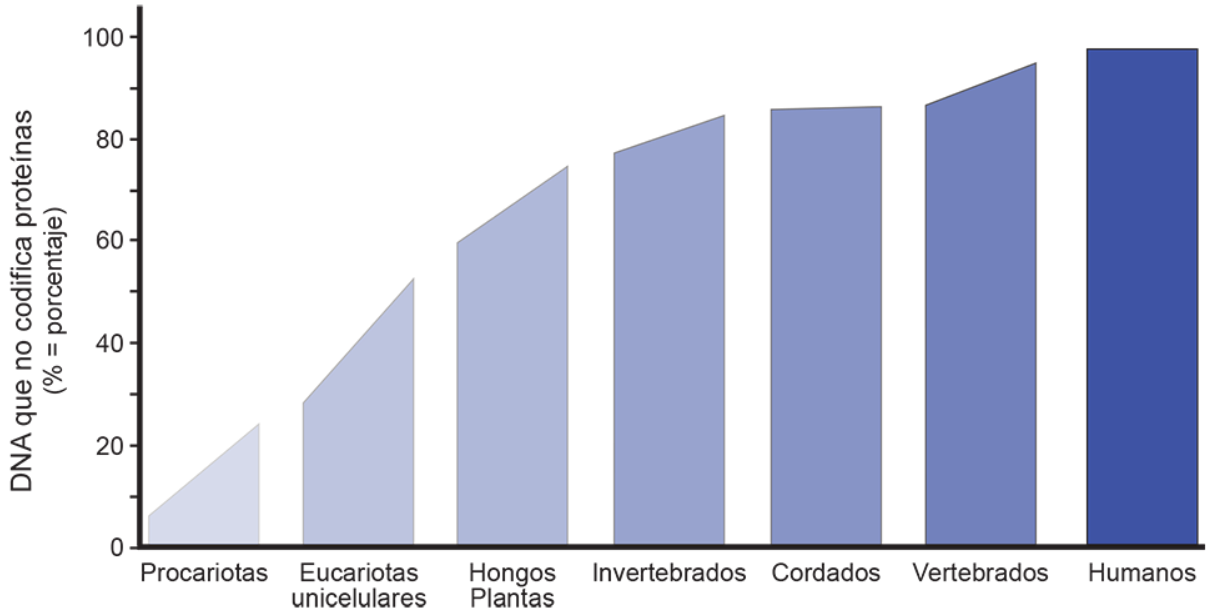


Figura 10.4. La relación entre la cantidad de "ADN basura" (ADN no codificante) y la complejidad estructural de los organismos (según Mattick 2004). Ilustración de Leonard Brand.

Eso no demuestra que no existan genes duplicados. Sin embargo, es claro que existe un vasto complejo de genes involucrados en regular cuándo y dónde se construirá cada proteína y en qué cantidades, el desarrollo embriológico de cada órgano diferente y su integración con los otros órganos, el funcionamiento de los extremadamente complejos sistemas bioquímicos en cada célula, y el control de tales cosas como cuán largos serán tus dedos. Sin esos genes reguladores, todos estaríamos bastante muertos. Aparentemente muy pocos, si es que los hay, de los genes duplicados que necesita la macroevolución en realidad existen. Los darwinistas convencidos se dan cuenta del significado de esos acontecimientos y han tratado de restarle importancia a los resultados del proyecto ENCODE.[13]

Aun si fuera que algunos de esos genes duplicados existieran, es necesario resolver la cuestión de determinar si existe un mecanismo que genere nueva información biológica. En todas las teorías naturalistas, cualquier información genética que fuera nueva para el mundo vivo solo puede entrar en ese mundo viviente a través de mutaciones aleatorias. Si esas mutaciones no fueran aleatorias, eso implica un plan inteligente: alguien sabe lo que se necesita.

La respuesta usual es que, aunque las mutaciones sean aleatorias, la selección natural no es un proceso aleatorio. Selecciona caracteres beneficiosos y rechaza los perjudiciales. Eso es verdad, pero la selección solo puede actuar sobre el material original que la mutación le provee, y la mutación es un proceso aleatorio en el sentido que no conoce las necesidades del organismo ni cuáles serán esas necesidades en el futuro. No sabe qué mutaciones debe proveer. En otras palabras, la selección natural afecta la *supervivencia* de las mutaciones, pero no hace nada por influenciar el *arribo* de alguna mutación específica.

Eso nos trae al centro de la cuestión crítica en toda esta discusión. Si es necesario que nueva información entre al genoma, las mutaciones que se necesitan o los conjuntos de mutaciones (1) deben *producirse por azar justo para el momento en que se necesitan* (si ocurren muy temprano, lo más probable es que se inviertan o se dañen por otras mutaciones) y (2) *deben resultar en alguna ventaja selectiva para el organismo en cada paso a lo largo del camino,* o serán eliminadas por la selección. A menos que se cumplan esas dos condiciones, la selección natural no tiene poder para hacer *nada* nuevo o provechoso.

La figura 10.5 ilustra este punto. Si un gen que produce una proteína se duplica, y el gen duplicado debe cambiar hasta que produzca una nueva proteína con una función diferente y nueva para el organismo, se necesitará una serie de mutaciones para alterarla en una nueva forma. La figura 10.5B muestra una secuencia de mutaciones verdaderamente aleatorias en una proteína si el proceso estuviera gobernado por el azar. En ese proceso, la probabilidad de que las mutaciones necesarias serán las que son preservadas es mucho menor que la probabilidad de que las mutaciones harán que la secuencia de nucleótidos vaguen al azar a lo largo del tiempo y no produzcan nada provechoso (fig. 10.5B). La figura 10.5A muestra la evolución exitosa de un nuevo gen *si* cada paso se favorece con la selección natural. En ese caso, la selección natural determinará, a cada paso, qué forma será la más común en la siguiente generación. Pero a esta altura, la teoría enfrenta un serio problema. La selección no puede y tampoco puede saber nada sobre la nueva función futura, así que no tiene la habilidad de reconocer y conservar las mutaciones que serán necesarias para la nueva función. Esos problemas entrarán en juego en cada paso de cualquier propuesta de evolución de nuevos genes, nuevas proteínas, y nuevas estructuras que no existían antes (como en cada paso de la presunta evolución de diferentes tipos de ojos). La figura 10.5 solo representa una proteína. El problema se complica muchas veces si también consideramos muchas proteínas y los complejos genes reguladores que se necesitan para controlar la función de cada proteína en la célula. Sin esos genes reguladores, es bastante seguro que aunque apareciera un nuevo gen codificador, este no podría ser funcional.

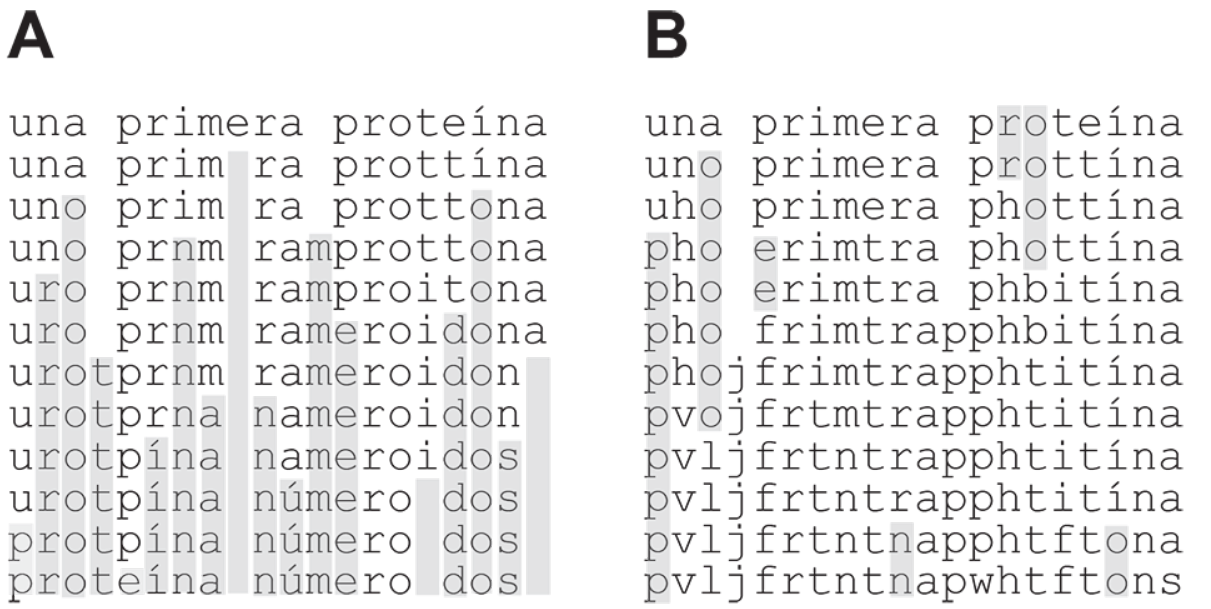


Figura 10.5. Dos series de mutaciones, usando letras para simbolizar los nucleótidos de ADN, y una frase con significado que representa una proteína funcional. Hay dos mutaciones en cada paso, excepto en el último paso en (A), donde solo hay una mutación. En (A), una serie de mutaciones convierte un gen en un nuevo gen produciendo una proteína con una función diferente. Casi todas las mutaciones hacen una alteración positiva hacia un nuevo gen. El ejemplo (B) es una serie de mutaciones verdaderamente al azar. Algunas mutaciones son cambios constructivos hacia un nuevo gen, pero a menos que el nuevo gen ya sea funcional o se haya seleccionado para esa función, esos cambios constructivos posiblemente cambien otra vez– alejándose del "blanco". La evolución de un nuevo gen y proteína involucraría muchas mutaciones más, pero el principio sería el mismo: el ejemplo (B) es una serie de eventos mucho más probable. Ilustración de Leonard Brand.

Esa falta de un proceso demostrado para generar información genética verdaderamente nueva es el mayor desafío que enfrenta la teoría naturalista de la macroevolución, la cuestión crítica a la que nos referimos aquí. Hasta ahora, no conocemos de ninguna evidencia que apoye la teoría de genes duplicados que evolucionen en genes con una nueva función bajo la conducción de la selección natural. La teoría es una interpretación conjetural, sin datos que la apoyen.

Si han de originarse complejos de nuevos genes estructurales y reguladores han de originarse por medio de la mutación, recombinación y la selección natural, eso requiere que el ADN duplicado, si existe, gradualmente acumule mutaciones

beneficiosas que puedan ser seleccionadas y que ese proceso produzca un nuevo gen y su proteína con una nueva función. ¿Es posible que eso ocurra sin un aporte inteligente, para producir no solo un nuevo gen estructural sino también un complejo de genes reguladores que lo reconozcan y regulen? Basados en la evidencia actual, predecimos que la respuesta es negativa. Hasta que esta predicción pueda falsificarse, la teoría naturalista de la macroevolución de categorías superiores a partir de un antepasado común está parada sobre un fundamento débil e inestable. Ambos, la intervención informada y la macroevolución, están apoyados en un fundamento de fe: fe en que el naturalismo es o no es una suposición filosófica válida. Por el momento, la evidencia de un mecanismo genético adecuado que produzca mayor complejidad y nuevos planes corporales.[14]

Otras opciones de nueva información

Sin embargo, se han propuesto otras fuentes posibles de nueva información. Watson nos lleva por una extensa discusión teórica de la combinación de información genética a partir de diferentes entidades de diversas formas para construir algo nuevo.[15] Eso puede involucrar la transferencia de genes de un organismo a otro, un proceso llamado transferencia lateral de genes. Esa transferencia es mediada por virus que transportan porciones de información genética entre diferentes tipos de organismos. Ciertamente un organismo podría adquirir nueva información a través de la transferencia lateral de genes, pero eso no hace nada para explicar cómo esa información genética se originó en el organismo que primero tuvo esa información. Solo explica cómo la información, una vez que existe, puede compartirse con otra especie.

Otra sugerencia es que dos organismos se podrían combinar en uno. Un ejemplo hipotético es la propuesta de que temprano en la historia de la vida dos bacterias se combinaron en una relación simbiótica. El ADN de una creció en el ADN nuclear para formar un eucariota, mientras que el ADN de la otra se redujo para formar el ADN mitocondrial.[16] Esa es una teoría muy especulativa, y lo que le falta es evidencia de que la compleja combinación se produjo, además de evidencias de un mecanismo que evolucione la nueva información genética para dar sustento a esa combinación.

Otros mecanismos propuestos para facilitar el origen de nueva información sugieren que proteínas simples (dominios proteicos) o estructuras bioquímicas podrían evolucionar para un propósito y luego combinarse con otros tales compuestos para producir nuevas estructuras más complejas. A eso se lo denomina coopción o exaptación.[17] Los problemas con esa teoría de coopción de partes para

nuevas funciones puede ilustrarse al compararse con los bloques de construcción Lego. Unas pocas partes simples de Lego se pueden unir para hacer una gran variedad de estructuras complejas. Eso es posible porque a través de una ingeniería inteligente y cuidadosa se formaron los bloques con ese propósito en mente. Las proteínas son órdenes de magnitud más complejas que las estructuras de Lego. Si los dominios proteicos muestran una ingeniería que les permite combinarse en una amplia variedad de proteínas o máquinas biomoleculares con diferentes funciones, esa habilidad aumenta, en lugar de disminuir, la magnitud del problema para la evolución. La selección natural no puede prever qué se necesitará para funciones complejas que surgirán en el curso de la evolución millones de años en el futuro. Por tanto, no se puede esperar que diseñe dominios proteicos con la ingeniería para combinar en muchas maneras novedosas y hacer las proteínas que se necesitan para esas aplicaciones futuras.

El talón de Aquiles de la macroevolución

La ciencia evolutiva asume que existe un proceso genético que puede evolucionar nuevas estructuras o complejos de genes, pero no parece haber evidencias convincentes de tal proceso. Ese punto es clave para toda la cuestión de si es posible que el mundo vivo resulte de una evolución no guiada, así que resumiremos eso una vez más. El paradigma completo de la macroevolución depende de la suposición improbable de que la serie de mutaciones aleatorias específicas necesarias para cualquier nueva adaptación esté disponible cuando se la necesita. Aun así, esa es solo una suposición y no tiene ninguna evidencia tangible que la apoye. Si no se puede contar conque la serie necesaria de mutaciones esté disponible *cuando se necesita*, entonces el edificio completo de la macroevolución darwinista se viene abajo. Este es el talón de Aquiles del darwinismo: un gran cañón bioquímico que separa la microevolución de la macroevolución. Sin que haya evidencia significativa de que se ha producido con regularidad una evolución de esos nuevos genes con sus genes reguladores, no hay razón para decir que al aceptar la microevolución, naturalmente eso nos lleva a la macroevolución. Nuestra interpretación es que la única evolución que puede producirse es una evolución que ocurre dentro de un sistema genético diseñado inteligentemente, y que la cantidad de cambio será gobernada por el potencial evolutivo que fue diseñado para ese sistema genético.

Para evolucionar, una nueva proteína funcional enfrenta un segundo nivel de dificultad sobre todo lo que ya hemos discutido. La mayoría de las proteínas no funcionan independientemente de otras proteínas, sino que son parte de un complejo molecular mayor, tal como el flagelo o el ATP sintetasa. Deben

Resumen 10-1

La microevolución a lo largo del tiempo, ¿conduce al cambio macroevolutivo?

Datos

Existen diferentes planes corporales y su origen requiere de una explicación. En el registro fósil, una variedad de organismos se suceden en una secuencia predecible (por ej., a los reptiles les siguen los mamíferos). La evidencia acumulada que se resume en este libro se refiere a esa cuestión.

Interpretación

La ciencia convencional: **No existe un acuerdo. La visión tradicional es que a lo largo del tiempo, la microevolución lleva al origen macroevolutivo de nuevos taxones superiores. Otros científicos evolucionistas mantienen que la macroevolución requiere un proceso diferente al de la microevolución pero no saben qué proceso podría ser. El orden de los fósiles es un registro de la macroevolución.**

El intervencionismo. **La microevolución genera variación dentro del potencial genético creado en cada grupo de organismos. Sobre la base de las evidencias, no existe un proceso satisfactorio de macroevolución. El intervencionismo predice que los esfuerzos en encontrar tal proceso no tendrán éxito. La secuencia de fósiles de los grupos principales resultó de otro proceso, no de la macroevolución.**

desarrollar su propio papel funcional (tal como un catalizador, o uniéndose a un sustrato) y además reconocer y unirse a las otras proteínas en el complejo molecular. Ese es un gran desafío para la macroevolución, pero además hay otro problema adicional.

Una dificultad mayor para la evolución aparece cuando reconocemos la unidad que hay en la bioquímica intracelular a través del espectro de organismos. Debido a esa uniformidad bioquímica, virtualmente todas esas máquinas macromoleculares intracelulares, las fábricas y los motores deben haber estado presentes en los primeros organismos multicelulares que encontramos en los estratos del Cámbrico Inferior. La evolución se enfrenta con su incapacidad de explicar el origen de una proteína funcional única por medio de procesos aleatorios, pero encima de todo eso, la evidencia indica que todas esas máquinas moleculares ya estaban presentes en los primeros organismos presentes en el registro fósil.

Un ejemplo de esa afirmación es el trilobite (fig. 10.6).[18] La afirmación se basa en muy abundantes datos sobre la complejidad molecular de las células de los organismos desde plantas a insectos a humanos, combinados con los principios básicos aceptados de la teoría de la evolución. De acuerdo con la teoría de la evolución, las estructuras complejas que se encuentran en los diferentes tipos de animales estaban presentes en el antepasado común de esos diferentes grupos animales. Eso es especialmente verdad de los caracteres moleculares dentro de todas las células vivas. Ciertamente existen excepciones a ese principio, como por ejemplo la estructura análoga en las alas de aves y murciélagos (que se explica a través de la evolución convergente), pero una simple aplicación de la convergencia socava la credibilidad de la macroevolución.

No existe ningún trilobite vivo, pero están en el filo Arthropoda junto con los insectos. La estructura intracelular de los insectos y los humanos es virtualmente idéntica. Para describir esas similitudes moleculares se necesitaría un libro completo[19] y más. Por lo pronto, es suficiente reconocer que, de acuerdo con los principios básicos de la evolución, si los humanos, los insectos, y sus parientes los trilobites evolucionaron de un antepasado común, entonces todos los caracteres moleculares de los humanos y los insectos estaban presentes en los trilobites más antiguos. Los trilobites están entre los primeros fósiles que aparecen en los sedimentos cámbricos inferiores, en la explosión del Cámbrico. ¿Así que, cuándo evolucionaron esas estructuras compartidas?

La creencia de que los humanos y los trilobites remontan su origen a un antepasado común en el pasado no se basa en evidencias físicas. Está basada en los requerimientos de la cosmovisión del naturalismo metodológico (NM). Los datos son las similitudes en la estructura y función entre los humanos, los insectos y los trilobites. Las diferentes interpretaciones de esos datos se derivan de las suposiciones de las diferentes cosmovisiones: las similitudes se originaron por evolución (NM) o por diseño de un Creador inteligente (intervencionismo).

Hasta ahora, hemos descrito algunos de los serios desafíos al darwinismo, pero hay mucho más, y resumiremos lo que Stephen Meyer y otros han descrito muy bien.

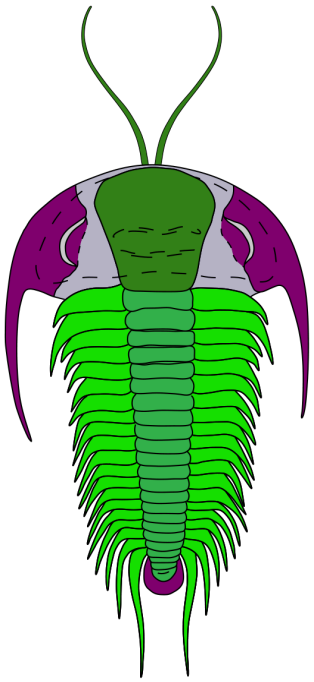


Figura 10.6. Un trilobite del Cámbrico Inferior en el orden Redlichiida, familia Paradoxididae. Las antenas se agregaron de otro trilobite. El esquema de colores se basa en la langosta mantis. Ilustración de Leonard Brand.

El conflicto dentro de la ciencia

A lo largo de las últimas décadas, un creciente número de eminentes científicos evolucionistas que no son creacionistas han dudado de que el proceso neodarwiniano pueda cumplir la tarea más allá de la microevolución. Su creciente masa de evidencia contraria está socavando la racionalidad de creer que nuevos organismos puedan formarse por el proceso evolutivo. Meyer ha resumido muy bien ese trabajo,[20] y algunas de las cuestiones se describen brevemente más abajo.

Los desafíos matemáticos

En la década de 1960, un grupo de matemáticos, científicos de la computación, ingenieros, y biólogos se reunieron para un simposio llamado Desafíos

Matemáticos a la Interpretación Neodarwiniana de la Evolución. Determinaron que, para fabricar una proteína funcional, las mutaciones aleatorias tienen que buscar entre todas las secuencias posibles de aminoácidos para encontrar la secuencia correcta de los cientos o miles de aminoácidos en la proteína. Concluyeron que la probabilidad de hacer eso es cercana a uno en 10^{390} intentos (como contexto, el número de átomos en la Vía Láctea es solo 10^{63}). Sus cálculos originales podrían tener números muy elevados, siendo que las proteínas todavía podrían ser funcionales si existieran variaciones en las cuales los aminoácidos llenan algunas posiciones específicas de aminoácidos. Pero en la práctica, su error no hace ninguna diferencia. Se ha calculado en forma precisa la probabilidad de generar una molécula funcional del citocromo c (una proteína pequeña que tiene unos cien aminoácidos), tomando en cuenta todas las substituciones funcionales conocidas.[21] La probabilidad de obtener el número correcto de aminoácidos con una búsqueda aleatoria es una posibilidad en 2 x 10^{75} intentos. Para poder realizar eso se necesitarían diez trillones de veces más que la presunta edad del universo si 110 aminoácidos se combinaran y pusieran a prueba ¡10^{44} veces por segundo!

¿Cuál es el significado de estas cifras tan grandes? William Dembski ha calculado el número máximo de eventos moleculares que pueden ocurrir en los trece mil millones de años que se supone que ha existido el universo. Hay 10^{16} segundos en trece billones de años, y el número posible de cambios de estado por segundo (eventos) es 10^{45} (lo inverso del tiempo de Max Planck). Por lo tanto, el número total de eventos que pudieron producirse en toda la supuesta edad del universo es como de 10^{141}. Cualquier número en ese rango que estamos discutiendo para que las mutaciones darwinianas aleatorias "busquen" y encuentren la combinación precisa de aminoácidos para fabricar una nueva proteína funcional requeriría muchos órdenes de magnitud más de intentos que lo que el tiempo permite. Para cualquier persona razonable, tales eventos son efectivamente imposibles. No solo eso, pero tales cambios aleatorios en un programa de computación inevitablemente degradan o destruyen el programa y eso sería análogo al proceso darwiniano.

Los genes huérfanos (genes ORF)

Los especialistas en genética recientemente se han dado cuenta en un nuevo desafío a los orígenes evolutivos. Con la creciente disponibilidad de secuencias de ADN de muchos organismos, los investigadores han descubierto que cientos o miles de genes son únicos para taxones particulares, y se denominan genes ORFan (ORFan: Open Reading Frame: Marco de Lectura Abierta, que tiene que ver con la codificación genética), comúnmente llamados genes huérfanos. Se han encontrado

a través de los reinos vegetal y animal, a veces muchos de ellos en una especie dada. En todos los grupos taxonómicos que se han estudiado,[22] de diez al veinte por ciento de los genes son genes huérfanos. Los genes huérfanos han demostrado ser especialmente importantes en adaptaciones especializadas de organismos específicos. Por ejemplo, los genes huérfanos que solo se encuentran en abejas de la miel son importantes en todos los aspectos de la conducta social y de la dieta única de las abejas de miel.[23]

Debido a que son únicos, no pueden haberse heredado de un progenitor. No se hubieran podido formar espontáneamente de la nada, y ya hemos visto que realmente no pueden formarse a través de la mutación y la selección natural. A pesar de eso, algunos biólogos evolutivos han sugerido que esos se formaron "de novo" (o sea, de la nada). Eso suena mucho como una creación inteligente (intervención) o como las explicaciones místicas comúnmente usadas en los siglos pasados. A nuestro nivel de comprensión presente de esos fenómenos, parecen hacer que el origen evolutivo de esos grupos sea imposible.[24] Los genes huérfanos no se mencionan en ninguno de los doce libros sobre evolución que se revisan en el capítulo 8 de este volumen.

La complejidad irreductible

Michael Behe y David Snoke han argumentado que muchas estructuras moleculares son irreductiblemente complejas. En otras palabras, deben estar presentes al mismo tiempo varias partes complejas antes de que la estructura pueda funcionar. Eso parece incompatible con el darwinismo. Charles Darwin declaró correctamente que, si se encontrara cualquier estructura biológica que no se pudiera construir paso a paso, su teoría se derrumbaría.[25] Behe argumenta que tales organelos o sistemas de complejidad bioquímica irreductible realmente existen. El usa una trampa para cazar ratones para ilustrar el concepto. Una trampa para cazar ratones está compuesta de cinco partes principales, y todas las cinco partes deben estar presentes al mismo tiempo o la trampa no funcionará. Si falta una parte, no hace que la trampa sea menos eficiente– la trampa no funcionará, y los ratones del lugar estarán muy seguros. Se puede argumentar sin problema que algunos sistemas bioquímicos son irreductiblemente complejos. Behe cita el flagelo bacteriano como una estructura tal, que contiene lo que es esencialmente un motor que hace rotar la cola del flagelo.[26]

Los críticos de Behe argumentan que el flagelo se presenta de diversas formas y que puede evolucionar de "simples" partes cooptadas de otros organelos.[27] Sin embargo, hasta el más simple flagelo tiene un número de partes complejas que deben ser todas funcionales e integradas antes de que la máquina

funcione.[28] Los críticos de Behe y del Diseño Inteligente (DI) en general hacen un rodeo a esas preguntas centrales y solo responden a cuestiones periféricas.[29]

El borde de la evolución

Recientemente, Behe publicó una serie de conocimientos adicionales que apuntan a determinar el poder de la mutación aleatoria y la selección natural. Su análisis de los cambios en resistencia a la malaria en las bacterias, y en el virus del HIV, brinda conocimientos sobre el poder de la selección natural. La selección es capaz de destruir o reducir la función de algunos genes, que en una mala situación podría ser mejor que la alternativa (la enfermedad de las células falciformes no es tan mala como la malaria). También puede producir pequeños cambios positivos, pero solo en criaturas pequeñas, como bacterias, con sus rápidas tasas de reproducción.[30] Esa evidencia fortalece nuestra conclusión más arriba de que las series de mutaciones requeridas probablemente no se producirán cuando se necesiten para el proceso evolutivo.

La biología del desarrollo

La biología del desarrollo presenta uno de los más serios desafíos al darwinismo. Algunos genes que controlan el desarrollo embrionario pueden actuar temprano en el proceso y establecer el plan corporal del organismo (análogo a definir la carrocería y el motor de un auto). Otros genes actúan más tarde y controlan los detalles finos de un organismo (como la pintura del auto). Los genes que actúan temprano son los únicos que, por mutaciones, podrían producir un nuevo plan corporal, pero las mutaciones en los genes que actúan temprano invariablemente son letales. Los genes que actúan más tarde pueden sobrevivir las mutaciones, pero no afectan el plan corporal.[31] Por lo tanto, parece ser que las mutaciones no pueden producir un nuevo plan corporal.

La epigenética, los genes reguladores y la ingeniería genética natural

El papel del enorme complejo de genes reguladores a la hora de controlar las actividades de los genes codificantes y sus proteínas ha sido resaltado al reconocer que el ADN silencioso no es basura sino parte del sistema de genes reguladores. En años recientes, los problemas para cualquier origen naturalista propuesto de nuestro sistema genético con su complejo de moléculas que contienen información

se han tornado mucho más difíciles por el descubrimiento de la epigenética. Recién ahora están saliendo a la luz la complejidad y los detalles de ese sistema. Los procesos epigenéticos tienen la deslumbrante cualidad de permitir que claves ambientales determinen cambios en las células y los organismos sin ningún daño permanente en la secuencia de ADN.

El proceso molecular en la célula que hace las decisiones sobre cómo usar la información genética ha sido denominado por Arthur Shapiro como ingeniería genética natural.[32] Shapiro argumenta que las mutaciones aleatorias y la selección natural pueden jugar un papel parcial en la microevolución, pero que no pueden ser el mecanismo para la macroevolución: el sistema genético/epigenético es muy sofisticado como para que las mutaciones aleatorias sean efectivas. Los neodarwinistas convencidos lo critican, pero él dice que sus críticas son filosóficas, no científicas, y que no están apoyadas en evidencias empíricas. Aunque Shapiro es un dedicado científico evolucionista, concluye que es un misterio cómo fue que un sistema así, como el del origen de la vida, evolucionó. Esa nueva comprensión del nivel de complejidad bioquímica es representado en las figuras 10.7 A y B.

Algunos científicos evolucionistas están desarrollando una nueva síntesis evolutiva basada en el concepto de que los procesos epigenéticos son el mecanismo de la macroevolución. Señalan que una "herencia blanda", los cambios inducidos por el ambiente existen y "se encuentran en cada tipo de organismo y parecen ser comunes".[33] Además agregan que "el mecanismo que permite la herencia blanda durante la microevolución y los mecanismos epigenéticos que conducen a macrovariaciones e instancias de cambio evolutivo rápido necesitan incorporarse en la emergente síntesis evolutiva extendida".[34]

Señalan que la síntesis moderna solo explica cómo se diversifican los rasgos existentes. Declaran que la *generación* de nuevos caracteres estructurales significativos como las extremidades de los artrópodos, el esqueleto de los vertebrados, las alas de insectos, y muchos otros no pueden producirse por "variación estándar". "Requieren una explicación diferente." Esas características son verdaderas novedades, estructuras que no tienen una "contraparte homóloga en la especie ancestral".[35] Su síntesis extendida trata de explicar el origen de esas innovaciones.

Reconocen que la síntesis moderna objeta la herencia epigenética porque parece implicar un mecanismo lamarckiano. Ellos proponen una teoría muy especulativa de la macroevolución tratando de explicar que en realidad no involucra la transmisión de caracteres adquiridos. Parte de su proceso propuesto involucra cambios de la conducta, que conducen a modificaciones epigenéticas que más adelante se incorporan al genoma.[36] Pero su teoría depende completamente de su *presuposición* de que el sistema genético/epigenético sí surgió por evolución.

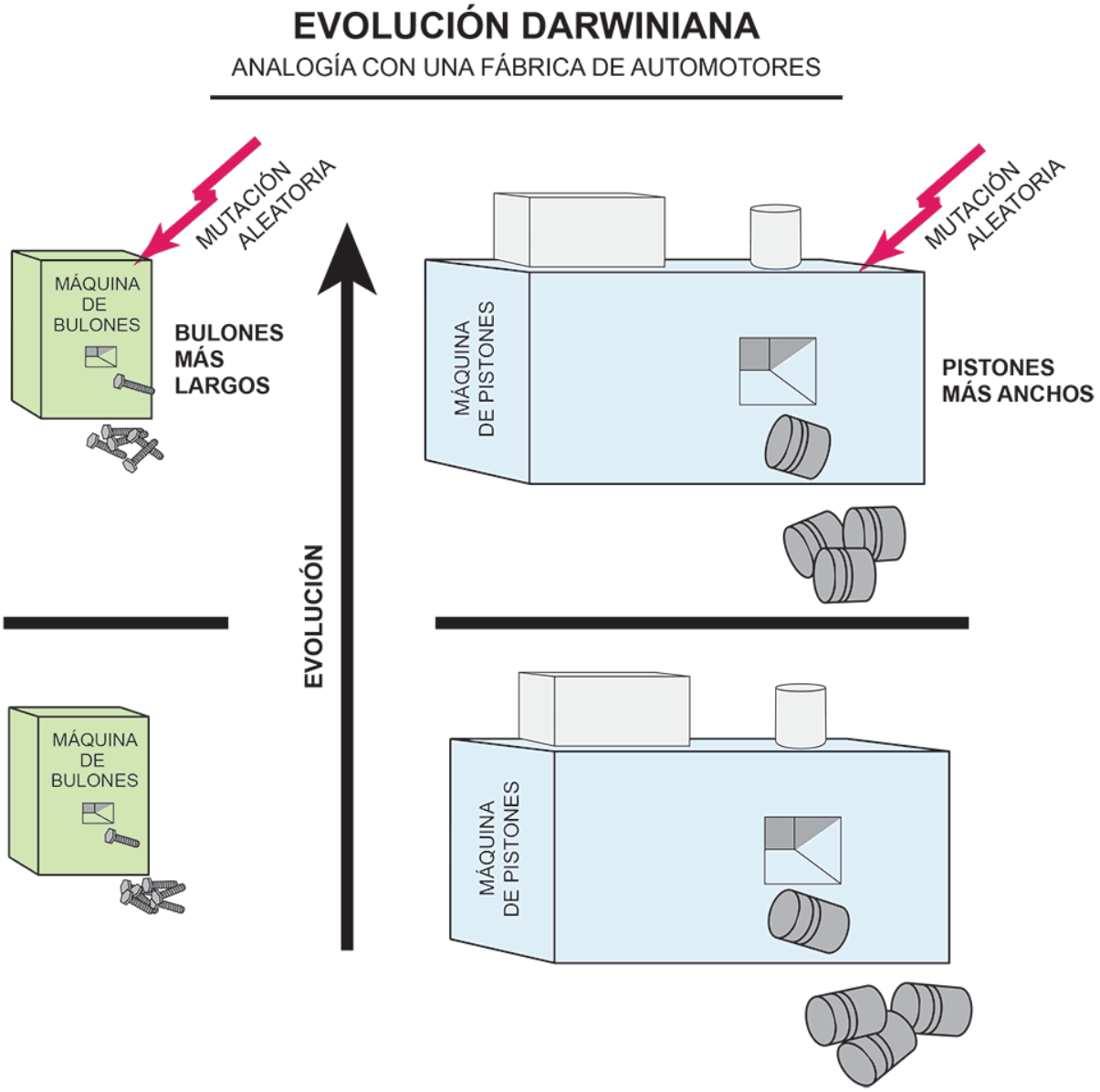


Figura 10.7 A. Una analogía con una fábrica de automotores. El proceso darwiniano de las mutaciones aleatorias (la chispa roja) que cambia alguna instrucción en la computadora, cambia el tamaño del producto. Ilustración de Leonard Brand.

Todavía resta verificarse si las modificaciones epigenéticas realmente persisten como cambios genéticos a largo plazo. En sus efectos observables a corto plazo, la epigenética es un sistema que sugiere un grado de premonición biológica, facilitando modificaciones microevolutivas eficientes y adaptativas en respuesta a las condiciones ambientales. Eso presenta un desafío significativo a la teoría

naturalista, la cual todavía requiere que *toda nueva información biológica* debe inicialmente surgir por procesos aleatorios no dirigidos sin ninguna premonición de lo que el organismo necesita.

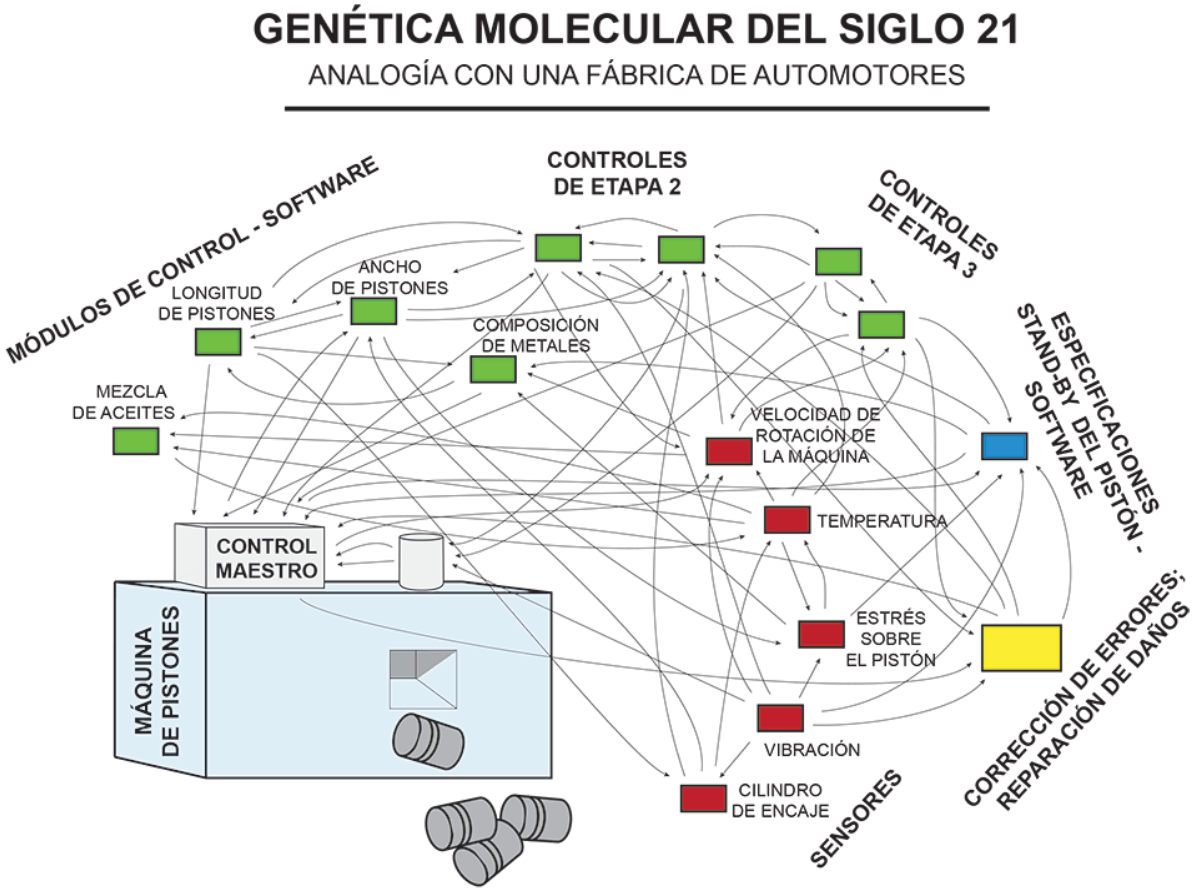


Figura 10.7 B. Un sistema de control complejo, análogo a la comprensión en el siglo XXI del sistema genético con sus múltiples niveles de control genético y respuestas al ambiente. Ilustración de Leonard Brand.

La epigenética presenta otro nivel de desafío al naturalismo. El mismo sistema epigenético parece ser una parte prominente de todos los organismos. Eso significa que si la vida fue el resultado de la evolución, el sistema genético/ epigenético completo tendría que estar presente en el primer eucariota. El ADN, más ese sistema intrincado de administración genética a múltiples niveles tuvo que evolucionar *antes* que todos los organismos más complejos que las bacterias existentes. Ese sistema, a partir de su comienzo unicelular, tuvo que ser lo suficientemente sofisticado para manejar eficientemente la genética de los peces,

los reptiles, las ballenas, los árboles de manzana, y los seres humanos concertistas de violín que surgirían muchos millones de años en el futuro. ¿Se acerca eso siquiera a algo casi creíble? Una respuesta que da es: "¿No es asombroso lo que la evolución puede hacer?"

Un ejemplo más ilustra el mismo concepto junto con la evidencia discutida en relación con los procesos bioquímicos compartidos entre los humanos y los trilobites. Todos los organismos tienen interruptores bioquímicos que son activados y desactivados (encendidos y apagados) por los genes. Hace poco, se documentó que el código del ADN, el lenguaje que usan esos interruptores, es el mismo desde las moscas hasta los humanos.[37] Eso significa que los códigos específicos que se usan en esos interruptores fueron o creados por el mismo diseñador inteligente o evolucionaron del mismo comienzo, antes de que los ancestros de las moscas y los vertebrados divergieran y probablemente antes de que muchas de esas instrucciones estaban en uso. Podemos preguntar otra vez, ¿está eso cerca de ser realista?

La microevolución y la especiación tienen buen apoyo en la evidencia, pero sugerimos que la epigenética y las otras evidencias que hemos estado discutiendo representan un golpe de karate para la sombría y amplia cosmovisión darwiniana.

Hipótesis alternativas

A esta altura no deberíamos afirmar que hemos refutado la macroevolución. No obstante, por otro lado, la falta de evidencia de un mecanismo genético para la evolución de verdaderos nuevos caracteres biológicos deja la puerta abierta para echar un vistazo con mente abierta de una hipótesis alterna: que la mutación, como un proceso de generar cambios aleatorios en el ADN, si no es controlada por medio de la selección, solo produce un aumento del caos y, por tanto, la mutación y la selección natural no son capaces de ningún papel creativo. Si la evidencia genética no brinda un mecanismo para la evolución de verdaderamente novedosos organismos o estructuras, parece ser que se necesita otro proceso diferente a la macroevolución para explicar la secuencia en el registro fósil y para poner a prueba la hipótesis de que toda la vida está emparentada por una descendencia en común.

Eso sugiere que consideremos la posibilidad de que las principales formas vivientes fueron creadas por una intervención inteligente, y que la secuencia fósil resultó de algún otro proceso diferente a la macroevolución. Las posibilidades para una puesta a prueba rigurosa de hipótesis científicas tales como esas continuarán aumentando a medida que la ciencia avanza en su comprensión de los procesos moleculares que están detrás de los caracteres biológicos que se ven en la naturaleza.

Resumen 10-2

Una muestra de la lógica empleada en la síntesis extendida de la evolución de Müller

Datos

- **Los taxones animales y una descripción de cualquier estructura anatómica que no está presente en taxones emparentados**
- **Una descripción de los genes presentes en esos taxones pero no presentes en taxones emparentados que no tienen esas estructuras**

Interpretación

La teoría científica convencional de Müller: **La interpretación se basa en la suposición de que las estructuras agregadas surgieron por evolución. La hipótesis para el origen de los genes agregados es la duplicación de genes; se interpreta que los genes duplicados hipotéticos evolucionaron en genes para las estructuras agregadas. No hay evidencia que indique que eso es lo que sucedió.**

El intervencionismo. **Como no vimos el origen de esas estructuras, por necesidad, nuestra interpretación involucrará una suposición. Asumimos que fuimos creados o fuimos parte del potencial epigenético creado. Al interpretar sobre la base de la inferencia a la mejor explicación, eso encaja mejor con la evidencia. Las estructuras agregadas (nuevas) y los genes para especificarlas fueron diseñados y creados como una unidad coordinada.**

Aunque los dos conceptos, el diseño y el naturalismo, se basan en la fe, a la larga la competencia entre los dos no es pareja. Sabemos que científicos inteligentes y bien informados puede manipular los elementos y las moléculas

simples para fabricar o modificar moléculas biológicas complejas. El único paso adicional que se requiere es la disposición a aceptar de que podría haber un Ser en el universo con inteligencia superior y la habilidad de hacer eso en una escala mucho mayor de lo que nosotros podemos. Pero el naturalismo nos pide que creamos que los procesos químicos y físicos no guiados pueden hacer lo mismo al azar, a pesar de que las evidencias bioquímicas para demostrar que ese proceso no existe, y la tremenda enormidad de tal suposición, si somos honestos, es abrumadora. El naturalismo lleva la pesada responsabilidad de convencernos de que la vida no necesita un diseñador.

Una respuesta común a ese razonamiento es presentada por Dawkins, quien dice: "Invocar un Diseñador sobrenatural es explicar precisamente nada, porque deja sin explicar el origen del Diseñador".[38] En otras palabras, "¿quién diseñó al diseñador?" Siendo que ninguno de nosotros puede contestar esa pregunta, parecería ser que los teístas o los defensores del diseño inteligente perdieron el argumento. Pero no es así. Si no hubiera un Creador inteligente, entonces ¿de dónde vinieron la materia y la energía? ¿De dónde vino el exquisito conjunto de leyes naturales que hacen posible el universo y la vida? ¿Por qué existen las cosas, y cómo es que todas esas leyes químicas y físicas terminaron funcionando tan bien?

Cuando miramos hacia atrás, hacia el comienzo último, los teístas, los ateos, y tanto los defensores del diseño inteligente como sus detractores enfrentan preguntas que son igualmente serias y que no se pueden responder desde la perspectiva humana. Afirmarlo de otra manera es negarse a enfrentar con sinceridad la realidad. Puede ser intelectualmente satisfactorio para algunos desarrollar una teoría de cómo evolucionó la vida sin un Diseñador, pero si esa teoría no es verdadera, en última instancia no tiene sentido. Y afirmar que la materia la energía, y las leyes de la naturaleza siempre existieron no explica nada. Es parte de la naturaleza del Diseñador descrita en la Biblia, que él es infinito y que siempre ha existido. De manera que la pregunta "¿Quién diseñó al diseñador?" se responde fácilmente: "Nadie. Siempre ha estado aquí" es la única respuesta que puede darse. Puede ser que no entendamos lo que eso significa, pero esa es nuestra limitación, no la de él.

¿Qué decir de la evolución teísta?

¿Qué pasaría si el Creador estableció las leyes del universo para superar los problemas descritos más arriba? A lo mejor inició el universo poniéndolo en marcha y lo ordenó para que inevitablemente pudiese emerger la vida, incluyendo la vida compleja. La investigación genética muestra que por lo menos en algunos

casos, el sistema genético aún controla qué mutaciones ocurrirán para cumplir con las necesidades de un organismo a medida que su ambiente cambia.[39] Se podría proponer que eso es evidencia del gran diseño del Creador de permitir que la vida "se haga a sí misma" por medio de la macroevolución. Pero si el sistema genético puede determinar qué mutaciones serán beneficiosas, eso significa que toda la información ya está allí para tratar con los nuevos desafíos, además de simplemente mantener la vida normal. ¿De dónde salió esa información? ¿Existe alguna evidencia de que esa información para hacer todas las formas de vida —incluidas las bacterias, los ratones, las cucarachas, las estrellas de mar y los humanos— está presente en algún lugar en las leyes de la química y la física, o incluso en algún microbio original? La ciencia no puede estudiar procesos sobrenaturales, pero puede evaluar si la información requerida está ahí para gobernar la evolución de toda la vida sin que se necesite que surja nueva información a través de mutaciones aleatorias. Existe evidencia de que las criaturas se han hecho con la información genética para apoyar adaptaciones microevolutivas, pero eso es muy diferente de la afirmación de que la información para la evolución del mundo vivo estaba presente en alguna forma inicial. Otra opción es que un Creador ha jugueteado con el proceso evolutivo en cada paso, la madre de todas las explicaciones del tipo dios de las brechas, que no es compatible ni con la ciencia ni con la Biblia.

Hasta que no se encuentre la fuente de esa información primordial, esa no es más que una postura filosófica basada completamente en la fe. No parece ser que la evidencia la apoye. Nos parece que el intervencionismo tiene un poder explicativo mucho mayor para el origen de la complejidad celular que cualquier teoría de un proceso macroevolutivo.

Conclusión

¿Cómo se relaciona eso con lo que realmente está sucediendo en la ciencia? Miles de científicos están realizando investigaciones con respecto a la evolución. ¿Cómo puede toda esa ciencia ser tan exitosa si los conceptos básicos en el estudio de la macroevolución no están basados en un fundamento más sólido? Es muy interesante reflexionar sobre eso cuando uno atiende las reuniones anuales de organizaciones tales como la Sociedad Geológica de Estados Unidos, o la Sociedad Estadounidense de Especialistas en Mamíferos. La mayoría de los científicos en esas reuniones rechaza el intervencionismo, y la mayoría asume que los intervencionistas no pueden ser científicos efectivos. Sin embargo, alrededor del 80 al 90 por ciento de las investigaciones publicadas la podría hacer cualquier intervencionista entrenado en esa área. La aceptación o rechazo del naturalismo y

el darwinismo tiene muy poca influencia sobre la mayoría de la investigación biológica moderna.[40]

Aun en el campo de la evolución, la mayoría de lo que se estudia es la microevolución, la especiación y los aspectos de la macroevolución que los intervencionistas también creen que son procesos evolutivos reales que han ocurrido. Lo mismo se aplica a muchos aspectos de las ciencias de la tierra, especialmente a aquellas áreas que se prestan a investigación experimental o comparación con los procesos modernos. Esos temas se prestan para la recolección de buenos datos y la puesta a prueba de hipótesis, sin importar la filosofía personal.

El estudio de la macroevolución es donde los intervencionistas no concuerdan en una manera fundamental con otros científicos, y a la macroevolución le conciernen eventos que presumiblemente ocurrieron en el pasado distante y, en consecuencia, nunca puede ser una ciencia precisa que se puede poner a prueba con el mismo nivel de confiabilidad como ocurre en muchas otras áreas.

La macroevolución también es el área en que la ciencia evolutiva está buscando mejores mecanismos. Los intervencionistas no deberían interesarse en prevenir que alguien intente desarrollar una nueva teoría para los mecanismos macroevolutivos. No obstante, la teoría intervencionista sugiere que ninguna teoría macroevolutiva jamás funcionará adecuadamente porque el origen de los nuevos tipos básicos de organismos no se producirá sin la intervención informada mediante un diseñador inteligente. En consecuencia, los intervencionistas también sugieren que a lo mejor sería científicamente productivo que por lo menos algunos científicos se dediquen a preguntas tales como: ¿Existen límites al proceso evolutivo? Y: ¿Cuáles son esos límites?

Si el espacio lo permitiera, podríamos presentar más evidencias. Con regularidad aparecen nuevas publicaciones, y también recomendamos los videos de Illustra Media (*Metamorphosis:* Metamorfosis; *Flight:* El vuelo; *Unlocking the Mystery of Life:* Destrabar el misterio de la vida; *Darwin's Dilemma:* El dilema de Darwin; *The Privileged Planet:* El planeta privilegiado; y *Living Waters:* Aguas vivientes).

A comienzos de este capítulo (tabla 10.1), presentamos cuatro ejemplos de múltiples hipótesis de trabajo para esos temas. ¿Cuál de esas hipótesis califica mejor como una inferencia a la mejor explicación? Algunos científicos evolucionistas, especialmente los biólogos moleculares, no ven a la teoría darwinista tradicional como una opción viable. Parecen estar en el camino correcto. Si aceptamos su juicio, eso levanta dudas sobre las opciones uno y tres. Las elecciones que quedan son las opciones dos y cuatro, y la mayor pregunta es si cualquier teoría de la macroevolución es realista.

La evidencia en contra de un mecanismo viable para la macroevolución parece ser abrumadora, pero ¿hemos pasado por alto alguna cosa en este capítulo? ¿Hemos presentado una historia prejuiciada? Creemos que hemos presentado de manera justa la evidencia existente y las dificultades que plantea para la macroevolución. El otro lado de esa historia consiste en teoría, suposición (el naturalismo), y "simples cuentos" de como a lo mejor, podría producirse la macroevolución. Los datos que subyacen a esas historias son las similitudes y las diferencias en anatomía, fisiología, y sistemas moleculares en las criaturas vivientes y las fósiles. Esas similitudes, ¿se originaron por descendencia de un antepasado común o del trabajo de un diseñador común? Esas son las posibles interpretaciones o hipótesis de trabajo. Consideremos ahora los abordajes lógicos que se usan a menudo en respuesta a esas preguntas:

1. Asumamos que el naturalismo es verdad y que el origen de los seres vivos no involucró ningún planeamiento inteligente y apliquemos esa suposición al explicar la historia de la vida. Si se elige esa opción, requiere que el mudo viviente surgió por azar y selección; no hay otra posibilidad. A menudo se declara que los que dudamos del naturalismo no somos lo suficientemente creativos como para pensar explicaciones naturalistas, y que no estamos dispuestos a esperar los nuevos descubrimientos esperados que demostrarán cómo surgió la vida. De acuerdo con esa perspectiva, desarrollar una historia para explicar cómo un proceso *podría ocurrir* es suficiente para eliminar la necesidad de una intervención inteligente. Victor Stenger declara explícitamente esto en referencia al diseño inteligente en la biología y a la sintonía fina cosmológica (el autor define esas como "el Dios de los vacíos o de las brechas"): "Mientras la ciencia pueda proveer escenarios plausibles para un universo totalmente material, aun si esos escenarios actualmente no pueden ser puestos a prueba, ellos serán suficientes para refutar el Dios de los vacíos".[41]

2. Si estamos dispuestos a por lo menos considerar seriamente la opción de que la vida fue creada por intervención informada, entonces podemos apelar a la inferencia como mejor explicación a medida que interpretamos la evidencia. En casos de aparente evidencia conflictiva (por ej., el registro fósil vs. la bioquímica), entonces sigamos las opciones 3 o 4 de más abajo.

3. Asumamos que la vida fue creada y prosigamos en explicar los procesos biológicos en ese marco. Actualmente, ese abordaje parece tener la tasa más alta de éxito para interpretar la evidencia. Entre aquellos que creen que ese es el abordaje correcto, algunos de nosotros tenemos una confianza tan fuerte en él que encontramos que la opción 2, más arriba, es un abordaje suficiente.

4. No sabemos la respuesta, así que es mejor esperar y ver. Ese abordaje no contribuye directamente a encontrar respuestas para nuestras preguntas, pero tiene la virtud de evitar el dogmatismo y dejar abiertas las opciones. Ni el naturalismo ni la intervención pueden probar ese punto con "escenarios", o "simples cuentos", por lo que en lugar de depender en una suposición, lo que hace por ejemplo Stenger en su declaración, admitamos simplemente que la ciencia no tiene una respuesta sólida para la pregunta.

Este capítulo ha tratado con la mecánica de la vida, la línea de ensamble bioquímico para hacer organismos vivos. Pero algunos pueden sugerir (usando la opción lógica 1 más arriba) de que a lo mejor existe una rama de la línea de ensamblaje que todavía no se ha descubierto. ¿La rama que desarrolla la macroevolución? La evidencia acumulada hasta ahora rápidamente se dirige en otra dirección; todos los avances bioquímicos se mueven en la dirección de desmantelar la historia que Darwin armó con tanta diligencia.

Tales cuestiones complicadas, rara vez son totalmente blanco y negro, así que en lugar de simplemente desestimar una teoría que pensamos es perdedora, proseguiremos excavando más profundo en la evidencia. No vemos cómo pudieron evolucionar los nuevos planes corporales, pero si ocurrió, ¿dejó el proceso alguna evidencia en nuestros cuerpos y el resto de la naturaleza que pueda contar la historia? Un brazo herido puede sanar, pero deja una cicatriz que cuenta la historia de lo que ocurrió. ¿Dejaron eones de evolución heridas que cuentan la historia, tales como remanentes vestigiales de viejas partes del cuerpo, órganos mal diseñados, o un rastro genético de nuestros antepasados? Los siguientes dos capítulos tratarán con estas preguntas.

---

[1] M. Ridley, *Evolution* [*Evolución*], 3a ed. (Boston: Blackwell Scientific, 2004); D.J. Futuyma, *Evolution* [*Evolución*] (Sunderland, MA: Sinauer, 2013).

[2] Futuyma, *Evolution,* 570-71.

[3] *Ibid*., 556.

[4] L.M. Spetner, *Not by Chance! Shattering the Modern Theory of Evolution* [*¡No por azar! Destrozando la teoría moderna de la evolución*] (Brooklyn, NY: Judaica, 2006).

[5] E. Jablonka y M.J. Lamb, "Transgenerational Epigenetic Inheritance" ["La herencia epigenética transgeneracional"], en *Evolution: The Extended Synthesis,* ed. M. Pigliucci y G.B. Müller (Cambridge, MA: MIT Press, 2010), 137-74, 164.

[6] S.J. Gould, "Common Pathways of Illumination" ["Vías communes de iluminación"], *Natural History* 103 (1994): 10-20.

[7] R. Dawkins, *The Blind Watchmaker* [*El relojero ciego*] (New York: Norton, 1986).

[8] L.E. Mettler, T.G. Gregg y H.E. Schaffer, *Population Genetics and Evolution* [*Genética de las poblaciones y la evolución*] (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988), 184-86.

[9] L. Gibson, "Pseudogenes and Origins" ["Los pseudogenes y los orígenes"], *Origins* 21 (1994): 91-108.

[10] C.A. Reynaud et al., "Somatic Hyperconversion Diversifies the Single Vh Gene of the Chicken with a High Incidence in the D region" ["La hiperconversión somática diversifica el gen singular Vh de la gallina con una alta incidencia en la región D"], *Cell* 59 (1989): 171-83; R. Nowak, "Mining Treasures from 'Junk DNA'" ["Extrayendo tesoros del 'ADN basura'"], *Science* 263 (1994): 608-10; A. Ochert, "Transposons: So-called Junk DNA Proves Its Worth: First in Corn, Now in Creatures Like Us" ["Los transposones: Los así llamados ADN basura prueban su valor; primero en el maíz y ahora en criaturas como nosotros"], *Discover Magazine* 20, no. 12 (1999): 59-66; S. Hirotsune et al., "An Expressed Pseudogene Regulates the Messenger-RNA Stability of Its Homologous Coding Gene" ["Un pseudogén expresado regula la estabilidad del ARN mensajero de su gen codificador homólogo"], *Nature* 423 (2003): 91-96; H. Pearson, "'Junk' DNA Reveals Vital Role" ["El ADN 'basura' revela su rol vital"], *Nature Science Update,* May 7, 2004, http://www.nature.com/news/2004/040503/full/news040503-9.html, doi:10.1038/news040503-9; P. Andolfatto, "Adaptive Evolution of Non-coding DNA in *Drosophila*" ["Evolución adaptativa del ADN no-codificante en *Drosophila*"], *Nature* 437 (2005): 1149-52, doi:10.1038/nature04107; K.S. Pollard et al., "An RNA Gene Expressed during Cortical Development Evolved Rapidly in Humans" ["Un gen de ARN expresado durante el desarrollo cortical evolucionó rápidamente en humanos"], *Nature* 443 (2006): 167-72; E. Check, "It's the Junk That Makes Us Human" ["Es la basura la que nos hace humanos"], *Nature* 444 (206): 130-31; N. Carey, *Junk DNA: A Journey through the Dark Matter of the Genome* [*Un viaje a través de la materia oscura del genoma*] (New York: Columbia University Press, 2015).

[11] ENCODE incluye treinta trabajos de investigación publicados al mismo tiempo en revistas científicas, lo que incluye ocho artículos e informes en la revista científica *Nature*; *Nature* 489 (2012): 45-113. Ver especialmente, ENCODE Project Consortium [Consorcio del Proyecto ENCODE], "An integrated Encyclopedia of DNA Elements in the Human Genome" ["Una enciclopedia integrada de elementos del ADN en el genoma humano"], *Nature* 489 (2012): 57-74, doi:10.138/nature11247; X. Fu, "Non-coding RNA: A New Frontier in Regulatory Biology" ["El ARN no-codificante: Una nueva frontera el la biología de la regulación"], *National Science Review* 1, no. 2 (2014): 190-204, doi:10.1093/nsr/nwu008.

[12] J.S. Mattick, "The Hidden Genetic Program of Complex Organisms" ["El programa genético escondido de los organismos complejos"], *Scientific American* 291 (2004): 60-67; J.S. Mattick, "A New Paradigm for Developmental Biology" ["Un nuevo paradigma para la biología del desarrollo"], *Journal of Experimental Biology* 210 (2007): 1526-47; J.S. Mattick y M.E. Dinger, "The Extent of Functionality in the Human Genome" ["El alcance de la funcionalidad en el genoma humano"], *The HUGO Journal* 7 (2013): 1-4.

[13] A.F. Palazzo y T.R. Gregory, "The Case for Junk DNA" ["El caso en favor del ADN basura"], *PLoS Genetics* 10 (2014): e1004351, doi:10.1371/journal.pgen.1004351.

[14] Ver J.C. Sanford, *Genetic Entropy and the Mystery of the Genome* [*La entropía genética y el misterio del genoma*] (Waterloo, NY: FMS, 2008).

[15] R.A. Watson, *Compositional Evolution: The Impact of Sex, Symbiosis, and Modularity on the Gradualist Framework of Evolution* [*La evolución composicional: El impacto del sexo, la simbiosis, y la modularidad sobre el marco gradualista de la evolución*] (Cambridge, MA: MIT Press, 2006).

[16] Ridley, *Evolution.*

[17] S.J. Gould y E.S. Vrba, "Exaptation– A Missing Term in the Science of Form" ["Exaptación– un término faltante en la ciencia de la forma"], *Paleobiology* 8 (1982): 4-15; K. Miller, "The Flagellum Unspun: The Collapse of 'Irreducible Complexity'" ["El flagelo desenrrollado: El colapso de la 'complejidad irreductible'"], en *Debating Design: From Darwin to DNA,* ed. W.A. Dembski and M. Ruse, 2nd. Ed. (Cambridge: Cambridge University Press, 2004), 81-97; D. Ussery, "Darwin's Transparent Box: The Biochemical Evidence for Evolution" ["La caja transparente de Darwin: La evidencia bioquímica de la evolución"], en *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism,* ed. T. Edis y M. Young (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004), 48-57.

[18] A.V. Chadwick y R.F. DeHaan, "The Trilobite: Enigma of Complexity– A Case for Intelligent Design" ["El trilobite: Enigma de complejidad–un argumento a favor del diseño inteligente"], *Perspective on Science and Christian Faith* 52 (2000): 233-41.

[19] Ver H. Lodish et al., *Molecular Cell Biology* [*Biología celular y molecular*], 4a. ed. (New York: Freeman, 2000).

[20] S.C. Meyer, *Darwin's Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* [*La duda de Darwin: El origen explosive de la vida animal y el argumento a favor del diseño inteligente*] (New York: Harper-Collins, 2013).

[21] H.P. Yockey, *Information Theory and Molecular Biology* [*La teoría de la información y la biología molecular*] (New York: Cambridge University Press, 1992).

[22] K. Khalturin et al., "More than Just Orphans: Are Taxonomically-Restricted Genes Important in Evolution?" ["Más que simples huérfanos: los genes restringidos taxonómicamente ¿son importantes en la evolución?"], *Trends in Genetics* 25 (2009): 404-13.

[23] W.C. Jasper et al., "Large Scale Coding Sequence Change Underlies the Evolution of Post-developmental Novelty in Honey Bees" ["Cambio en la secuencia de codificación a gran escala forman la base de la evolución de novedades post-desarrollo en las abejas de la miel"], *Molecular Biology and Evolution* 32 (2015): 334-46, doi:10.1093/molbev/msu292; B.R. Herb et al., "Reversible Switching between Epigenetic States in Honeybee Behavioral Subcastes" ["Intercambio reversible entre estados epigenéticos en las subcastas conductuales de la abeja de la miel"], *Nature Neuroscience* 15 (2012): 1371-73.

[24] S.C. Meyer, *Signature in the Cel: DNA and the Evidence for Intelligent Design* [*Un autógrafo en la célula: el ADN y la evidencia de diseño inteligente*] (New York: HarperOne, 1009).

[25] C. Darwin, *On the Origin of Species* [*Sobre el origen de las especies*] (London: John Murray, 1859).

[26] Meyer, *Signature in the Cell;* M.J. Behe, *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution* [*La caja negra de Darwin: el desafío bioquímico a la evolución*] (New York: Free Press, 1996).

[27] Miller, "Flagellum Unspun"; K.R. Miller, *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution* [*Encontrando el dios de Darwin: La búsqueda de un científico de un terreno común entre Dios y la evolución*] (New York: Cliff Street Books, 1999); M. Young y T. Edis, *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué fracasa el diseño inteligente: un crítica científica al nuevo creacionismo*] (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004).

[28] M.J. Behe, "Reply to My Critics: A Response to Reviews of *Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution"* ["Respuesta a mis críticos: una respuesta a las reseñas de *La caja negra de Darwin: el desafío bioquímico a la evolución*"], *Biology and Philosophy* 16 (2001): 683-707, doi:10.1023/A:1012268700496; M.J. Behe, "Irreducible Complexity: Obstacle to Darwinian Evolution" ["La complejidad irreductible: un obstáculo para la evolución darwiniana"], en *Debating Design: From Darwin to DNA,* ed. W.A. Dembski y M. Ruse (Cambridge: Cambridge University Press, 2004), 352-70.

[29] L. Brand, "A Critique of Current Anti-ID Arguments and ID Responses" ["Una crítica a los argumentos anti-DI y las respuestas del DI"], *Origins* 63 (2008): 5-33.

[30] M.J. Behe, *The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism* [*El borde de la evolución: la búsqueda de los límites del darwinismo*] (New York: Free Press, 2007).

[31] W. Arthur, *The Origin of Animal Body Plans: A Study in Evolutionary Developmental Biology* [*El origen de los planes corporales animales: un studio en la biología evolutive del desarrollo*] (Cambridge: Cambridge University Press, 1997).

[32] J.A. Shapiro, *Evolution: A View from the 21st Century* [*Evolución: Una perspectiva desde el siglo 21*] (Upper Saddle River, NJ: FT Press Service, 2011).

[33] Jablonka y Lamb, "Transgenerational Epigenetic Inheritance," 163.

[34] *Ibid*., 168.

[35] G.B. Müller, "Epigenetic Innovation" ["Innovación epigenética"], en *Evolution: The Extended Synthesis,* ed. M. Pigliucci y G.B. Müller (Cambridge, MA: MIT Press, 2010): 307-32.

[36] *Ibid*.

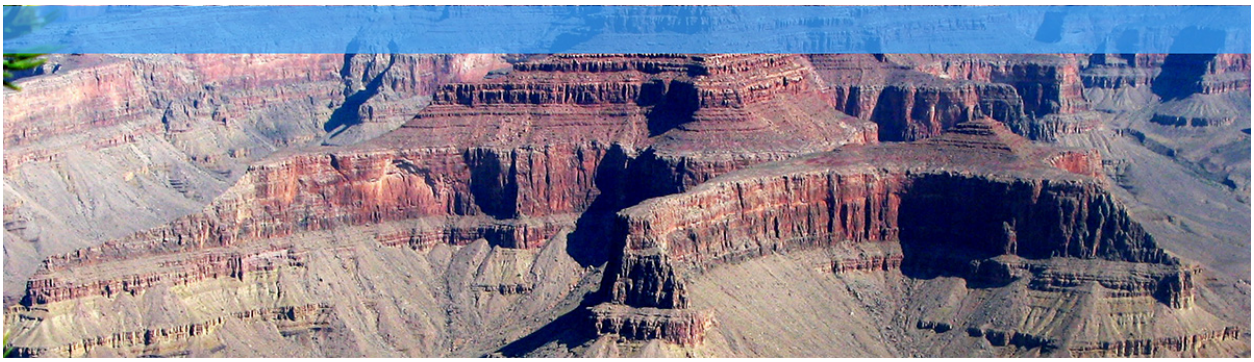
[37] K.R. Nitta et al., "Conservation of Transcription Factor Binding Specificities across 600 Million Years of Bilateria Evolution" ["Conservación del factor de transcripción que une especificaciones a lo largo de 600 millones de años de evolución de los Bilateria"], *eLife* 4 (2015), http://lens.elifesciences.org/04837/, doi:10.7554/eLife.04837

[38] Dawkins, *Blind Watchmaker,* 141.

[39] J. Cairns, J. Overbaugh y S. Miller, "The Origin of Mutants" ["El origen de los mutantes"], *Nature* 335 (1988): 142-45.

[40] P.S. Skell, "Why Do We Invoke Darwin? Evolutionary Theory Contributes Little to Experimental Biology" ["¿Por qué invocamos a Darwin? La teoría evolutiva contribuye muy poco a la biología experimental"], *The Scientist* 19 (2005): 10.

[41] V. Stenger, "Is the University Fine-Tuned for Us?" ["¿Está la universidad finamente sintonizada para nosotros?"], en *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism,* ed. T. Edis y M. Young (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004), 172-84.



Capítulo 11

En defensa de la macroevolución y sus cicatrices

Reseña

El capítulo anterior encontró muchos desafíos serios al concepto de que la macroevolución pudo haberse producido. Pero si ocurrió, a lo mejor el prolongado proceso evolutivo pudo dejar algunas "cicatrices" en los cuerpos animales que nos digan algo sobre el viaje evolutivo. Resumiremos las líneas de evidencia que más comúnmente se citan como apoyo a esa teoría y buscaremos presentar el caso más fuerte posible a favor de la macroevolución. Los conceptos que se discuten incluyen los remanentes embriológicos de la evolución, los órganos vestigiales, las partes homólogas de los cuerpos o los sistemas bioquímicos, errores y diseños imperfectos que no parecen ser el trabajo de un diseñador sabio, la evidencia biogeográfica y el registro fósil.

Introducción a las teorías naturalistas e intervencionistas

La teoría naturalista y la teoría intervencionista difieren más significativamente sobre la cuestión del origen de los principales grupos de organismos. La evolución al nivel de una nueva clase o filo (macroevolución) requeriría que evolucionen nuevos genes y nuevas estructuras. La evidencia analizada en el capítulo 10 despertó serias dudas, a lo mejor imposibles de resolver, sobre la posibilidad de evolucionar nuevos tipos de organismos. Pero para aquellos que aceptan la suposición naturalista, esta suposición exige que de alguna manera la

macroevolución fue una realidad y produjo todo el mundo vivo. Por otro lado, los intervencionistas preguntan, ¿cuáles son los límites naturales del proceso evolutivo? ¿Cuánto cambio puede realmente lograr la evolución? En este capítulo, resumiremos las líneas de evidencia más comunes que se usan en apoyo de la teoría de evolución y presentaremos la defensa más sólida que sea posible a favor de la macroevolución. En el capítulo 12, repasaremos la misma evidencia y presentaremos una defensa a favor de una interpretación alterna.

Al evaluar los datos, intentamos determinar en cuál de las siguientes categorías encajan cada una de las evidencias:

1. Los datos compatibles con las dos teorías son de mínima ayuda para determinar cuál teoría es la más correcta.

2. Los datos que son compatibles con una teoría, pero contradicen la otra, son provechosos al evaluar qué teoría sería la más correcta.

Debe evaluarse en forma separada la fuerza de cada línea de evidencia. Si al comparar esos dos paradigmas, por ejemplo, concluimos que siendo que las evidencias A y B encajan mejor con la macroevolución, y deberíamos tratar de explicar la evidencia C por medio de la macroevolución, eso podría resultar en un razonamiento circular. Si la evidencia C no apoya independientemente la macroevolución, se debería reconocer que C es contraria o no está ayudando a la decisión sobre qué teoría es la más correcta.

La teoría de la macroevolución

La teoría de la macroevolución sostiene que a lo largo de miles de millones de años de la historia de la Tierra, los procesos evolutivos produjeron todos los tipos de plantas y animales existentes y extinguidos a partir de los primeros antepasados unicelulares. Se asume que esos cambios se produjeron por los procesos de microevolución y especiación y por algún otro proceso natural, y que en última instancia toda la nueva información biológica surgió a través de la mutación y la selección natural. Tales cambios se acumularon a lo largo de los siglos para producir organismos lo suficientemente diferentes como para que los biólogos los llamen diferentes familias, órdenes, clases, o filos (tipos). Una cantidad de líneas de evidencia apoya el concepto de que la diversidad de la vida resultó de la macroevolución. Los puntos que se describen más abajo son las cicatrices que dejó nuestra historia evolutiva.

La homología

La homología es una línea de evidencia clave que se usa para determinar las relaciones evolutivas entre los organismos y en el desarrollo filogenético: teorías de las vías evolutivas por medio de las cuales surgieron los organismos.[1] Consideremos dos maneras de definir la homología y términos relacionados. Las definiciones que se usan comúnmente ya son una interpretación, así que usamos una definición funcional primero y más adelante presentamos la interpretación estándar (o interpretativa).

Homología: Partes de diferentes organismos que pueden tener diferentes funciones, pero que tienen la misma estructura interna y se desarrollan a partir de las mismas vías embriológicas.

Analogía: Partes que cumplen la misma función, pero tienen estructuras internas diferentes y se desarrollan por vías embriológicas diferentes.

El principio de la homología puede ser ilustrado con la estructura de la extremidad anterior de cuatro diferentes tipos de mamíferos (fig. 11.1). Las manos y brazos humanos están adaptados para la manipulación fina, las aletas de las focas están diseñadas para nadar, las alas de los murciélagos para volar y las patas de los perros para correr rápidamente pero no para maniobras delicadas. Las extremidades anteriores se ven diferentes y tienen funciones muy diferentes, pero en su anatomía interna, tienen los mismos caracteres básicos. Todos tienen los mismos huesos: un omóplato (o escápula); un húmero, radio y cúbito; y luego los huesos de la muñeca y de la mano. Las proporciones de los huesos son diferentes, pero las inserciones de los músculos y las articulaciones son las mismas. En el murciélago, el radio está reducido o vestigial. Hasta la “mano” tiene los mismos huesos en esas cuatro extremidades tan diferentes. El ala de un murciélago tiene los mismos huesos que una mano humana, y el ala se sostiene con cuatro dedos que tienen huesos muy alargados. Ese es el significado de la homología: las funciones pueden ser diferentes, pero la estructura interna es la misma.

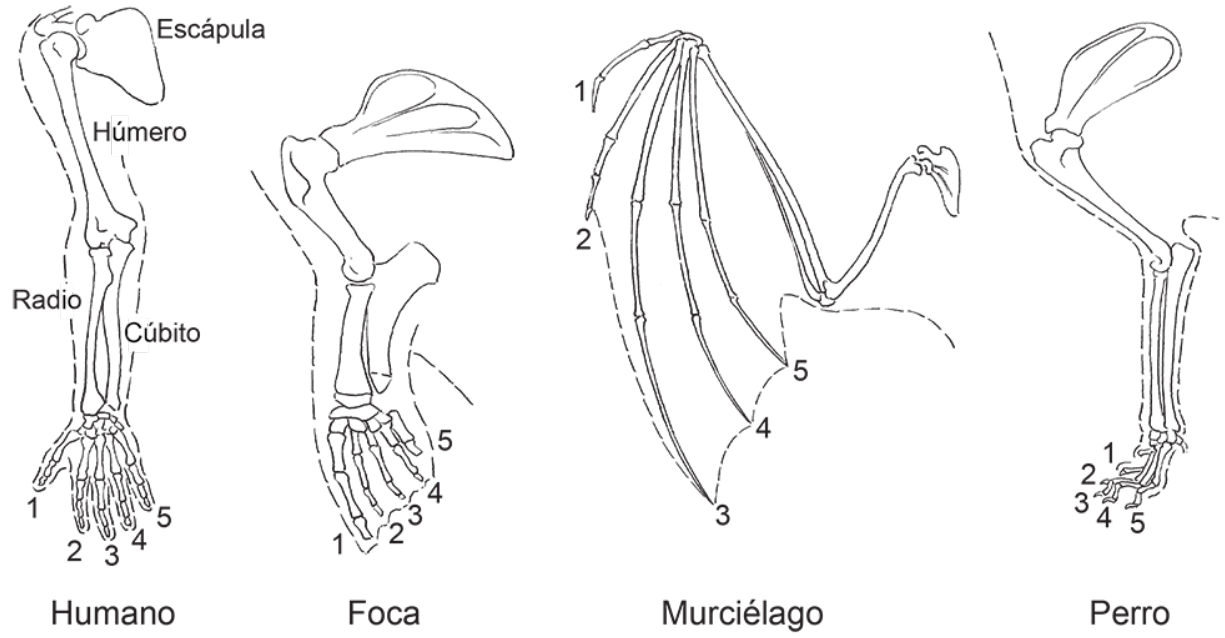


Figura 11.1. Huesos homólogos de extremidades en cuatro tipos de mamíferos (según Dunbar 1961). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Los mamíferos tienen esas homologías porque los cuatro tipos de extremidades anteriores evolucionaron de un antepasado común que tenía la estructura ósea básica del miembro anterior. Heredaron la estructura ósea de un antepasado común y luego evolucionaron modificaciones para adaptar el miembro a las necesidades de cada uno. Por contraste, cuando diferentes grupos animales tienen estructuras análogas, tales como alas, esas estructuras no evolucionaron de un antepasado común. Varios grupos de animales tienen alas, y cada grupo evolucionó independientemente las alas para servir el mismo propósito. Porque evolucionaron independientemente, tienen caracteres estructurales diferentes.

Cuatro tipos diferentes de alas ilustran ese concepto de la analogía: de la mariposa, el ave, el murciélago y el pterosaurio (un reptil volador); fig. 11.2). En las alas de pájaros, los huesos de los dedos son bastante reducidos, y las plumas constituyen la superficie principal de vuelo. En el ala de un pterosaurio, el cuarto dedo por si solo sostiene la membrana del ala. Las alas de los insectos no tienen ningún hueso. Externamente estas alas son parecidas superficialmente, sin embargo, internamente son muy diferentes y por lo tanto, análogas.

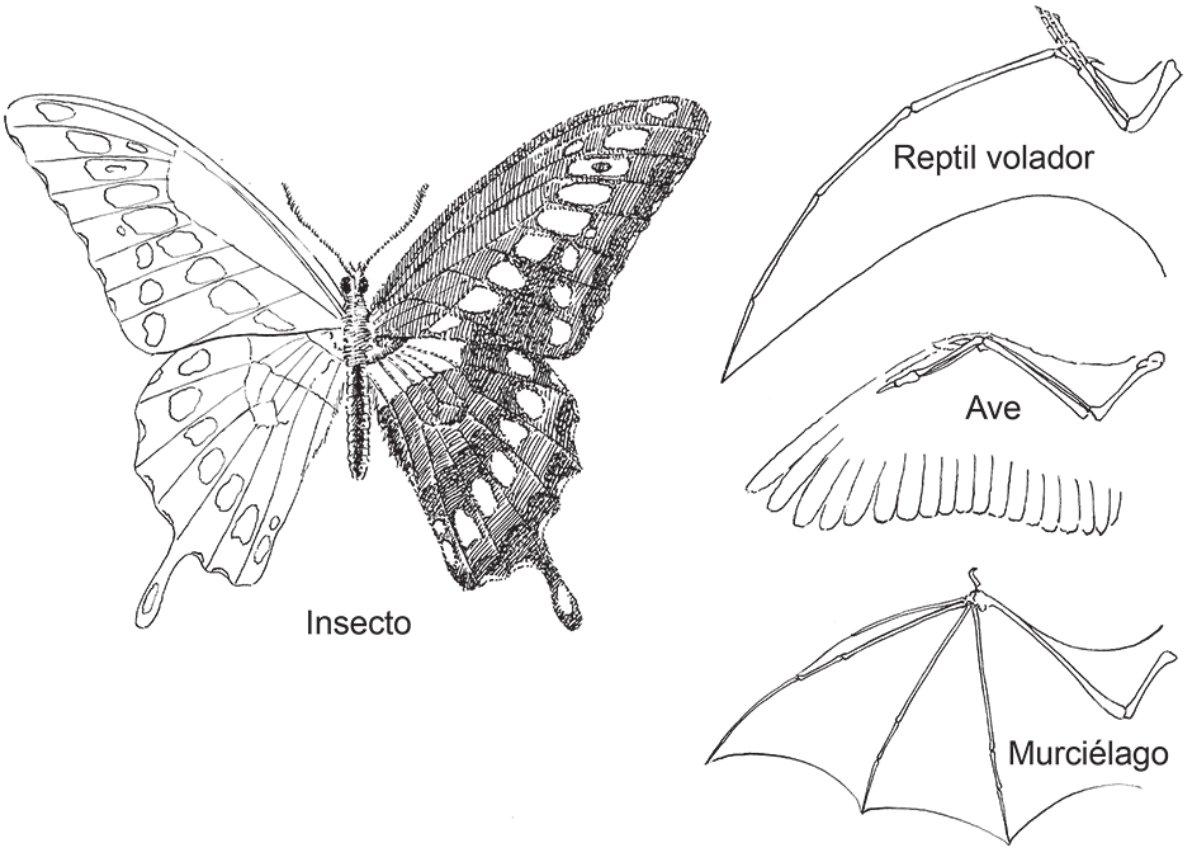


Figura 11.2. Estructuras análogas: las alas de una mariposa, un ave, un murciélago y un pterosaurio (según Moody 1962). Ilustración de Robert Knabenbauer.

El término convergencia está muy relacionado con la analogía. Algunos linajes animales, que tienen antepasados diferentes, se han vuelto mucho más parecidos debido a necesidades similares. Sus estructuras convergieron hacia un patrón común (por lo menos superficialmente) a medida que evolucionaron en forma independiente unos de otros.

Los mismos principios de la homología y la analogía también se aplican al nivel de la fisiología o la bioquímica. El citocromo c es una molécula que se encuentra prácticamente en todos los seres vivos, y las secuencias de aminoácidos del citocromo c han sido estudiadas en una gran variedad de organismos desde humanos y burros hasta gallinas y las semillas de ricino.[2] Entre los humanos y los burros hay un solo aminoácido de diferencia. Pero entre la levadura y los humanos, existe 45 diferencias en las secuencias de aminoácidos (fig. 11.3). Si la vida evolucionó, esperaríamos que aumenten las diferencias al comparar los organismos

que están más separados en la escala, y eso es lo que encontramos. A medida que la evolución progresó desde la levadura, las mutaciones en el citocromo c aumentarían como en otras partes del organismo, y el citocromo c cambiaría más al evolucionar la vida. En general, los datos se ajustan a esta expectativa, aunque el cambio no es muy fluido.

	Humano	Mono	Cerdo, vaca, oveja	Caballo	Perro	Conejo	Canguro	Gallina, perro	Pato	Cascabel	Tortuga	Atún (pez)	Polilla	Neurospora	Candida
Mono	1														
Cerdo, vaca, oveja	10	9													
Caballo	12	11	3												
Perro	11	10	3	6											
Conejo	9	8	4	6	5										
Canguro	10	11	6	7	7	6									
Gallina, perro	13	12	9	11	10	8	12								
Pato	11	10	8	10	8	6	10	3							
Cascabel	14	15	20	22	21	18	21	19	17						
Tortuga	15	14	9	11	9	9	11	8	7	22					
Atún (pez)	21	21	17	19	18	17	18	17	17	26	18				
Polilla	31	30	27	29	25	26	28	28	27	31	28	32			
Neurospora	48	47	46	46	46	46	49	47	46	47	49	48	47		
Candida	51	51	50	51	49	50	51	51	51	51	53	48	47	42	
Levadura	45	45	45	46	45	45	46	46	46	47	49	47	47	41	27

Figura 11.3. Un diagrama que muestra la cantidad de diferencias en el citocromo c, obtenidas de diferentes especies de animales, plantas, y microorganismos (datos de Villee 1977). Ilustración de Leonard Brand.

A partir de esa información, se pueden desarrollar árboles filogenéticos basados en el citocromo c (fig. 11.4). La cantidad de homologías determina cuán cerca están unos de otros los diferentes grupos en el árbol. Notemos que los diferentes grupos de mamíferos terminan más o menos juntos como es de esperar. Las otras relaciones en este árbol también son, aproximadamente, las que se esperaría si la vida hubiese evolucionado.

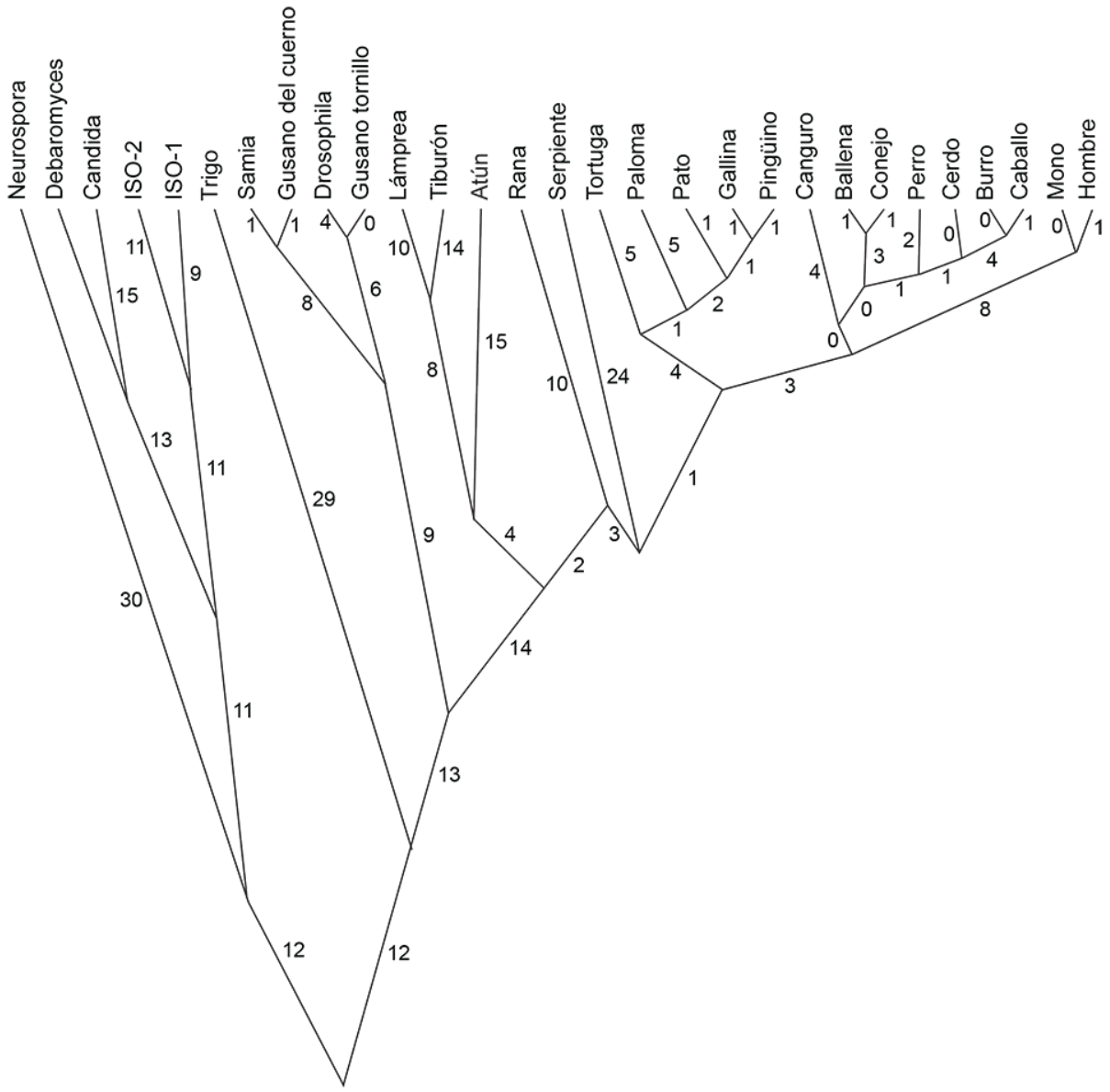


Figura 11.4. Filogenia de los vertebrados, basada en la estructura de la molécula del citocromo c (según Mettler el al. 1988). Ilustración de Leonard Brand.

Este estudio de la homología bioquímica puede ser aplicado de manera muy cuantitativa a diversos niveles taxonómicos. Ese método se está usando extensivamente en la investigación de las relaciones evolutivas de grupos de plantas y animales. Un estudio usó datos bioquímicos para analizar homologías y relaciones entre órdenes de mamíferos (fig. 11.5).[3] Los números junto a las ramas del árbol indican el número mínimo de cambios en los aminoácidos necesarios para evolucionar de un grupo a otro. Este árbol es similar al que resultaría de usar datos morfológicos.

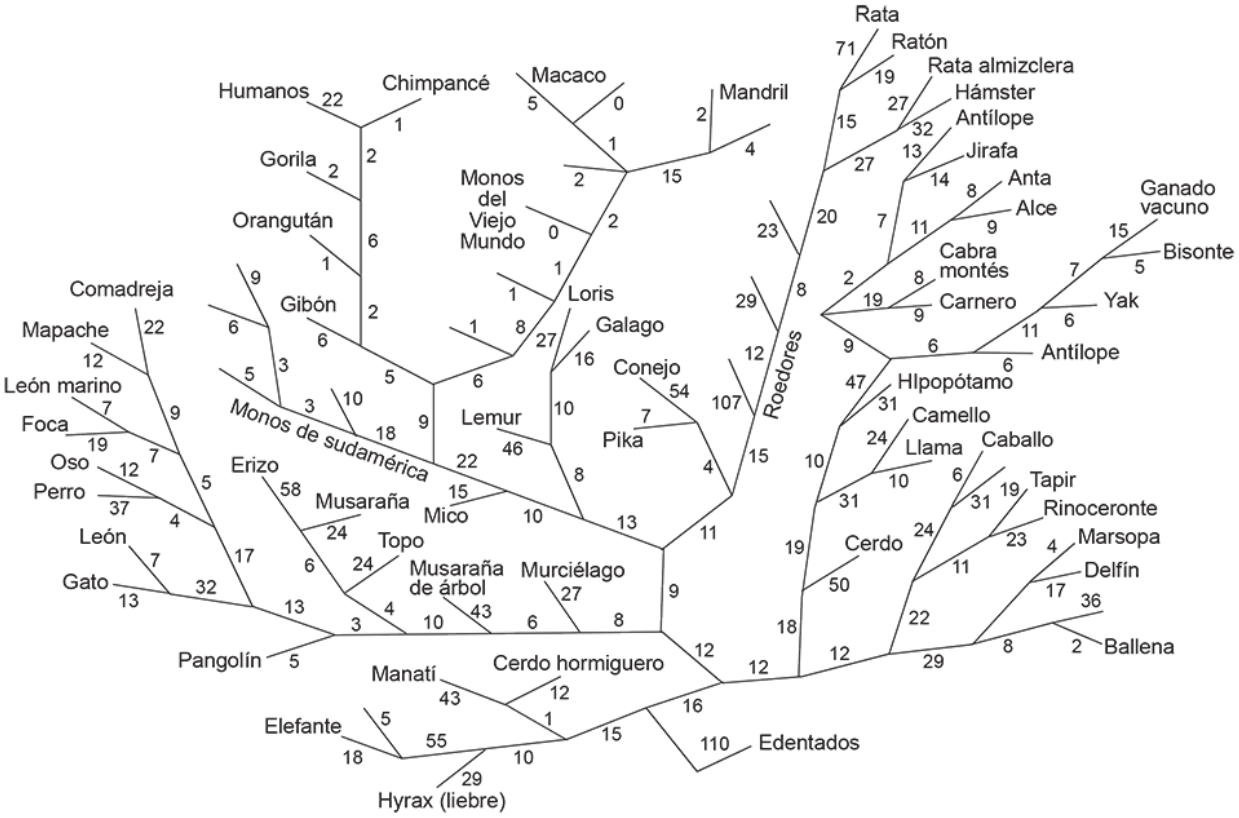


Figura 11.5. Un árbol filogenético de los mamíferos euterios (incluye todos los mamíferos excepto los marsupiales y los monotremas), basado en el estudio de aminoácidos. Los números indican reemplazos de nucleótidos necesarios para explicar las diferencias observadas en los aminoácidos (según Miyamoto y Goodman 1986). Ilustración de Leonard Brand.

Los árboles filogenéticos también pueden basarse en la comparación del ADN de diferentes organismos, y este método se está usando mucho hoy día. Lo

que es interesante, es que los árboles filogenéticos basados en estructura óseas, los basados en secuencias de aminoácidos y los basados en el ADN, generalmente son muy parecidos. La interpretación de esos datos es que las homologías muestran la evolución a partir de antepasados comunes. Una creciente divergencia en las características indica la distancia desde el antepasado común. Las homologías son la evidencia principal que se usa para desarrollar árboles filogenéticos.

Podemos llevar esta línea de razonamiento un paso más adelante. Todas las formas de vida se basan en el mismo sistema bioquímico. Esencialmente todas usan el mismo sistema genético y la misma genética basada en el ADN. Eso indica que toda la vida evolucionó de un antepasado común.[4] Con ese trasfondo, consideremos las definiciones interpretativas de la homología y la analogía. Las definiciones funcionales usadas más arriba, usualmente no se usan. Las definiciones más comunes, que denominaremos definiciones interpretativas, son interpretaciones de los datos basadas en la teoría de la evolución.

> **Homología.** Correspondencia entre los caracteres de diferentes organismos que se deben a la herencia a partir de un antepasado común.
>
> **Analogía.** Caracteres que son superficialmente parecidos pero que evolucionaron independientemente (un tipo de homoplasia, una similitud no homóloga).[5]

La embriología

En el siglo XIX, los científicos notaron que los embriones de diferentes grupos de vertebrados eran mucho más similares que los adultos de esos grupos. Esto llevó a la teoría de que la ontogenia (el desarrollo embrionario) recapitula en la filogenia (la historia evolutiva); el embrión repite su historia evolutiva (fig. 11.6). Esa idea, tal como la propuso originalmente Ernst Haeckel, no se sostiene ante la evidencia genética moderna,[6] pero algunas de las observaciones de Haeckel todavía son relevantes y forman parte de lo que se entiende hoy de la relación entre la ontogenia y la filogenia. Esta teoría moderna de la recapitulación reconoce que un embrión no necesariamente se parece a los adultos de sus antepasados; pero que en sus etapas iniciales se parece a los estados embrionarios de sus antepasados a causa de su descendencia evolutiva. Los estados embrionarios tempranos de las diferentes clases de vertebrados son muy similares. Pero a medida que crecen, desarrollan características adultas únicas.[7]

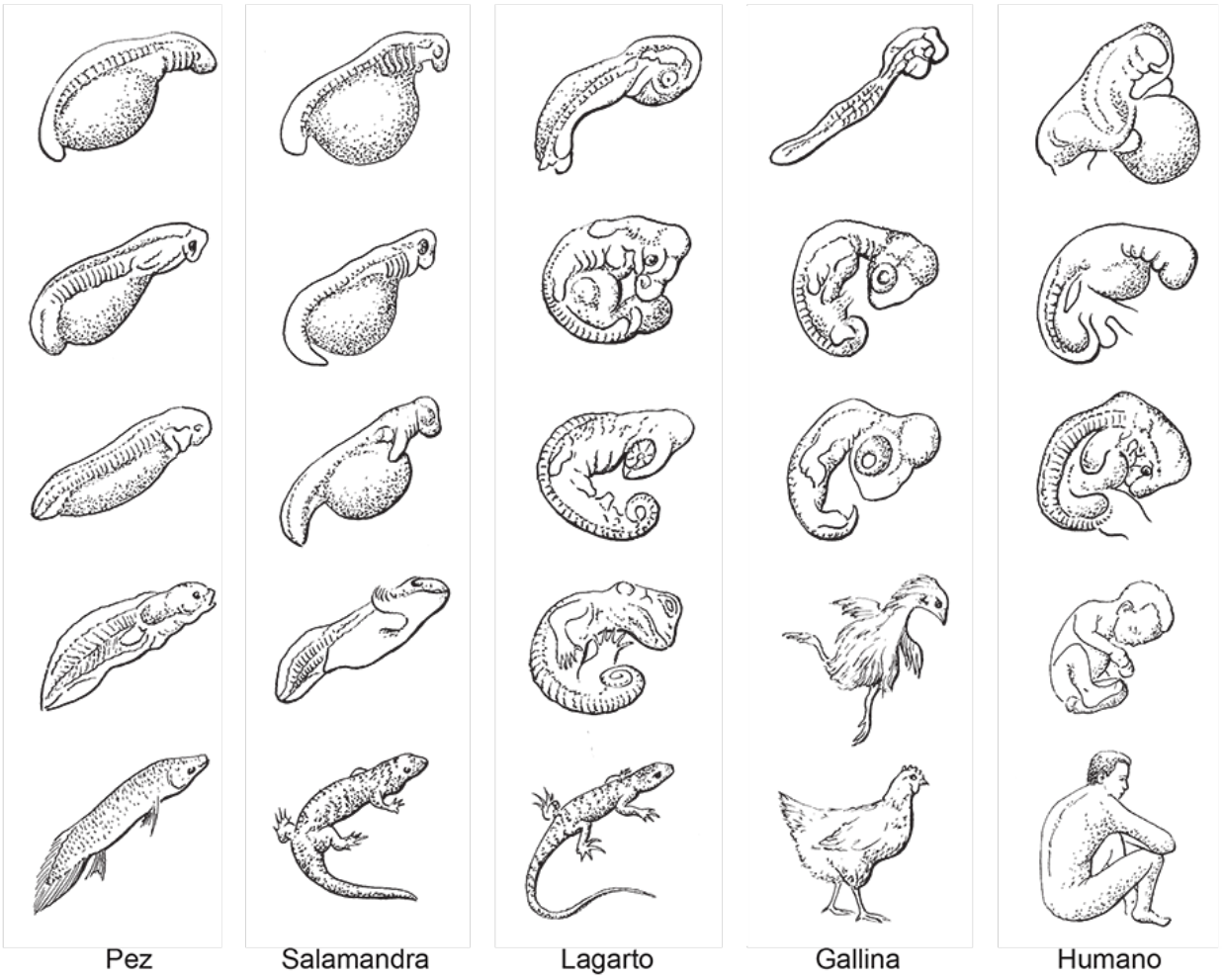


Figura 11.6. Comparación de varios tipos de embriones, tal como la usó Haeckel en apoyo a su teoría de la recapitulación (según Coffin y Brown 1983c). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Ese mismo concepto se puede ver en el desarrollo embriológico del corazón y los riñones de los mamíferos. El corazón del embrión mamífero atraviesa una secuencia del desarrollo similar a su progresión evolutiva, desde un estado primitivo de dos cavidades en el embrión joven hasta un corazón de mamífero plenamente desarrollado de cuatro cavidades. El embrión joven de un mamífero tiene un riñón muy simple, similar al riñón del vertebrado ancestral hipotético. Aumenta en complejidad hasta que completa su crecimiento y se parece al riñón simple de una lamprea glutinosa.[8] Cuando el riñón complejo (metanéfrico) adulto completa su crecimiento y está listo para su función, el riñón simple (ancestral) se atrofia y desaparece. De este modo, parece ser que el riñón y el corazón repiten su historia evolutiva en su desarrollo embriológico.

Douglas Futuyma discute evidencias embriológicas adicionales de la evolución.[9] Algunas salamandras acuáticas tienen branquias y aletas para la vida debajo del agua, pero las salamandras terrestres se desarrollan completamente dentro del huevo con branquias y aletas que nunca usan y que se pierden antes de que las salamandras salgan del huevo (fig. 8.7). Esto se parece más un remanente de la evolución que a un diseño sabio.

La parte inferior de las patas traseras de los reptiles consiste en los huesos tibia y peroné, y los huesos del tarso (tobillo) que se articulan con el metatarso en el pie (fig. 11.7). En las patas de los pájaros, los huesos del tarso aparentemente están fusionados al extremo inferior de la tibia. Esta estructura combinada se llama el tibiotarso. El peroné es vestigial, y consiste solo en un hueso corto a lo largo de la parte superior del tibiotarso. Armand Hampe diseñó un experimento ingenioso en el que puso una delgada lámina de mica entre la tibia y el peroné en el embrión de un pollito joven.[10] Entonces el peroné creció hacia abajo, hasta el tobillo, y los tarsos se desarrollaron como huesos separados, como en los reptiles. Esto parece indicar que las aves todavía tienen genes para los huesos de "reptil", pero en un embrión normal de ave, la tibia de alguna manera inhibe el desarrollo del peroné. Cuando el peroné no hace contacto con el tobillo, los tarsos no se desarrollan.

Los órganos vestigiales

Las estructuras vestigiales son remanentes de la historia evolutiva de un animal. Si los animales cambian y desarrollan nuevas estructuras, algunas de las viejas estructuras que ya no se necesitan lentamente desaparecerán. Durante ese proceso, un remanente o un vestigio de la estructura original puede permanecer. Hay varios órganos que cumplen con los criterios de caracteres vestigiales. (fig. 11.8)

El apéndice humano es un vestigio que a menudo presenta un problema. Se enferma y debe ser extirpado. Otro vestigio es la vértebra caudal de los vertebrados, el remanente de una cola. Los humanos no tienen cola, pero sí existe una corta estructura ósea que es homóloga a la cola de otros mamíferos. Algunas veces un bebé humano puede tener una corta cola externa que puede tener huesos caudales en ella.[11] Muchos invertebrados son animales segmentados, especialmente los gusanos y artrópodos cuyos cuerpos están parcialmente divididos en muchos segmentos con músculos presentes en cada segmento. Algo de esta segmentación permanece en los vertebrados y es evidente en los músculos abdominales de los humanos.

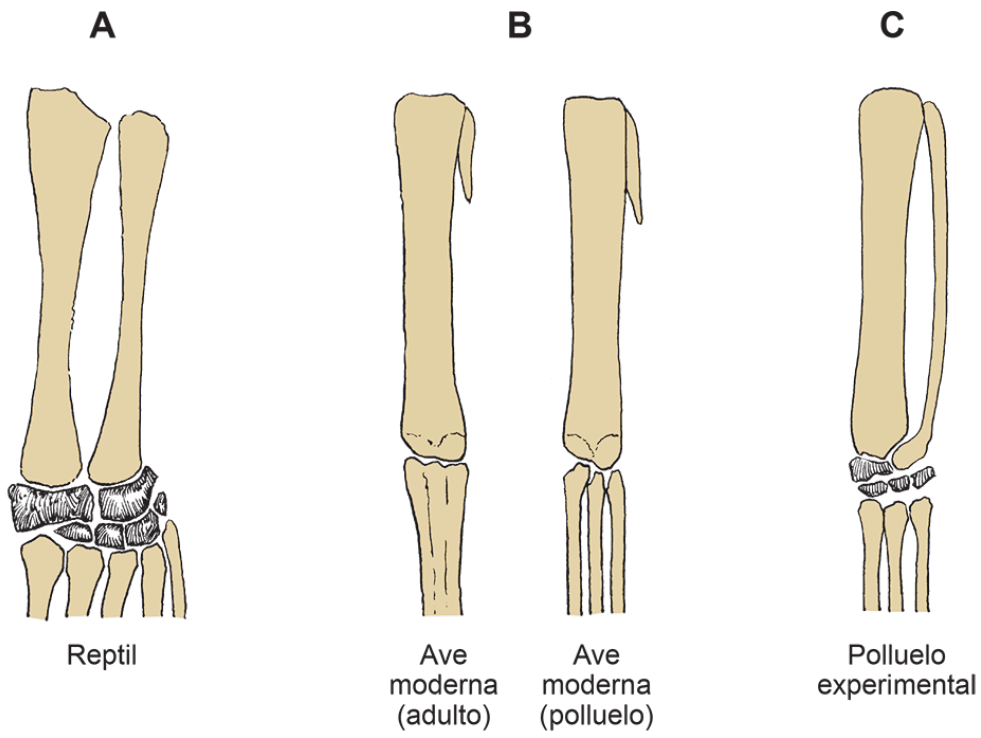


Figura 11.7. Huesos de la pata de (A) reptiles, y (B) aves, que resultaron de la separación experimental de la tibia y el peroné (según Futuyma 1983). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Aun cuando los humanos no tienen pelo que recubre sus cuerpos como lo tienen otros mamíferos, existen vestigios de pelo en algunas partes del cuerpo humano. La mayoría de los mamíferos tienen músculos que mueven sus orejas para lograr una mejor recepción de los sonidos que escuchan. Los humanos tienen los mismos músculos conectados a las orejas, aunque no podemos dar vuelta las orejas y no tenemos necesidad real de estos músculos. Algunos vertebrados tienen un tercer párpado que puede cubrir el ojo para protegerlo. Los humanos no tienen ese tercer párpado, pero tienen un pequeño vestigio del mismo, la membrana nictitante en el ángulo del ojo. Los terceros molares o "muelas de juicio" a menudo presentan problemas a los humanos, y a veces hay que sacarlos. Los humanos tienen dientes caninos que todavía tienen algo de punta, pero no son lo suficientemente largos como para servir el propósito original de los largos caninos en muchos otros mamíferos. Todos estos son vestigios de cosas que aparentemente ya no necesitamos.

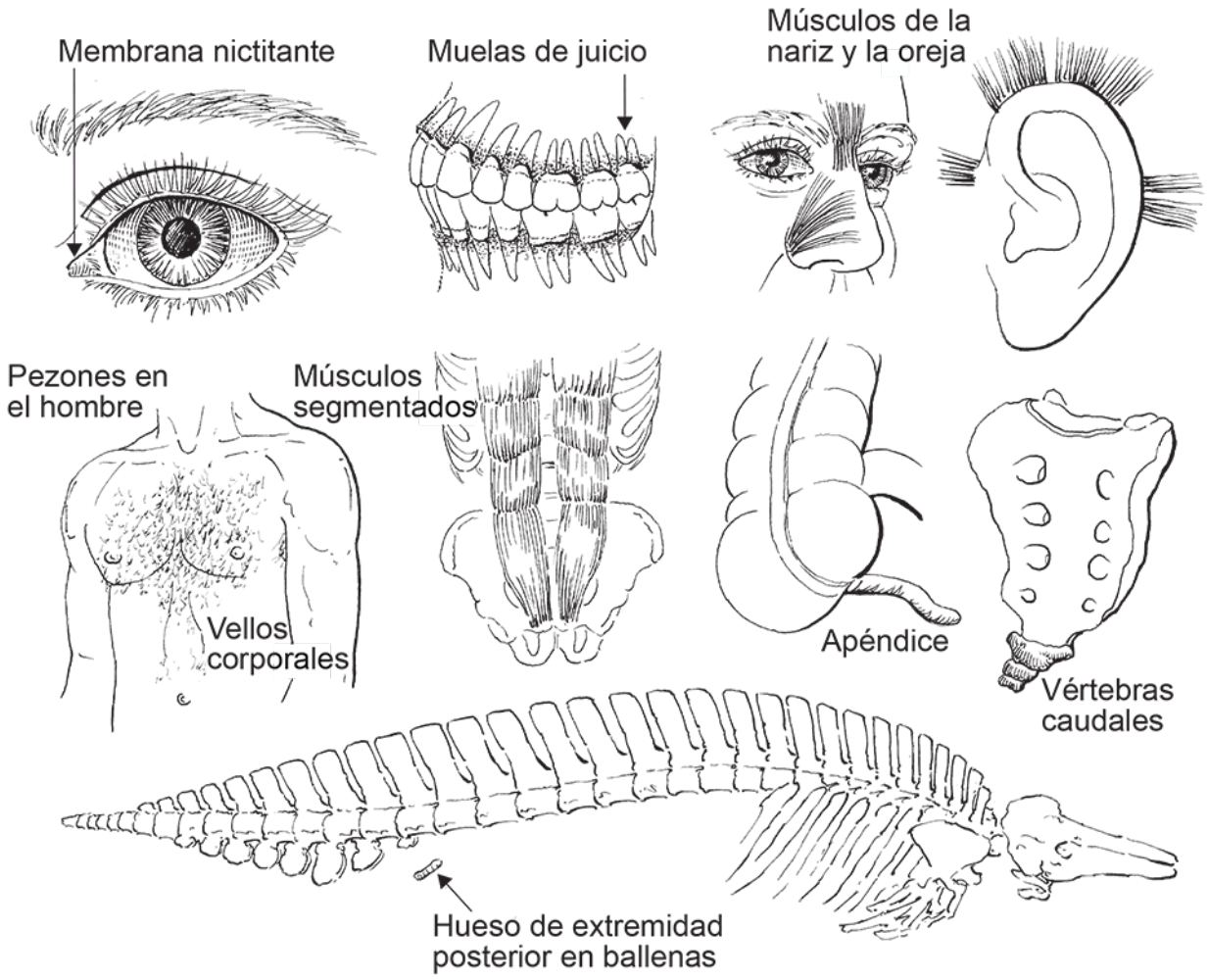


Figura 11.8. Varios órganos vestigiales en humanos y las extremidades posteriores vestigiales (aletas) de una ballena (según Villee 1977). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Las ballenas tienen aletas delanteras y una suerte de aletas de cola, pero no tienen extremidades posteriores. Las ballenas evolucionaron de otros mamíferos que poseían miembros posteriores. En el proceso de la evolución, las extremidades posteriores desaparecieron excepto dos pequeños huesos incrustados en la carne: vestigios, aparentemente, de extremidades posteriores.[12] Los delfines rara vez nacen con aletas posteriores, lo que indica que hay genes presentes para estas estructuras.

Otro elemento que puede considerarse vestigial es el ADN basura: los abundantes genes muertos que aparentemente alguna vez eran funcionales, pero ahora son remanentes no funcionales del proceso evolutivo. Incluyen los pseudogenes, similares a los genes funcionales, pero con una o más mutaciones que eliminan su funcionalidad.[13]

Una cantidad de ejemplos al nivel de la microevolución ilustran la realidad del desarrollo de estructuras vestigiales y muestran cómo los vestigios que se describen más arriba se habrían desarrollado. Entre los ejemplos están las salamandras ciegas de cavernas con ojos vestigiales, aves que no vuelan con alas vestigiales, y escarabajos que no vuelan, pero con alas que están fusionadas debajo de las cubiertas de alas.[14] Todas esas estructuras vestigiales son evidencia de evolución a partir de otros animales que necesitaban esas estructuras.

Los errores y los diseños imperfectos como evidencia de historia

El estudio de la evolución es, en parte, el estudio de cómo los organismos se han adaptado a sus ambientes. Pero las adaptaciones perfectas o el "diseño ideal es un pésimo argumento para la evolución, porque imita la acción postulada de un creador omnipotente."[15] Las adaptaciones que parecen ilógicas o subóptimas son mejores indicadores de la historia evolutiva.

Hace unos pocos años, compré (Brand) una casa vieja y procedí a remodelarla. Al arrastrarme por aquí y por allá en el altillo y en el espacio angosto debajo del piso que permite acceso a las cañerías e instalación eléctrica, descubrí muchas cosas interesantes. Las pesadas vigas y pilares que sostenían el piso explicaban por qué el piso de madera no crujía a pesar de la antigüedad de la casa y las cañerías del agua todas estaban conectadas en un sistema lógico. Otras características eran más intrigantes. Entre ellas, una serie de escalones de hormigón debajo de la casa y otra serie enterrada en el suelo por fuera de la casa, y una cañería de desagüe que salía de la casa del lado opuesto a la conexión a la cloaca y que luego corría todo alrededor de la mitad de la casa hasta su destino. Tramos de cimiento sólidos debajo de la casa parecían cimientos de paredes exteriores, pero no sostenían nada excepto el medio del piso de un dormitorio (lo que calmó mi preocupación respecto del peso de nuestra cama de agua).

Pronto se hizo evidente que esas raras características no se podían explicar con la lógica o por las necesidades estructurales de una casa. Solo se podían explicar por la historia. La casa había pasado por una serie de remodelaciones y adiciones hechas por propietarios anteriores. Las características inusuales eran remanentes históricos de esos eventos y ya no eran relevantes para las actuales necesidades estructurales de la casa. Los cimientos adicionales estaban bajo paredes exteriores antes de que los dormitorios fueran agrandados con nuevos cimientos y nuevas paredes. Los viejos escalones indicaban las posiciones de puertas exteriores en las primeras fases de la historia de la casa. Comencé a sentirme como un arqueólogo al reconstruir la historia de la casa (fig. 11.9) sobre la base de esos y otros remanentes históricos, mientras mi familia pensaba que yo

estaba trabajando muy duro debajo de la casa. En el proceso de añadir a la casa, dejé algunos remanentes históricos propios. De ese modo, si el próximo dueño tuviese una tendencia a la curiosidad, tendrá los materiales para muchas horas felices de investigación arqueológica, pero además tendrá nuevas dificultades porque mi trabajo destruyó parte de la evidencia.

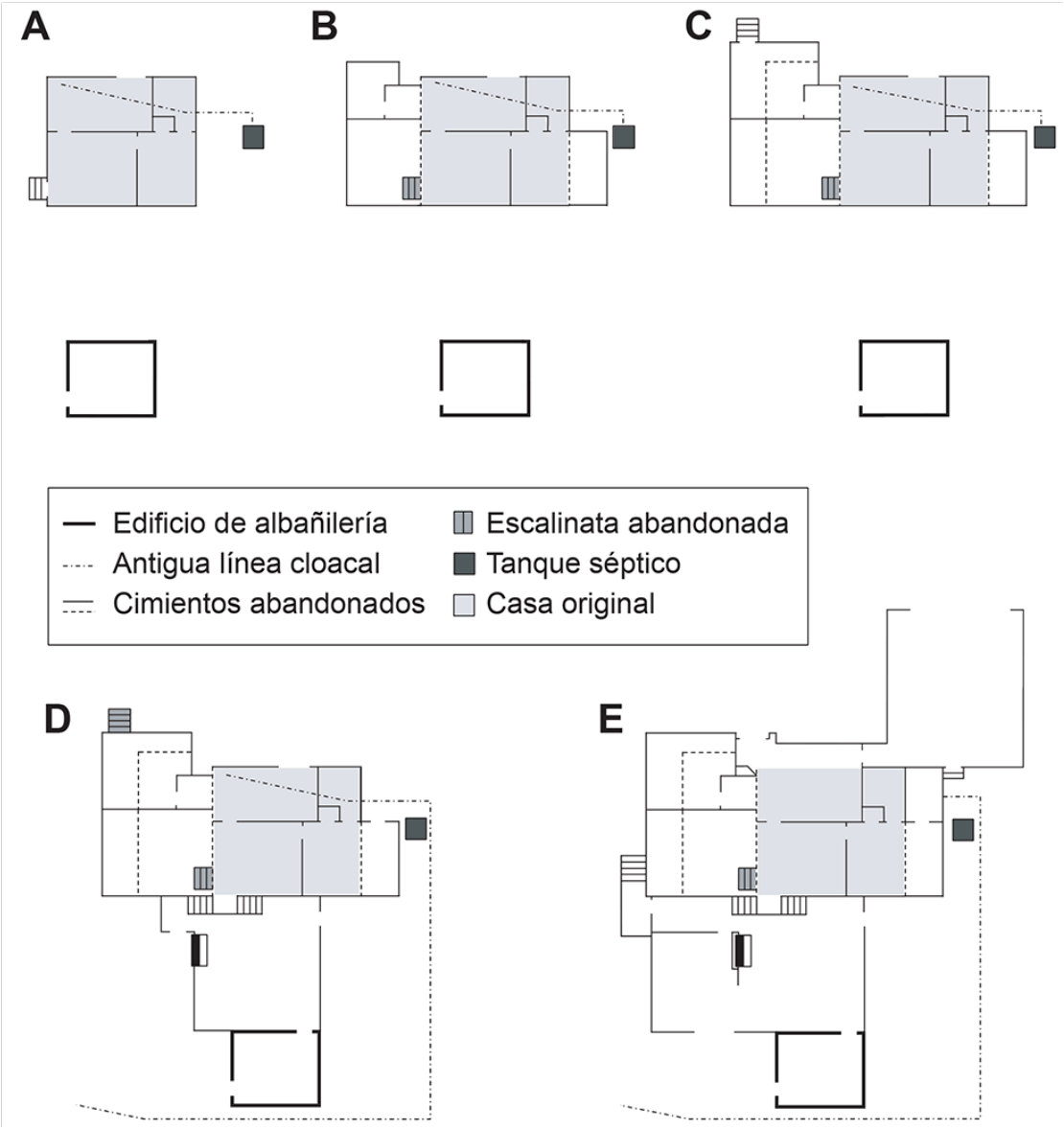


Figura 11.9. La secuencia de adiciones a una casa, reconstruida a partir de los remanentes de esta serie de eventos. Ilustración de Leonard Brand.

Esta historia es exactamente análoga al estudio de la historia evolutiva usando adaptaciones subóptimas o estructuras raras como evidencia de eventos evolutivos históricos. Las estructuras vestigiales no tienen una explicación funcional; son remanentes de la historia de la evolución. Ya que la vida tiene una historia, los tipos de adaptaciones que se pueden desarrollar en cualquier organismo dado dependen de las materias primas provistas por la historia. Por ejemplo, cuando evolucionaron los murciélagos, no podían desarrollar alas como los insectos o las aves porque sus antepasados inmediatos ya tenían la estructura básica mamífera de la mano. Así que los murciélagos se vieron obligados a desarrollar un ala que era la modificación de esa estructura mamífera de la mano. Si un Creador inteligente diseñó la vida, ¿por qué el ala del murciélago no fue diseñada de entrada en forma única y óptima para su propósito en vez de ser una mera modificación de la extremidad anterior de un mamífero terrestre? Así es como sucede siempre: la estructura de cada organismo consiste de adaptaciones de caracteres existentes del grupo del cual evolucionó en lugar de mostrar la originalidad y creatividad que esperaríamos de un Creador.[16]

En ningún lugar se ilustra mejor este principio que en el pulgar del panda.[17] El panda gigante come solo bambú que manipula hábilmente entre su pulgar y los otros dedos. Sin embargo, el pulgar no es un pulgar común. Es un sexto "dedo" que en realidad es un hueso sesamoideo radial alargado de su muñeca. Los músculos presentes en otros mamíferos se han modificado para servir al pulgar novedoso del panda (fig. 11.10). Otros miembros de la familia de los osos no tienen un pulgar oponible y, por consiguiente, el panda no tenía las materias primas como para desarrollar fácilmente un pulgar hábil como lo tienen algunos otros mamíferos. En cambio, desarrolló, del ya un poco agrandado hueso sesamoideo que tienen los otros osos, un pulgar inusual que satisface adecuadamente sus necesidades. El panda también tiene un hueso sesamoideo agradado en el otro lado de su pata delantera. Las inserciones musculares sugieren que este hueso también puede ser móvil,[18] aunque no se ha estudiado tanto como el sesamoideo radial.

Hace mucho que se reconoce al ojo de los vertebrados como un accidente evolutivo porque las capas de células en la retina están ordenadas al revés. La luz debe pasar a través de varias capas celulares antes de alcanzar los fotorreceptores, lo que da como resultado una pérdida de eficiencia en la transmisión de la luz. Otro tipo de rasgo subóptimo es la lucha, destrucción y crueldad tan evidente en la naturaleza, en lugar de la armonía que se esperaría que produjera un Creador inteligente.

Algunos animales parecen estar pobremente adaptados, por ejemplo, los lemings y las langostas que no tienen una adaptación para impedir la superpoblación. Periódicamente experimentan un incremento desenfrenado de

población que produce resultados devastadores para sí mismos y su hábitat.[19]

El camino que toma el nervio laríngeo recurrente en los mamíferos solo se puede explicar a través de nuestra historia evolutiva. En nuestros antepasados parecidos a los peces, este nervio sigue el sexto arco branquial directamente a su destino. En los mamíferos, continúa siguiendo la misma vía, pero debido a diferencias anatómicas en los mamíferos, debe seguir todo el camino hasta el fondo del pecho, alrededor de la aorta, y de vuelta a la laringe. En las jirafas, esto significa que debe extenderse como 15 metros más de lo que necesita si hubiera sido diseñado óptimamente a ir directamente desde su origen hasta su destino.[20]

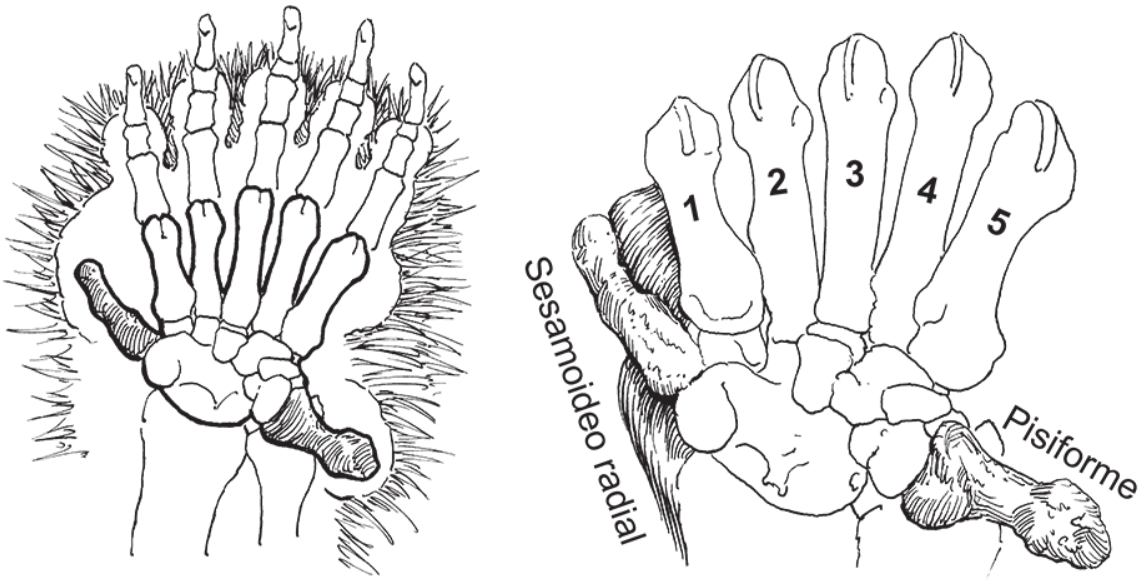


Figura 11.10. La estructura del pie del panda, con su pulgar singular (el sesamoideo radial). Arriba se presenta una ampliación (según Ewer 1973; Gould 1980). Ilustración de Robert Knabenbauer.

La naturaleza jerárquica de la vida y la escala ascendente de complejidad

Todos los animales comparten esencialmente las mismas funciones bioquímicas básicas, pero cuando comparamos los caracteres de la fisiología y la anatomía, podemos ordenar los grupos animales en una escala evolutiva de complejidad (fig. 11.11). Los protozoos están compuestos de una sola célula. Las esponjas son multicelulares, pero carecen de capas germinales separadas. Los platelmintos agregaron capas germinales separadas, y las ascárides (gusanos redondos), fueron

las primeras en tener un tracto digestivo completo. Los peces fueron los primeros en tener un esqueleto interno; los anfibios fueron los primeros tetrápodos, o animales con cuatro patas; los reptiles agregaron un ciclo de vida completamente terrestre; los mamíferos y las aves se volvieron de sangre caliente; y los mamíferos dan a luz hijos vivos. Cada grupo añadió rasgos importantes a medida que la vida "ascendía" la escala evolutiva.

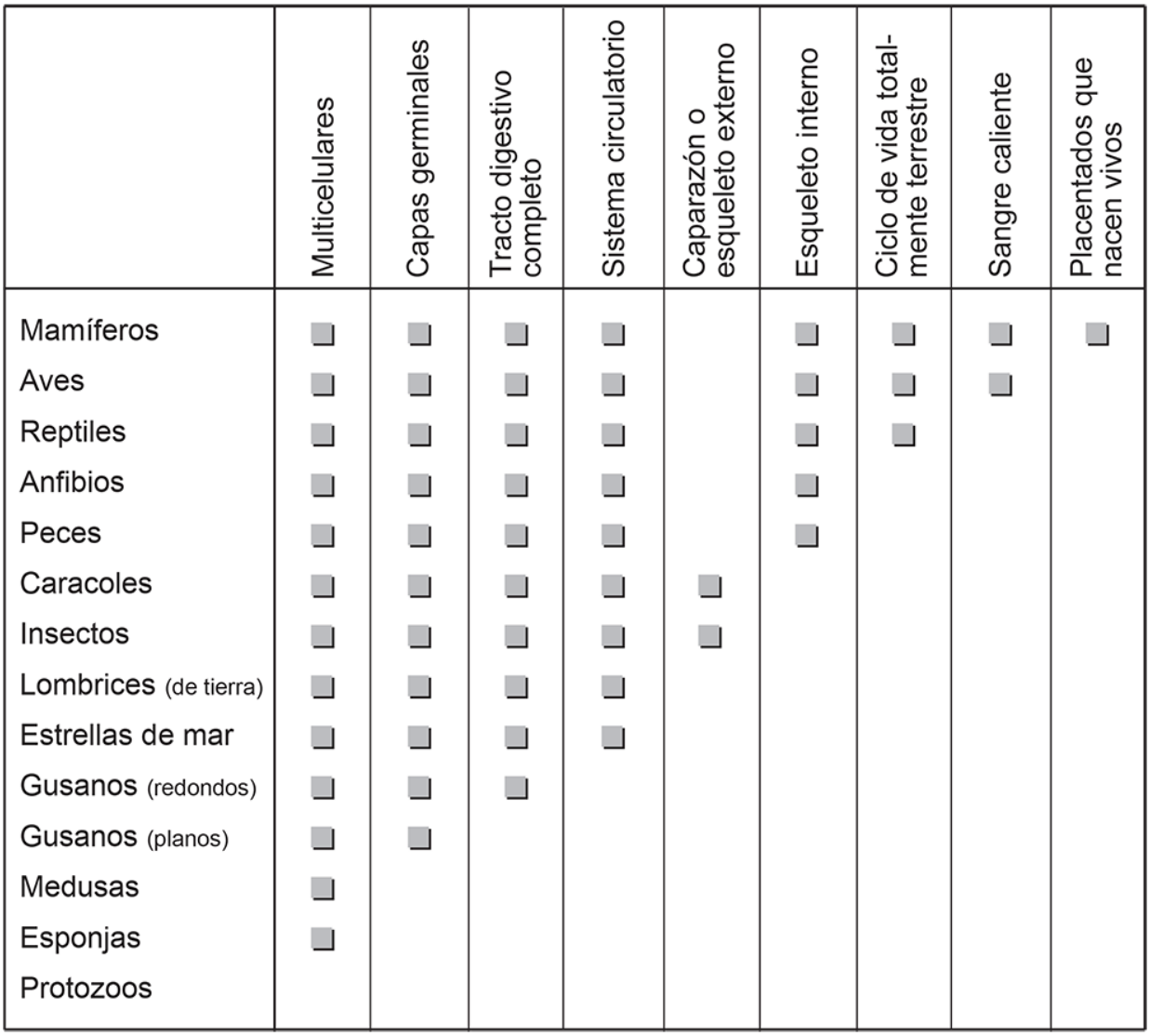


Figura 11.11. Los grupos principales de filos ordenados en una escala ascendente de complejidad. Ilustración de Leonard Brand.

La evolución de plantas y animales ocurrió por una serie de eventos secuenciales de división. Por ejemplo, los mamíferos se separaron de los reptiles; luego los mamíferos y los reptiles cada uno se dividió para producir nuevos

órdenes. El orden mamífero Carnivora se dividió en familias, que incluyen los felinos (gatos, los caninos (perros) y los osos. Luego de esto, la familia de los caninos se dividió en lobos, chacales y zorros. El resultado de este proceso es un arreglo jerárquico de los seres vivos en grupos anidados en grupos (fig. 11.12). Los objetos que no descendieron de antepasados comunes, como los minerales, no se pueden ordenar de esta manera.[21] Si la vida hubiese sido creada por un diseñador inteligente, se esperaría más bien un continuo de tipos de organismos, no un arreglo jerárquico.

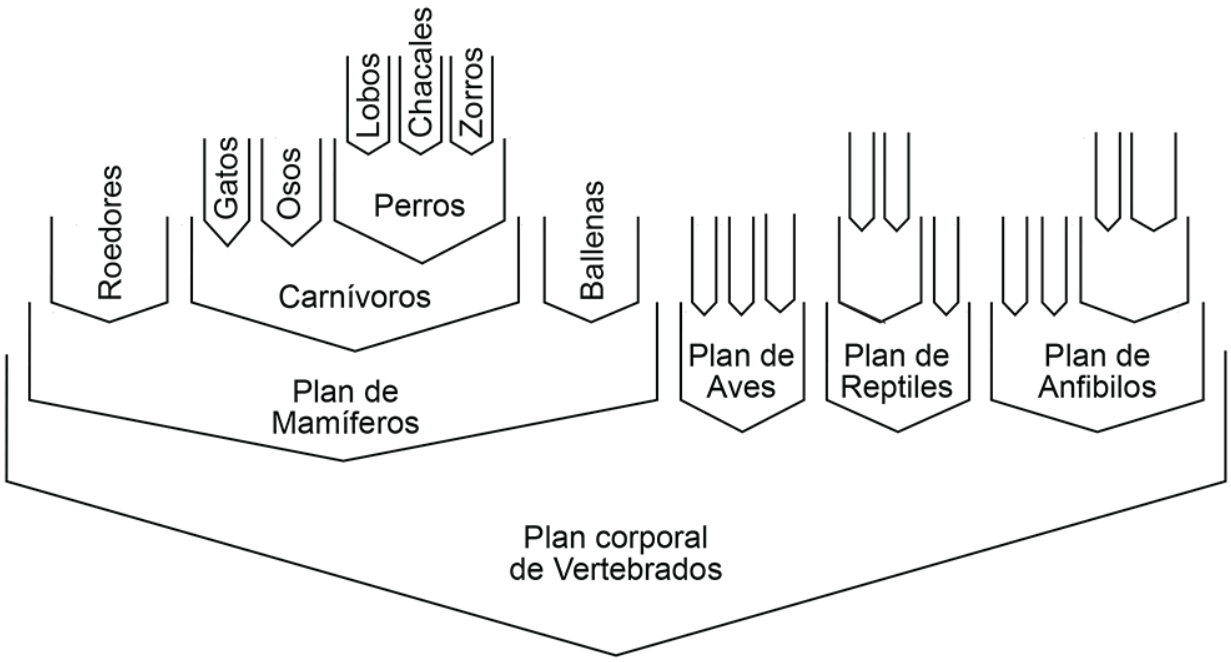


Figura 11.12. Un ejemplo del arreglo jerárquico de la vida. Ilustración de Leonard Brand.

La biogeografía

Entre las líneas de evidencia más importantes para Darwin se encontraban los patrones de distribución geográfica de las plantas y los animales, y la correspondencia entre la distribución biogeográfica y la supuesta historia evolutiva. La distribución de plantas y (especialmente) los animales, se corresponde con el patrón que esperaríamos ver si cada grupo se originó en un lugar específico y de allí se dispersó, adaptándose a las condiciones ecológicas con

las que se encontraba. La explicación histórica de tales rarezas como escaleras abandonadas y pulgares de pandas también se aplica a las rarezas en la distribución animal.

Muy pocos tipos de animales están ampliamente distribuidos sobre la tierra en su hábitat preferido. En cambio, los grupos animales que se encuentran en cada región geográfica han evolucionado especies para llenar los hábitats de esa región (fig. 11.13). Los topos de la familia Talpidae viven bajo tierra en madrigueras y se alimentan de lombrices y otros animales pequeños. Son comunes en Norteamérica, Europa y Asia. En África, este mismo nicho lo ocupa una familia de topos diferente, los topos dorados de la familia Chrysochloridae. En Australia, los topos parecen similares a los otros, pero son marsupiales que no están emparentados. Se podrían aplicar muchos otros ejemplos a este principio. En las Islas Galápagos, un grupo de pinzones (de Darwin) evolucionó en una especie que come insectos, algunos comen semillas y un carpintero. En otras partes del mundo, esos mismos nichos se ocupan con pájaros en familias diferentes de los pinzones de Darwin. Las islas oceánicas, como las Galápagos, solo tienen animales que pudieron cruzar grandes extensiones de océano.[22] Si la vida fue creada, ¿por qué el Creador no puso jirafas en una isla o dos?

América del Sur tiene un complejo de cerca de once familias de roedores (llamados a veces roedores histricomorfos o histricognatos) que tienen características óseas en común, lo que indica que están íntimamente emparentados unos con otros. Pero no comparten estas características con otras familias de roedores en otros continentes.[23] Aparentemente, los roedores de América del Sur se originaron allí e irradiaron para llenar los muchos nichos ecológicos que en otros continentes se han llenado con otras familias de roedores. Casi todos los mamíferos de Australia son marsupiales. Estos se han irradiado para llenar los nichos ecológicos ocupados en otros continentes por no marsupiales. “La única explicación racional —es decir, científica— para tales patrones debe ser que las especies no fueron distribuidas sobre la faz de la Tierra por el Creador, sino que se originaron en diferentes lugares y se dispersaron desde allí.”[24]

El registro fósil

Para resolver realmente una cuestión sobre el pasado, necesitamos evidencia histórica. El registro fósil es la evidencia histórica más directa que tenemos a nuestra disposición. La teoría evolucionista implica ciertas expectativas sobre el registro fósil. Por ejemplo, las criaturas simples deben aparecer primero (más abajo) en las rocas. Los grupos altamente evolucionados deben aparecer más arriba.

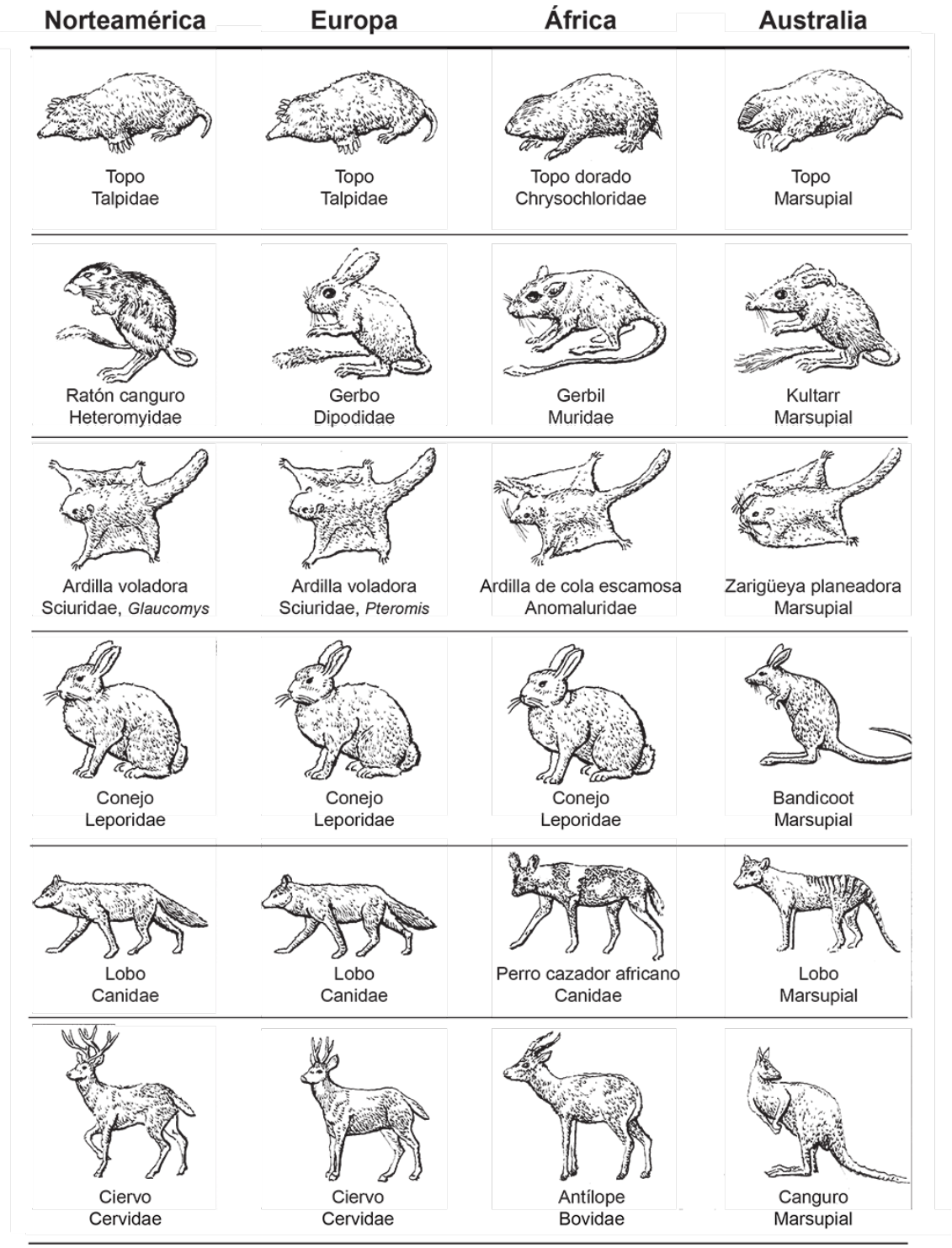


Figura 11.13. Equivalentes ecológicos en cuatro continentes. A menudo el mismo nicho ecológico es ocupado en diferentes continentes por animales no emparentados. Los animales en cada hilera son equivalentes ecológicos. Ilustración de Robert Knabenbauer.

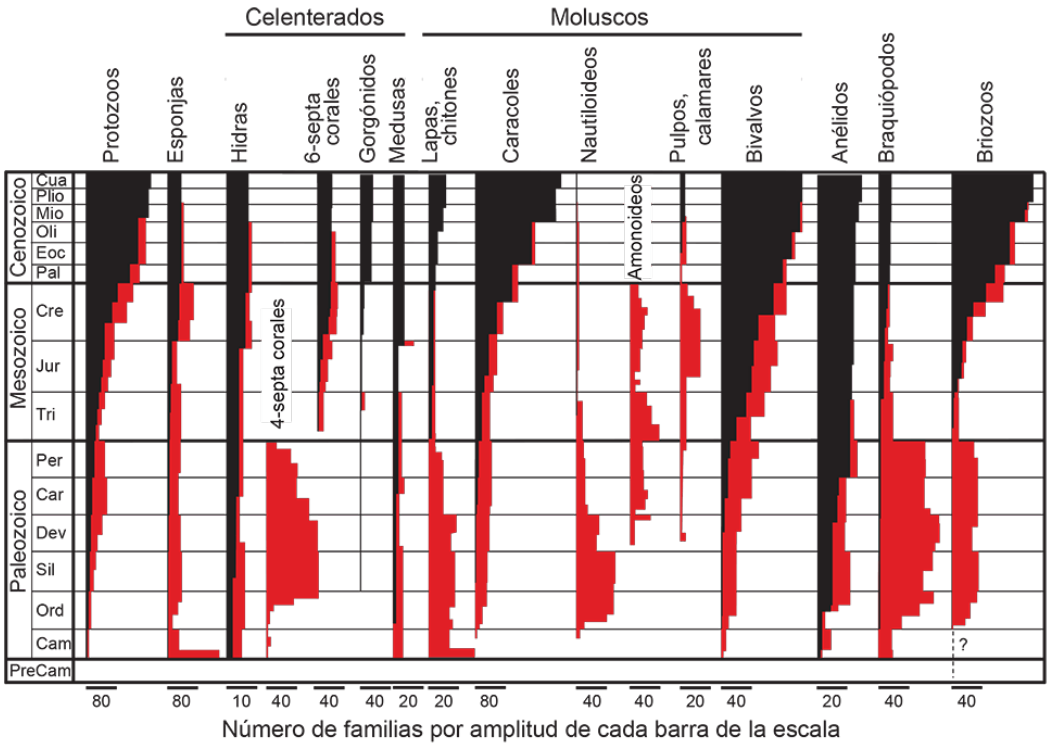
Idealmente, uno espera encontrar una serie de eslabones que conectan los diferentes tipos de organismos (por ej., si comparamos los gusanos y los moluscos fósiles, en algún punto, al bajar en el registro fósil, deberían hacerse más parecidos y finalmente fusionarse en un antepasado común a través de una serie de eslabones de enlace evolutivos). El Gran Cañón (del río Colorado) es un ejemplo elegante de las series de capas de rocas sedimentarias que cubren una porción importante del continente norteamericano. Estas capas rocosas se formaron cuando la arena, barro y otros sedimentos fueron arrastrados a una depresión principalmente por agua, o llevados por el viento, y depositados una capa sobre la otra.[25]

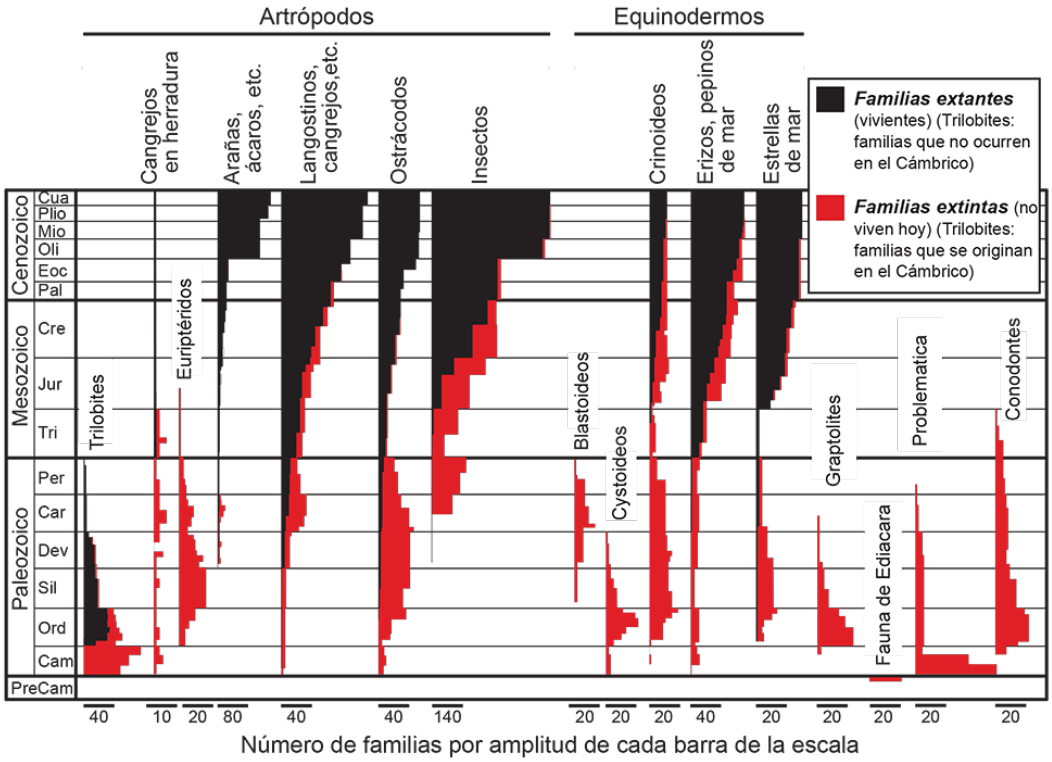
Esta pila de capas de rocas es la columna geológica, y a su secuencia de depósitos fósiles se la conoce como el registro fósil (fig. 11.14).

Existen reglas básicas para interpretar este registro rocoso. Como los estratos (capas) se formaron por los procesos descritos más arriba, aquellos que están más abajo (en el fondo) se deben haber depositado primero. El resultado es una secuencia de tiempo desde las más antiguas abajo hasta las más jóvenes arriba. Esto es verdad no importa cuánto o cuán poco tiempo pensamos que transcurrió durante la formación de la columna geológica con sus fósiles. Este registro fósil tiene el potencial de proveer evidencia convincente de si realmente ocurrió la macroevolución.[26]

Las rocas más antiguas de la Tierra son las rocas del Precámbrico. En la zona del Gran Cañón, las rocas precámbricas están expuestas solo en el mismo fondo del cañón. Los únicos fósiles que se encuentran en las rocas precámbricas son organismos unicelulares, pero cerca de la parte superior de los estratos del Precámbrico hay fósiles de animales más complejos (la fauna de Ediacara).[27] La porción de la columna geológica más arriba del Precámbrico se denomina Fanerozoico. Esta parte de la columna contiene abundantes fósiles. Las rocas del Fanerozoico se dividen en tres porciones: el Paleozoico (la porción inferior), el Mesozoico y el Cenozoico (la de más arriba), que contiene las rocas depositadas más recientemente. La porción más inferior del Paleozoico contiene solo invertebrados fósiles y peces.[28] Más arriba en el registro fósil, aparecen en una secuencia diferentes grupos.

Los primeros peces[29] son seguidos por otros tipos de peces, luego los anfibios, y finalmente los reptiles incluyendo los dinosaurios. Los fósiles han proporcionado revelaciones fascinantes de la biología de este grupo excepcional, pero los científicos todavía debaten si los dinosaurios eran de sangre fría o caliente.[30]


Celenterados
Moluscos
Protozoos
Esponjas
Hidras
6-septa corales
Gorgónidos
Medusas
Lapas, chitones
Caracoles
Nautiloideos
Pulpos, calamares
Bivalvos
Anélidos
Braquiópodos
Briozoos
Amonoideos
4-septa corales
Cenozoico
Cua
Plio
Mio
Oli
Eoc
Pal
Mesozoico
Cre
Jur
Tri
Paleozoico
Per
Car
Dev
Sil
Ord
Cam
PreCam
?
80 80 10 40 40 40 20 20 80 40 40 20 40 20 40 40
Número de familias por amplitud de cada barra de la escala


Artrópodos
Equinodermos
Cangrejos en herradura
Arañas, ácaros, etc.
Langostinos, cangrejos,etc.
Ostrácodos
Insectos
Crinoideos
Erizos, pepinos de mar
Estrellas de mar
Familias extantes (vivientes) (Trilobites: familias que no ocurren en el Cámbrico)
Familias extintas (no viven hoy) (Trilobites: familias que se originan en el Cámbrico)
Trilobites
Euriptéridos
Blastoideos
Cystoideos
Graptolites
Problematica
Conodontes
Fauna de Ediacara
Cenozoico
Cua
Plio
Mio
Oli
Eoc
Pal
Mesozoico
Cre
Jur
Tri
Paleozoico
Per
Car
Dev
Sil
Ord
Cam
PreCam
40 10 20 80 40 40 140 20 20 20 40 20 20 20 20 20
Número de familias por amplitud de cada barra de la escala

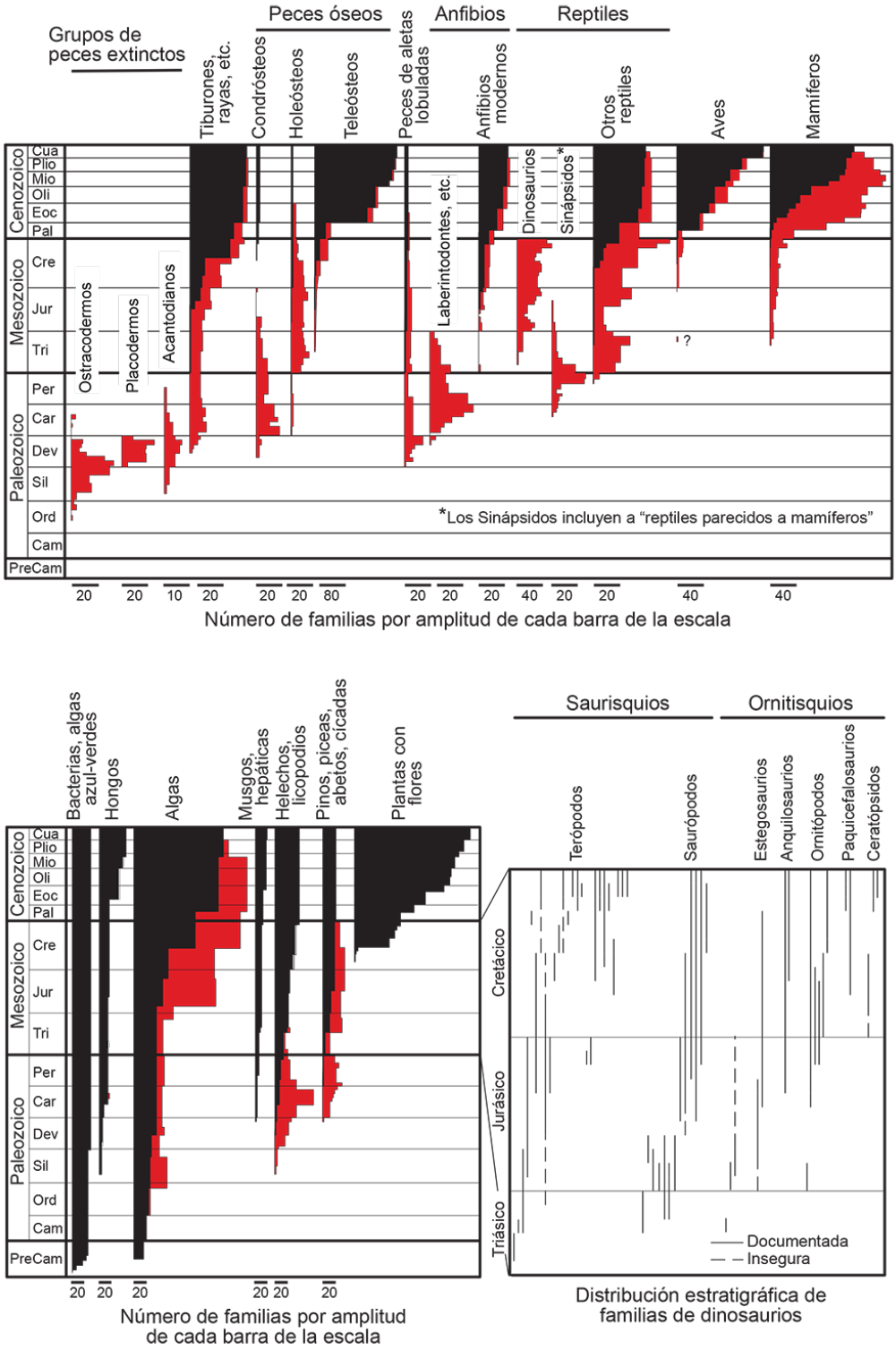


Figura 11.14. Distribución estratigráfica de los grupos principales de organismos en el registro fósil, mostrando la distribución de formas extintas y de las que existen hoy, y la extensión estratigráfica de las familias de dinosaurios (basados sobre datos de Benton 1993, con datos de las plantas con flores agregados de Harland 1967). Ilustración de Leonard Brand.

Los últimos grupos en aparecer fueron los mamíferos y las aves.[31] Dentro de estos grupos, los diferentes ordenes y familias también aparecen en una secuencia evolutiva. Los grupos de mamíferos más familiares que vemos hoy no aparecen como fósiles hasta recién en el Cenozoico Inferior o Medio. Los seres humanos aparecen primero en última parte (más superior) del Pleistoceno (fig. 11.14).

Claramente, existe en el registro fósil una secuencia en el orden de aparición de los diferentes grupos de animales. Este patrón también es verdadero en los niveles taxonómicos inferiores (géneros y especies). Esta parte de la expectativa evolutiva se cumple bastante bien. Primero aparecen los animales invertebrados, y los tipos que son estructuralmente más complejos aparecen sucesivamente en períodos posteriores.

También existe un creciente porcentaje de grupos extintos a medida que uno va hacia atrás en el registro fósil (fig. 11.14). Los grupos de animales y plantas que viven hoy son comunes como fósiles en el Pleistoceno y el Terciario Superior, pero más abajo en el registro hay grupos más antiguos que desaparecieron y fueron reemplazados por grupos modernos, mostrando el proceso de la evolución a través del tiempo.

¿Qué acerca de la segunda expectativa sobre los eslabones de conexión entre los grupos? Darwin reconoció que el registro fósil no mostraba mucha evidencia de eslabones de conexión. El pensó que a medida que se fueran recolectando más fósiles a lo largo del tiempo, esos eslabones se encontrarían. En los 150 años desde la predicción de Darwin, se han recolectado muchos fósiles y ha crecido mucho nuestra comprensión del registro fósil. Esta base de datos mejorada todavía sugiere que, para la mayoría de los animales y las plantas, el registro fósil no contiene los eslabones de conexión entre los tipos. En la mayoría de los casos, algunas características del proceso de fosilización aparentemente no han permitido que se conserven las series de eslabones de conexión.

Los grupos principales (filos) de invertebrados aparecen primero en el Paleozoico Inferior y están distribuidos a lo largo del registro fósil sin eslabones de conexión entre los grupos. Los grupos principales de vertebrados no aparecen tan temprano en el registro, y las clases de vertebrados aparecen en el registro en una secuencia evolutiva lógica.[32] El registro de los vertebrados, en muchos casos, no contiene series convincentes de eslabones evolutivos entre los órdenes o clases. Hay excepciones, como el *Archaeopteryx*, el cual, esencialmente, tenía el esqueleto de un reptil, plumas, y podía volar (fig. 11.15).[33] También existen algunos pequeños dinosaurios con plumas,[34] que proveen evidencia de la evolución de las aves a partir de los dinosaurios.

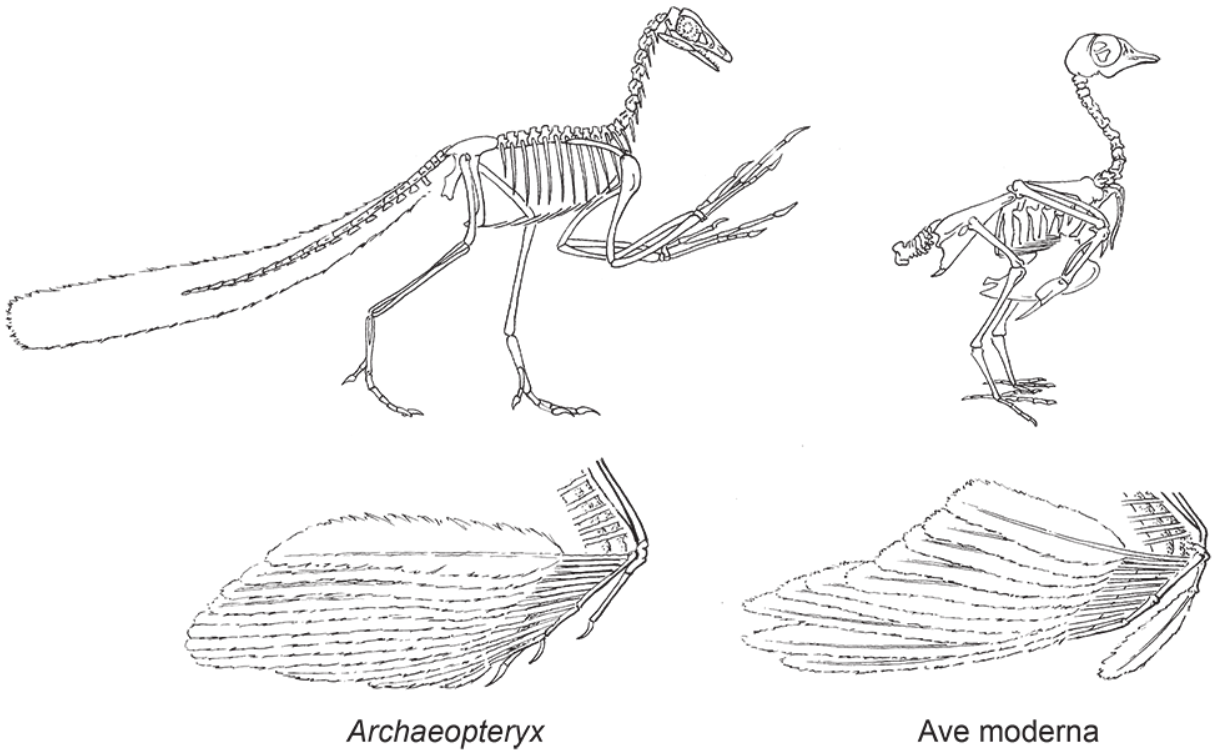


Figura 11.15. El esqueleto y arreglo de las plumas del ala de *Archaeopteryx* y de un ave moderna (según Carroll 1988). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Los primeros mamíferos y reptiles parecidos a mamíferos forman una buena secuencia evolutiva de reptiles hasta mamíferos con diferentes especies en varias etapas del proceso (fig. 11.16).[35] Además, los primeros anfibios son extraordinariamente similares en muchos caracteres a su grupo ancestral, los peces Rhipidistia (fig. 11.17). Ambos tienen la excepcional estructura dental laberintodonte, un canal de gran tamaño para el notocordio en la base de la caja craneana (que no se encuentra en otros tetrápodos) y otros rasgos comunes.

Recientemente se encontró un fósil del Devónico tardío, llamado *Tiktaalik*, que parece ser un intermediario entre estos peces y los primeros anfibios. Tiene el cuerpo de un pez, pero las aletas tienen huesos más fuertes que los peces, a lo mejor para poder apoyarse mejor sobre las aletas, y el cráneo es más aplanado y de la forma de los cocodrilos, que los peces de aletas lobuladas del Devónico.[36]

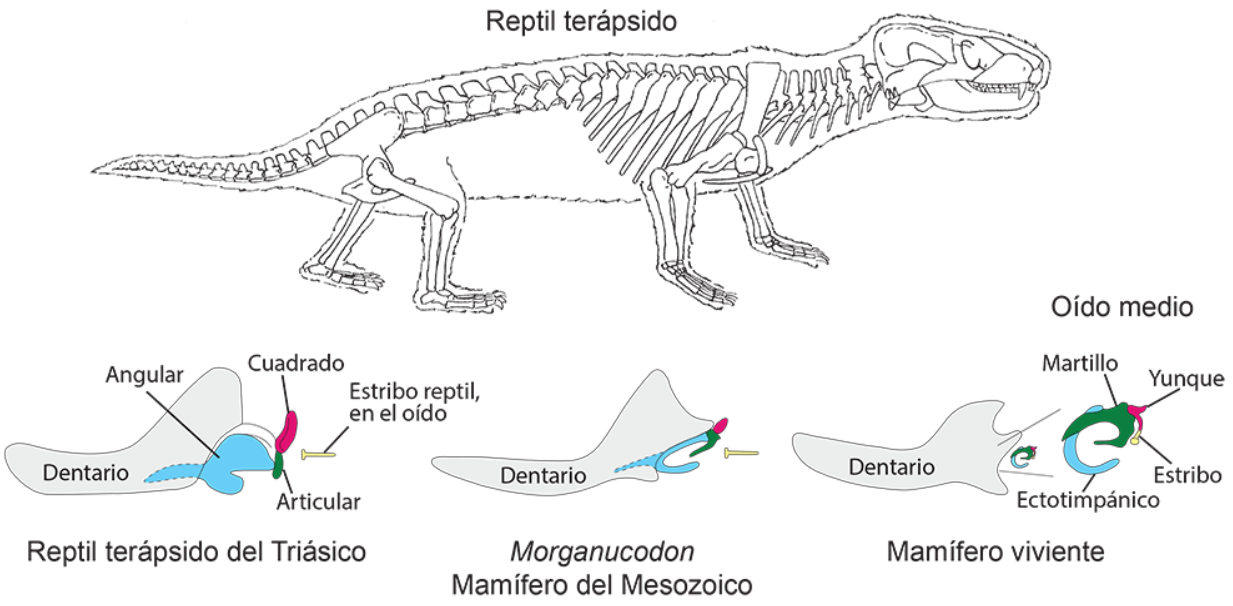


Figura 11.16. Arriba: el reptil *Thrinaxodon*, una parte del linaje terápsido de los reptiles que se interpretan como antepasados de los mamíferos. Abajo: los huesos homólogos del maxilar inferior y del oído medio de un reptil terápsido, un mamífero viviente, y *Morganucodon*, uno de los supuestos intermediarios (según Carroll 1988; Benton 2005; y otras fuentes). Ilustración de Robert Knabenbauer y Leonard Brand.

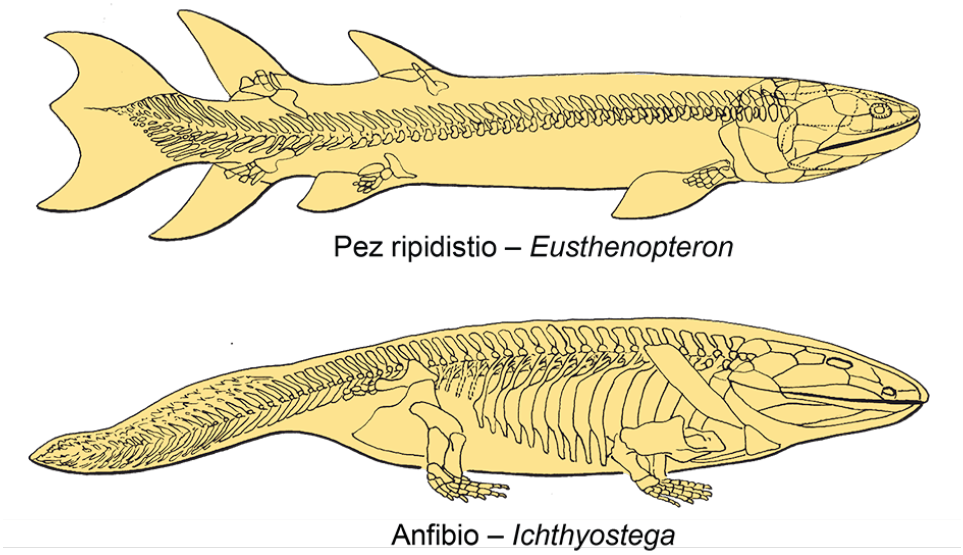


Figura 11.17. El pez ripidistio *Eusthenopteron*, en comparación con el anfibio primitivo *Ichthyostega* (según Carroll 1988) Ilustración de Robert Knabenbauer.

Algunas de las primeras ballenas fósiles se encuentran con pequeñas extremidades posteriores (fig. 11.18),[37] y algunos fósiles se están interpretando como animales semiacuáticos que conectan las ballenas con antepasados terrestres.

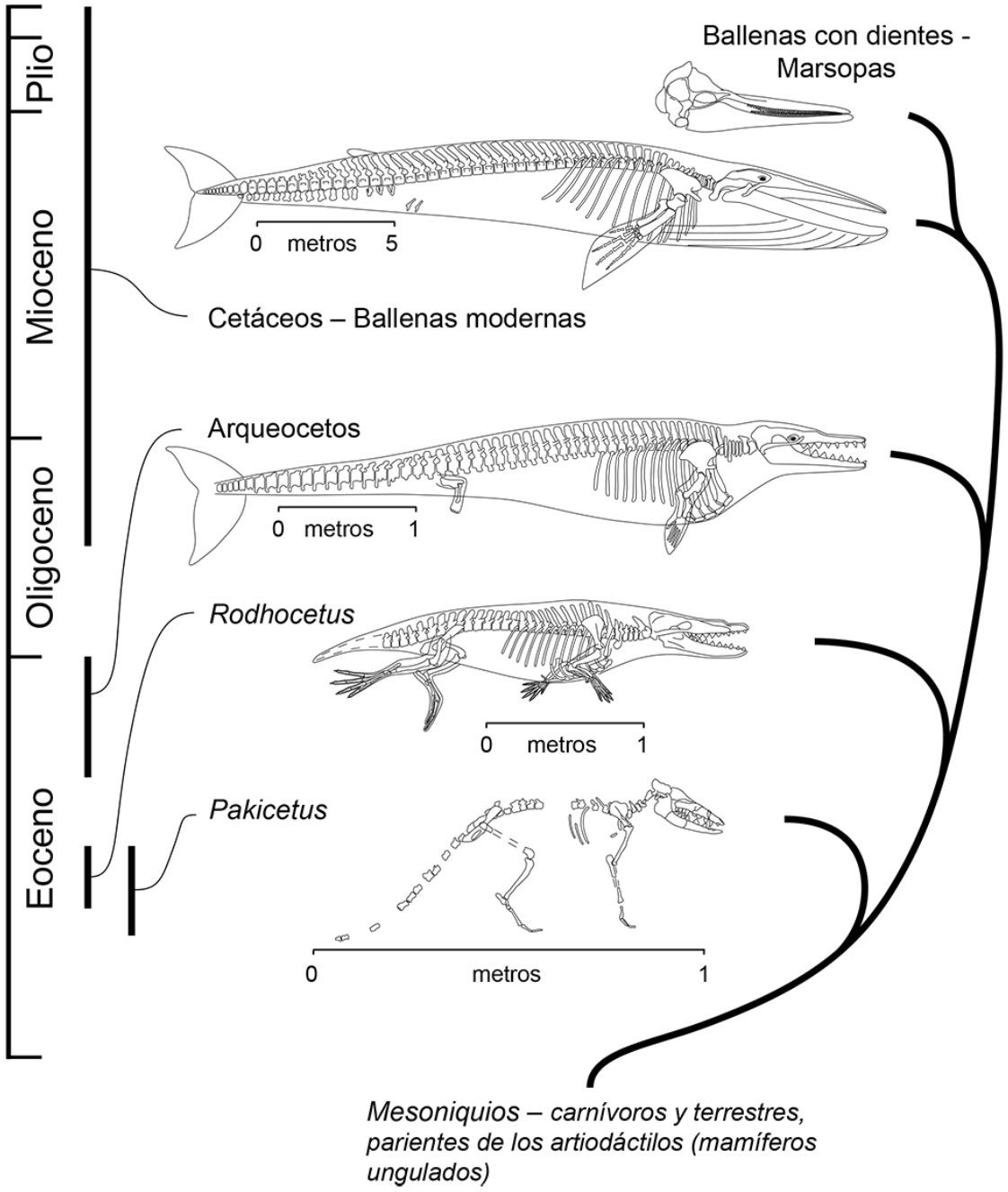


Figura 11.18. La distribución estratigráfica de las ballenas en el registro fósil y la teoría de la evolución de las ballenas a partir de mamíferos terrestres (según Savage y Long 1986; Gingerich et al. 2001; Thewissen et al. 1994). Ilustración de Leonard Brand.

Los caballos fósiles forman una secuencia evolutiva clásica (fig. 11.19),[38] , y los fósiles de homínidos (humanos y "hombres monos") forman una secuencia con un tamaño cerebral creciente (fig. 11.20).[39]

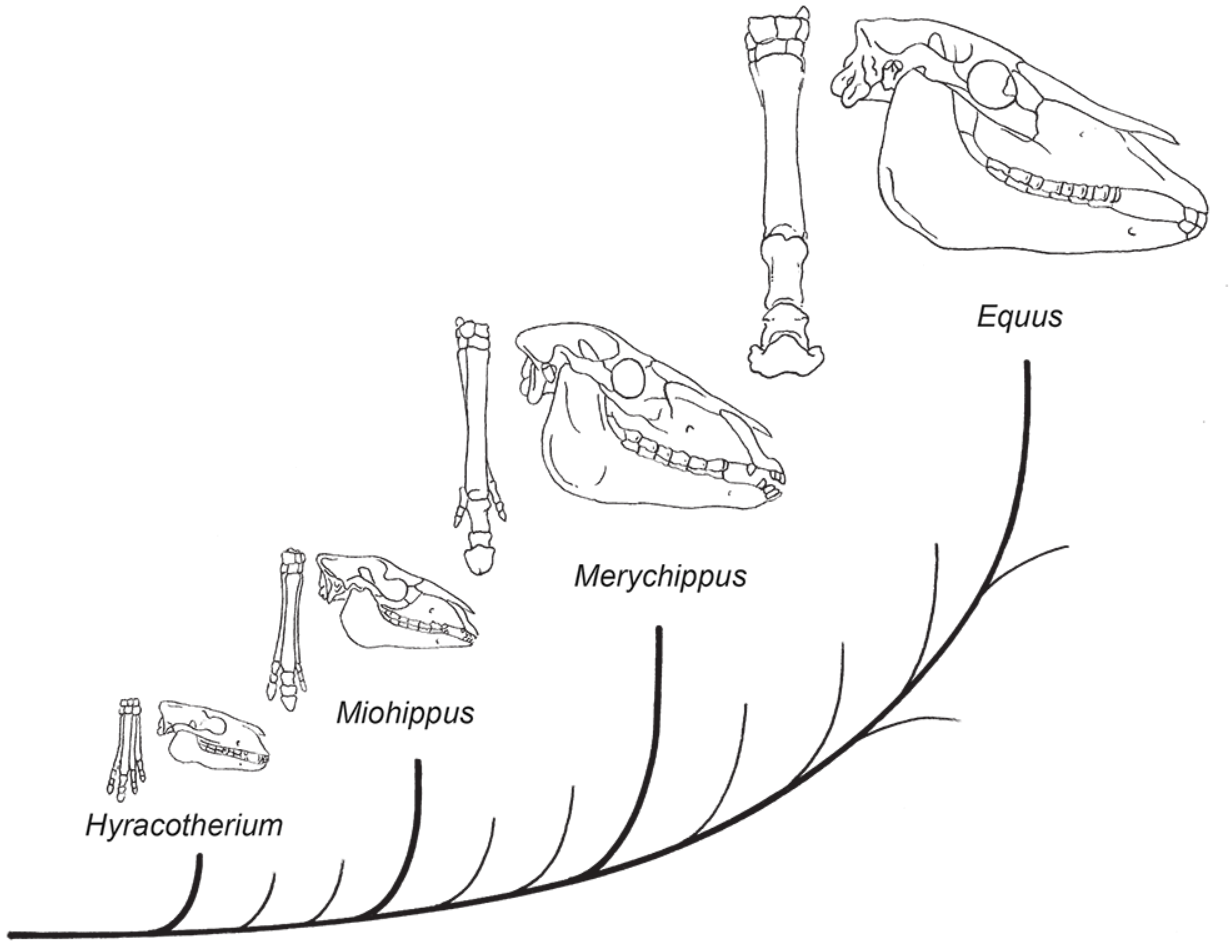


Figura 11.19. La teoría de la evolución de los caballos (según MacFadden 1992). Ilustración de Robert Knabenbauer.

A pesar de estas notables excepciones, el cuadro general es que entre la mayoría de los grupos de animales no existen eslabones intermedios fósiles. En las plantas, la falta de eslabones intermedios es tal vez aún más sorprendente. La ciencia actual reconoce esto. ¿Cuál es la razón para esa falta de formas intermedias? Un aumento de la concientización sobre la falta de eslabones intermedios ha llevado a discusiones acaloradas dentro de la ciencia evolucionista, en la búsqueda de una respuesta a esa pregunta. Cuando los datos no se presentan tal como el paradigma lo espera, a veces eso puede estimular una investigación y pensamiento más esmerados.

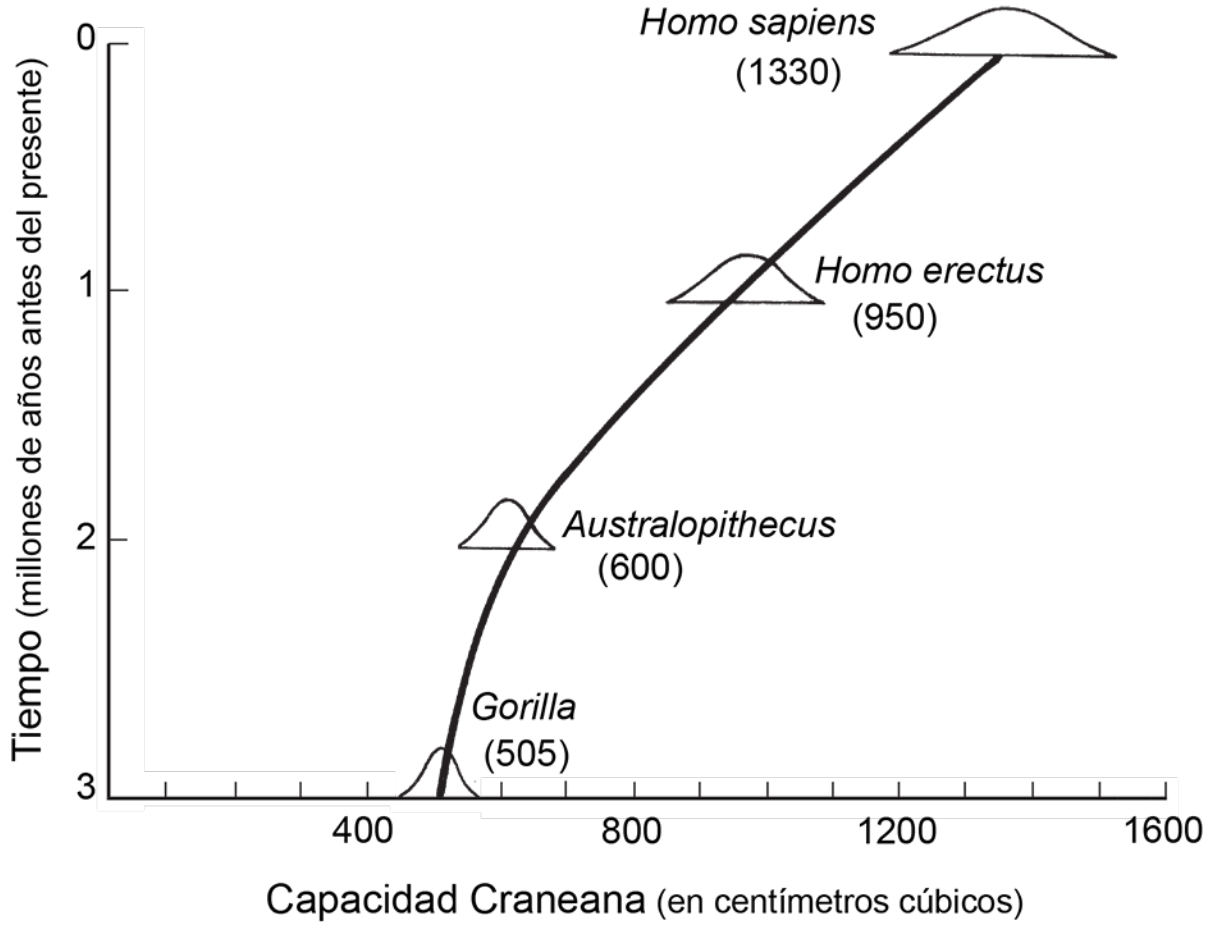


Figura 11.20. Tamaño promedio del cerebro de varios grupos de homínidos fósiles (según Mettler et al. 1988). Ilustración de Robert Knabenbauer.

La teoría de la evolución tal como fue propuesta por Charles Darwin sostiene que los cambios evolutivos ocurren gradualmente, a un ritmo lento y bastante parejo. Los muchos pequeños cambios que ocurren en el proceso de la microevolución, durante períodos de tiempo muy largos, se suman y generan los cambios mayores que producen nuevas especies y familias. Hoy en día, la mayoría reconoce que el concepto gradualista de la evolución propuesto por Darwin no es adecuado para explicar la evidencia. Se reconoce que las nuevas especies posiblemente no evolucionen en grandes poblaciones muy extensas, sino en pequeñas poblaciones aisladas en los bordes del ámbito de las especies.[40] Una especiación rápida en estas poblaciones pequeñas tiene mucho menores probabilidades se preservarse en el registro fósil que los muchos individuos que representan el *status quo* en la población principal. Como resultado, generalmente las nuevas especies aparecen repentinamente en el registro fósil, y se producen muy pocos cambio entre los eventos de especiación.[41]

La evolución de nuevos grupos de animales terrestres se produce en medioambientes a altas elevaciones donde no es probable que se conserven los fósiles. Ese hecho también opera en contra de la conservación de eslabones intermedios como fósiles. Otro factor que reduce la probabilidad de que se conserven los intermediarios es el estado incompleto del registro geológico. La fosilización es un evento poco común, y cualquier población de animales tiene muy pocas posibilidades de ser conservada como fósiles. Si la evolución de nuevos planes corporales (nuevos filos) y de los órdenes y las clases dentro de esos filos ocurre bastante rápido, las secuencias de intermediarios probablemente no se conserven, y tenemos la suerte de tener aunque sea algunas pocas buenas secuencias de formas intermedias.

La cosmología

Existen cuestiones mucho mayores que ni siquiera se hubieran pensado en los días de Darwin. Los cosmólogos ahora saben que el universo comenzó con una gran explosión, el Big Bang, y que se está expandiendo desde entonces. Eso es lo que nos ha dado nuestro universo, con su capacidad de mantener la vida. En décadas recientes, se ha descubierto que las leyes físicas que gobiernan nuestro universo están finamente sintonizadas para que la vida sea posible. Muchos factores en las leyes fundamentales tienen que ser exactamente como son, con muy poca variación, o la vida basada en el carbono no sería posible, y si hubiera demasiada variabilidad, el universo no podría subsistir. Los científicos han sugerido respuestas a este dilema. A lo mejor la vida existe en otra parte en una forma diferente, tal como vida basada en el silicio. Además, la teoría de un multiverso sugiere que existen múltiples universos de los que no estamos al tanto.[42] Si en realidad existen tantos universos, cada uno con su propio conjunto de leyes físicas, entonces no sería sorprendente si un universo justamente tuvo los parámetros correctos para sostener una vida basada en el carbono. Afirmar que las condiciones en nuestra Tierra requieren un Dios Creador es darnos por vencidos de tratar de entender qué otras opciones pueden existir que sean más consistentes con una perspectiva verdaderamente científica y naturalista.

Convergencia de las líneas de evidencia

Todas las líneas de evidencia consideradas en este capítulo, así como las edades radiométricas (que se discutirán más adelante), que indican una gran edad para los fósiles, señalan a la evolución de la vida a lo lago de cientos de millones de años.

El hecho de que unos pocos conceptos básicos contenidos en la teoría de la evolución pueden explicar tantas líneas de evidencia es un argumento firme para la macroevolución. Jerry Coyne lo dijo bien: "A pesar de las *posibles* observaciones imposibles de contar que podrían demostrar que la evolución no es verdad, no tenemos ni siquiera una… la evolución siempre sale bien."[43]

---

[1] M. Ridley, *Evolution* [*La evolución*], 3a. ed. (Boston: Blackwell Scientific, 2004), 423-26.

[2] L.E. Mettler, T.G. Gregg, y H.E. Schaffer, *Population Genetics and Evolution* [*Genética de las poblaciones y la evolución*] (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988), 37-41.

[3] M.M. Miyamoto y M. Goodman, "Biomolecular Systematics of Eutherian Mammals: Phylogenetic Patterns and Classification" ["La sistemática biomolecular de los mamíferos euterios: Patrones filogenéticos y la clasificación"], *Systematic Biology* 35 (1986): 230-40.

[4] F.J. Ayala, *Darwin and Intelligent Design* [*Darwin y el diseño inteligente*] (Minneapolis, MN: Fortress, 2006), 37, 38.

[5] E.O. Wiley y B.S. Lieberman, *Phylogenetics: Theory and Practice of Phylogenetic Systematics* [*La filogenética: Teoría y práctica de la sistemática filogenética*] (Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2011), 14, 15, 114, 115.

[6] S.J. Gould, *Ontogeny and Phylogeny* [*La ontogenia y la filogenia*] (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1977), 202-4; E. Pennisi, "Haeckel's Embryos: Fraud Rediscovered" ["Los embriones de Haeckel: un fraude re-descubierto"], *Science* 277 (1997): 1435.

[7] Véase Gould, *Ontogeny and Phylogeny,* o Ridley, *Evolution,* 573-76, para otras complejidades en la relación ontogenia/filogenia.

[8] J.A. Coyne, *Why Evolution is True* [*Por qué la evolución es verdad*] (New York: Viking, 2009), 77.

[9] D.J. Futuyma, *Science on Trial: The Case for Evolution* [*La ciencia en juicio: en defensa de la evolución*] (New York: Pantheon, 1983), 48-49.

[10] A. Hampe, "La Competition entre les elements ossent du zengopode de Poulet", *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 8 (1960): 241-45.

[11] W.J. Hamilton y H.W. Mossman, *Human Embryology* [*Embriología humana*] (Baltimore, MD: Williams y Wilkins, 1972), 432.

[12] Ridley, *Evolution,* 59-60.

[13] Coyne, *Why Evolution Is True,* 66-73.

[14] Futuyma, *Science on Trial,* 48.

[15] S.J. Gould, *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History* [*El pulgar del panda: Más reflexiones en la historia natural*] (New York: Norton, 1980), 20; también véanse los capítulos 1 y 2.

[16] Futuyma, *Science on Trial,* 62.

[17] R.F. Ewer, *The Carnivores* [*Los carnívoros*] (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1973), 21-23, 138; Gould, *Panda's Thumb.*

[18] Ewer, *Carnivores*, 21-23.

[19] Futuyma, *Science on Trial,* 127.

[20] Coyne, *Why Evolution is True*, 82-84.

[21] Futuyma, *Science on Trial,* 23.

[22] *Ibid.*, 50-51; Coyne, *Why Evolution Is True,* 86-109.

[23] G.B. Corbet y J.E. Hill, *A World List of Mammalian Species* [*Una lista mundial de especies de mamíferos*] (New York: Oxford University Press, 1991): 201-7; D.E. Wilson y D.M. Reeder, *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference* [*Las especies de mamíferos del mundo: Una referencia taxonómica y geográfica*], 3a ed. (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2005).

[24] Futuyma, *Science on Trial,* 51; Coyne, *Why Evolution Is True,* 86-99.

[25] W.K. Hamblin y E.H. Christiansen, *Earth's Dynamic Systems* [*Los sistemas dinámicos de la Tierra*] (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995), 121-27.

[26] M.J. Benton, ed., *The Fossil Record 2* [*El registro fósil 2*] (New York: Springer, 1993).

[27] A. Seilacher, "Late Precambrian and Early Cambrian Metazoa: Preservational or Real Extinctions?" ["Metazoos del Precámbrico Tardío y del Cámbrico Temprano: ¿Resultado de la conservación o extinciones reales?"], en *Patterns of Change in Earth Evolution,* ed. H.D. Holland y A.F. Trendall (Berlin: Springer, 1984), 159-68; S.J. Gould, *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* [*La vida maravillosa: la lutita de Burgess y la naturaleza de la historia*] (New York: Norton, 1989); E.N.K. Clarkson, *Invertebrate Palaeontology and Evolution* [*La paleontología y evolución de los invertebrados*] 3a ed., (New York: Chapman & Hall, 1993), 57-63; G.M. Narbonne, B.Z. Saylor, y J.P. Grotzinger, "The Youngest Ediacaran Fossils from Southern Africa" ["Los fósiles de Ediacara más jóvenes del sur de Africa"], *Journal of Paleontology* 71 (1997): 953-67.

[28] Clarkson, *Invertebrate Palaeontology and Evolution.*

[29] S. Conway Morris y J.B. Caron, "A Primitive Fish from the Cambrian of North America" ["Un pez primitivo del Cámbrico de Norteamérica"], *Nature* 512 (2014): 419-22.

[30] R.E. Barrick y W.J. Showers, "Oxygen Isotope Variability in Juvenile Dinosaurs (*Hypacrosaurus*): Evidence for Thermoregulation" ["La variabilidad de los isótopos de oxígeno en dinosaurios juveniles (*Hypacrosaurus*): Evidencia de termorregulación"], *Paleobiology* 21 (1995): 552-60, doi:10.2307/2401221; J. Fischman, "Were Dinos Cold-Blooded after All? The Nose Knows" ["Después de todo, ¿eran los dinosaurios de sangre fría? La nariz sabe"], *Science* 270 (1995): 735-36.

[31] R.L. Carroll, *Vertebrate Paleontology and Evolution* [*Paleontología y evolución de los vertebrados*] (New York: Freeman, 1988); D.R. Prothero y R.M. Schoch, eds., *Major Features of Vertebrate Evolution: 17th Annual Short Course of the Paleontological Society Cosponsored by the Society of Vertebrate Paleontology Held at the 106th Annual Meeting of the Geological Society of America Sunday, October 23, 1994, Seattle, Washington* [*Las principales características de la evolución de los vertebrados: 17o curso corto anual de la Paleontological Society copatrocinada por la Society of Vertebrate Paleontology realizada en la 106a reunión anual de la Geological Society of America, domingo 23 de octubre, 1994, en Seattle, Washington*] (Knoxville, TN: Paleontological Society, 1994).

[32] Prothero y Schoch, *Major Features.*

[33] J. Ostrom, "On the Origin of Bird and of Avian Flight" ["Sobre el origen de las aves y del vuelo aviar"], en *Major Features of Vertebrate Evolution,* ed. R.M. Schoch y D.R. Prothero (Knoxville, TN: Paleontological Society and University of Tennessee Press, 1994), 160-77.

[34] A.J. Martin, *Introduction to the Study of Dinosaurs* [*Introducción al estudio de los dinosaurios*] (Malden, MA: Blackwell Science, 2001), 249; M. Norell et al., "Palaeontology: 'Modern' Feathers on a Non-avian Dinosaur" ["Paleontología: Plumas 'modernas' en un dinosaurio no aviar"], *Nature* 416 (2002): 36-37; F. Zhang y Z. Zhou, "Leg Feathers in an Early Cretaceous Bird" ["Plumas de patas en un ave del Cretácico Temprano"], *Nature* 431 (2004): 925; D.K. Zelenitsky et al., "Feathered Non-avian Dinosaurs from North America Provide Insight into Wing Origins" ["Dinosaurios de Norteamérica no aviares con plumas proveen revelaciones sobre los orígenes de las alas"], *Science* 338 (2012): 510-14; J. Qiang et al., "A New Oviraptorosaur from the Yixian Formation of Jianchang, Wetern Liaoning Province, China" ["Un nuevo oviraptorosaurio de la Formación Yixian de Jianchang, oeste de la provincia de Liaoning, China"], *Geological Bulletin of China* 31 (2012): 2102-7; G. Han et al., "A New Raptorial Dinosaur with Exceptionally Long Feathering Provides Insights into Dromaeosaurid Flight Performance" ["Un nuevo dinosaurio raptor con un plumaje excepcionalmente largo provee revelaciones sobre el desempeño del vuelo en Dromaeosauridos"], *Nature Communications* 5 (2014): 4382.

[35] J.A. Hopson, "Synapsid Evolution and the Radiation of Non-Eutherian Mammals" ["La evolución de los sinápsidos y la radiación de los mamíferos no-euterios"], en *Major Features of Vertebrate Evolution,* ed. R.M. Schoch y D.R. Prothero (Knoxville, TN: Paleontological Society, 1994), 190-219; Z.X. Luo et al., "A New Eutriconodont Mammal and Evolutionary Development in Early Mammals" ["Un nuevo mamífero eutriconodonte y el desarrollo evolutivo en los mamíferos tempranos"], *Nature* 446 (2007): 288-93.

[36] E.B. Daeschler, N.H. Shubin, y F.A. Jenkins Jr., "A Devonian Tetrapod-like fish and the Evolution of the Tetrapod Body Plan" ["Un pez del Devónico parecido a los tetrápodos y la evolución del plan corporal de los tetrápodos"], *Nature* 440 (2006): 757-63; N.H. Shubin, E.B. Daeschler, y F.A. Jenkins Jr., "The Pectoral Fin of *Tiktaalik roseae* and the Origin of the Tetrapod Limb" ["La aleta pectoral de *Tiktaalik roseae* y el origen de la extremidad de los tetrápodos"], *Nature* 440 (2006): 764-71.

[37] J. Trefil, "Whale Feet" ["Patas de ballena"], *Discover* 12 (1991): 44-48; A. Berta, "What Is a Whale?" ["¿Qué es una ballena?"], *Science* 263 (1994): 180-81; P.D. Gingerich et al., "New Whale from the Eocene of Pakistan and the Origin of Cetacean Swimming" ["Una nueva ballena del Eoceno de Pakistan y el origen de la natación cetácea"], *Nature* 368 (1994): 844-47; M.J. Novacek, "Whales Leave the Beach" ["Las ballenas dejan la playa"], *Nature* 368 (1994): 807; J.G.M. Thewissen, S.T. Hussain, y M. Arif, "Fossil Evidence for the Origin of Aquatic Locomotion in Archaeocete Whales" ["Evidencia fósil para el origen de la locomoción acuática en las ballenas arqueocetas"], *Science* 263 (1994): 210-12; C. de Muizon, "Walking with Whales" ["Caminando con las ballenas"], *Nature* 413 (2001): 259-60; J.G.M. Thewissen y S. Bajpai, "Whale Origins as a Poster Child for Macroevolution" ["El origen de las ballenas como un símbolo de la macroevolución"], *BioScience* 51 (2001): 1037-49; K. Wong, "The Mammals That Conquered the Seas" ["Los mamíferos que conquistaron los mares"], *Scientific American* 286 (2002): 70-79; J.G.M. Thewissen, *The Walking Whales: From Land to Water in Eight Million Years* [*Las ballenas caminantes: De la tierra al agua en ocho millones de años*] (Berkeley: University of California Press, 2014).

[38] B.J. MacFadden, *Fossil Horses: Systematics, Paleobiology and Evolution of the Family Equidae* [*Los caballos fósiles: Sistemática, paleobiología y evolución de la familia Equidae*] (New York: Cambridge University Press, 1992).

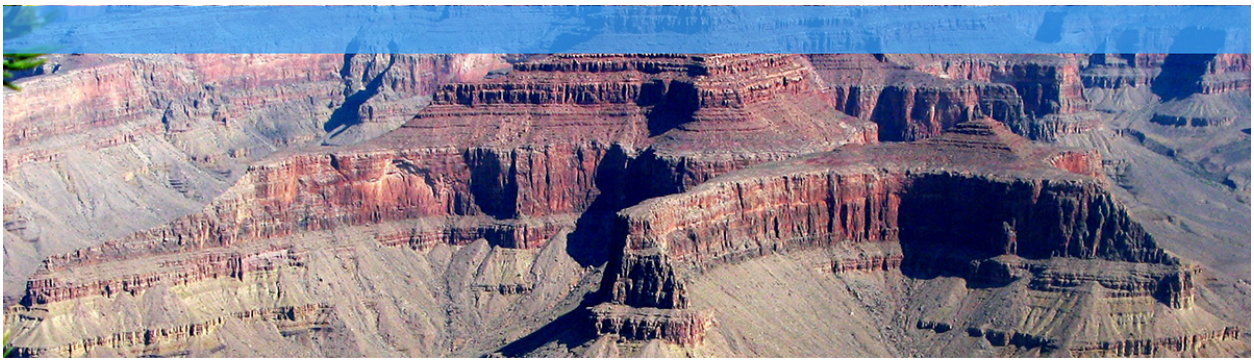
[39] Mettler et al., *Population Genetics and Evolution*, 305.

[40] N. Eldredge y S.J. Gould, "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism" ["El equilibrio puntuado: una alternativa al gradualismo filético"], en *Models in Biology,* ed. T.J.M. Schopf (San Francisco: Freeman, Cooper, 1972), 82-115.

[41] R.A. Kerr, "Did Darwin Get It All Right?" ["¿Lo hizo Darwin todo correctamente?"], *Science* 267 (1995): 1421-22.

[42] A. Jenkins y G. Perez, "Looking for Life in the Multiverse" ["Buscando vida en el multiverso"], *Scientific American* 302 (2010): 42-49.

[43] Coyne, *Why Evolution Is True,* 223; el énfasis está en el original.



Capítulo 12

En defensa de la intervención informada

Reseña

Algunas veces una explicación puede parecer convincente, hasta que escuchamos una explicación diferente para la misma evidencia. En este capítulo, cubriremos el mismo terreno que en el capítulo 11, presentando interpretaciones intervencionistas para las mismas líneas de evidencia. El objetivo aquí no es demostrar el intervencionismo como verdad, sino tratar de desarrollar una teoría internamente consistente del intervencionismo, una teoría que no acepta las suposiciones del naturalismo metodológico. A medida que consideremos cada cuestión, evaluaremos las fortalezas de la evidencia para esa teoría, aplicando los principios del pensamiento crítico. Concluimos que una interpretación intervencionista es por lo menos tan efectiva, y a menudo más efectiva, al interpretar la evidencia.

Los argumentos y las relaciones humanas

Ya examinamos las evidencias a favor de la macroevolución, del origen evolutivo de los grupos de plantas y animales que son los suficientemente diferentes como para ser colocados en familias, órdenes, clases y filos separados. ¿Es posible que la misma evidencia se adecue a la idea de la intervención informada seguida por evolución por debajo del nivel de la macroevolución? ¿Podría haber límites al proceso evolutivo?[1]

La manera como tratemos este asunto es importante. Algunos creacionistas tienen la tendencia de ser sarcásticos y de menospreciar a los evolucionistas. A veces se presenta a los científicos como muy estúpidos por creer en la evolución. Ese enfoque no es ni correcto ni constructivo. La macroevolución no es una teoría de la cual reírse. Alguien que conoce los datos puede presentar buenos argumentos a favor de ella de manera que parezcan muy convincente. También podemos presentar buenos argumentos a favor de un punto de vista alternativo, pero estamos hablando de cosas que son complejas y que ocurrieron hace mucho tiempo. Por lo tanto, ninguno de los dos paradigmas puede esperar tener pruebas concluyentes. Una línea de evidencia puede parecer que señala firmemente en una dirección, pero otra buena explicación puede ser adecuada también. En muchas líneas de evidencia existe un paralelo en lo que tanto el intervencionismo como la macroevolución esperarían ver en los datos. Eso hace que la búsqueda de respuestas definitivas sea más ardua de lo que podríamos pensar.

En teoría, sugerimos que las personas que creen en la macroevolución pertenecen a varias categorías. ¿Es que los no intervencionistas deliberadamente quieren sacar a Dios del camino? Probablemente existen algunos en esa categoría, pero muchos de ninguna manera piensan de ese modo. Algunos son cristianos y hasta cierto punto, son intervencionistas, pero no están seguros de qué hacer con la evidencia. Otros han sido educados para creer en la evolución naturalista y no conocen otra alternativa viable. Otros, incluso, han considerado ambas teorías y han decidido que la correcta es la macroevolución. Muchas personas inteligentes y reflexivas creen que la vida surgió por medio del proceso evolutivo. El proceso educativo tiene una gran influencia sobre las creencias con respecto a los orígenes.

Nunca se gana nada al burlarse de otros que tienen diferentes creencias sobre estas cuestiones. Cada uno debe evaluar cuidadosamente esas cuestiones filosóficas y luego tratar con respeto y cortesía a aquellos que no están de acuerdo con nosotros. ¿Puede un cristiano hacer menos que esto? Volveremos a considerar las líneas de evidencia que se discutieron en el capítulo 11 y exploraremos de qué manera la teoría intervencionista puede manejar los datos de la teoría. El énfasis no es demostrar como correcta la intervención informada, sino más bien mostrar cómo nos brindan revelaciones para encontrar mejores explicaciones. Parte de nuestra tarea es tratar de desarrollar una teoría intervencionista que sea internamente coherente, y luego evaluar las fortalezas de la evidencia para la teoría.

La homología

¿Cómo se desarrollaron los huesos de los cuatro mamíferos en la figura 11.1 (humano, foca, murciélago y perro), de la manera como lo hicieron? La

explicación que se da en el capítulo 11 se basa en la suposición de la evolución naturalista. Si estamos abiertos a otras posibilidades, ¿qué otras opciones están disponibles? Un ingeniero que diseña diferentes tipos de máquinas no comenzaría de cero para cada máquina. La teoría intervencionista puede explicar las similitudes en la estructura de la extremidad de los vertebrados como una aplicación flexible de un plan general, que se podría adaptar para el estilo de vida de cada animal. El resultado es una serie de homologías que resultan del trabajo de un Diseñador común que creó todos estos animales de una manera organizada.

El mismo concepto se aplica a las analogías. Los diferentes tipos de alas (fig. 11.2) son análogos porque el Diseñador les dio a los diferentes tipos de organismos algunas de las mismas habilidades. Hizo a los insectos con un plan corporal diferentes a los mamíferos y las aves, pero algunos representantes de cada grupo fueron hechos para volar. A causa de su diferente organización estructural subyacente, sus mecanismos de vuelo se describen como análogos, no homólogos.

¿Qué hacemos con las homologías en los detalles de la fisiología y la bioquímica? ¿Es nuestra capacidad de ordenar las moléculas del citocromo c en una secuencia filogenética lógica desde las bacterias hasta los seres humanos una buena evidencia para la macroevolución? Existen diferentes grados de parentesco y de similitud entre diversos animales. Los simios son estructuralmente más parecidos a los humanos que a los peces. Esta realidad descriptiva de la naturaleza hace posible que sea posible construir árboles filogenéticos, ya que esos árboles se basan en grados de similitud o diferencia en los caracteres de animales o plantas. La pregunta importante es ¿cómo llegaron a ser de esa manera los organismos? ¿Por qué los árboles filogenéticos basados en la morfología a menudo son similares a los árboles basados en la bioquímica? Una teoría posible es la macroevolución, pero debería considerarse también algún otro diseño alternativo.

La anatomía no es independiente de la bioquímica. Las criaturas que son parecidas en su anatomía probablemente sean parecidas en su fisiología. En general, aquellas que son similares en la fisiología, probablemente sean similares en su bioquímica, ya sea que evolucionaran o que fueran diseñadas. Los datos muestran que la naturaleza no está organizada de una manera caótica. En general, existe una estrecha integración entre diversos aspectos de los sistemas vivientes. Sin embargo, dentro de cada plan morfológico dado, es probable que haya un cierto grado de flexibilidad bioquímica. Cuando se comparan los grupos principales de organismos, el grado de congruencia entre la morfología y la bioquímica existe por razones principalmente funcionales, antes que evolutivas. En consecuencia, no es sorprendente cuando los datos anatómicos y bioquímicos producen árboles filogenéticos similares. Pero esos árboles no siempre concuerdan. Algunas veces son bastante diferentes.

Una suposición que se hace en el análisis filogenético es que las diferencias entre los organismos en la secuencia de aminoácidos en algunas proteínas indican una distancia evolutiva entre los organismos en lugar de ser principalmente el resultado de diferencias en los requerimientos de los organismos. ¿Es ésta una suposición correcta? ¿O son las moléculas del citocromo c (fig. 11.3; 11.4), por ejemplo, diferentes en varios animales por razones funcionales? Michael Denton presenta los datos del citocromo c de una manera que da lugar a algunas preguntas interesantes.[2] Comenzando con la esquina superior izquierda en la figura 12.1 y al movernos a la derecha, el número de diferencias en la secuencia de aminoácidos aumenta, como se esperaría en una secuencia evolutiva. Sin embargo, el número de diferencias entre la bacteria *Rhodospirillum rubrum* y todos los otros grupos es asombrosamente similar.

	Animales Vertebrados											Insectos			Plantas			Levaduras			Bacterias
	Caballo	Perro	Canguro	Pingüino	Pato de Pekín	Paloma	Tortuga chopontil	Atún	Bonita	Carpa	Lámprea	Mosca (gusano tornillo)	Gusano de seda	Polilla (gusano cuernos del tabaco)	Ricino	Girasol	Trigo	*Candida krusei*	*Debaryomyces kloeckeri*	Levadura del pan	*Rhodospirillum rubrum C2*
Caballo		6	7	12	10	11	11	18	17	13	15	20	27	26	40	41	41	46	40	42	64
Perro	6		7	10	8	9	9	17	16	11	13	19	23	23	38	39	39	45	38	41	65
Canguro	7	7		10	10	11	11	17	17	13	16	22	26	26	38	39	42	45	41	42	66
Pingüino	12	10	10		3	4	8	17	17	14	18	22	25	25	38	39	41	45	40	40	64
Pato de Pekín	10	8	10	3		3	7	16	16	13	17	20	25	24	38	39	41	45	40	41	64
Paloma	11	9	11	4	3		8	17	17	14	18	21	25	24	38	39	41	45	40	41	64
Tortuga	11	9	11	8	7	8		17	16	13	18	22	26	27	38	39	41	47	42	44	64
Atún	18	17	17	17	16	17	17		2	8	18	22	30	28	42	43	44	43	42	43	65
Bonita	17	16	17	17	16	17	16	2		7	18	23	31	29	41	41	42	42	41	41	64
Carpa	13	11	13	14	13	14	13	8	7		12	20	25	24	41	41	42	45	39	42	64
Lámprea	15	13	16	18	17	18	18	18	18	12		26	30	31	45	44	46	50	43	45	66
Gusano tornillo	20	19	22	22	20	21	22	22	23	20	26		13	11	40	40	40	43	39	44	66
Gusano (de seda)	27	23	26	25	25	25	26	30	31	25	30	13		5	40	40	40	43	39	44	65
Gusano (de cuernos)	26	23	26	25	25	24	27	28	29	24	31	11	5		39	40	38	42	39	42	64
Ricino	40	38	38	40	38	38	38	42	41	41	45	40	40	39		10	12	45	43	42	66
Girasol	41	39	39	41	39	39	39	43	41	41	44	40	40	40	10		13	47	44	43	67
Trigo	41	39	42	41	41	41	41	44	42	42	46	40	40	38	12	13		45	41	42	66
Candida	46	45	46	45	45	45	47	43	42	45	50	43	43	42	45	47	44		23	25	72
Debaryomices	40	38	41	40	40	40	42	42	41	39	43	39	39	39	43	44	41	23		27	67
Levadura	42	41	42	40	41	41	44	43	41	42	45	42	44	42	42	43	42	25	27		69
Rhodospirillum	64	65	66	64	64	64	64	65	64	64	66	64	65	64	66	67	66	72	67	69	

Figura 12.1. La matriz del porcentaje de diferencias en la secuencia de citocromos (según Denton 1985; datos de Dayholff 1972). Ilustración de Leonard Brand.

No trataremos de analizar si el diagrama de Denton presenta un problema para la evolución, sino que simplemente sugeriremos que la evidencia en este diagrama es consistente con una hipótesis alternativa intervencionista en la que las moléculas de citocromo c de varios grupos de organismos son diferentes (y siempre han sido diferentes) por razones funcionales. No han ocurrido suficientes mutaciones en estas moléculas para empañar las claras agrupaciones evidentes en las figuras 12.1 y 12.2. Otras interpretaciones pueden ser posibles, pero esta interpretación intervencionista todavía es una explicación alternativa válida de los datos. Si no basamos nuestras conclusiones en la suposición *a priori* de la macroevolución, todo lo que los datos realmente nos muestran en realidad es que los organismos se presentan en grupos anidados sin ninguna indicación de intermediarios o grupos superpuestos, y sin indicar relaciones de antepasados/ descendientes. La evidencia puede explicarse por una creación separada de cada grupo de organismos representados en los datos del citocromo c.

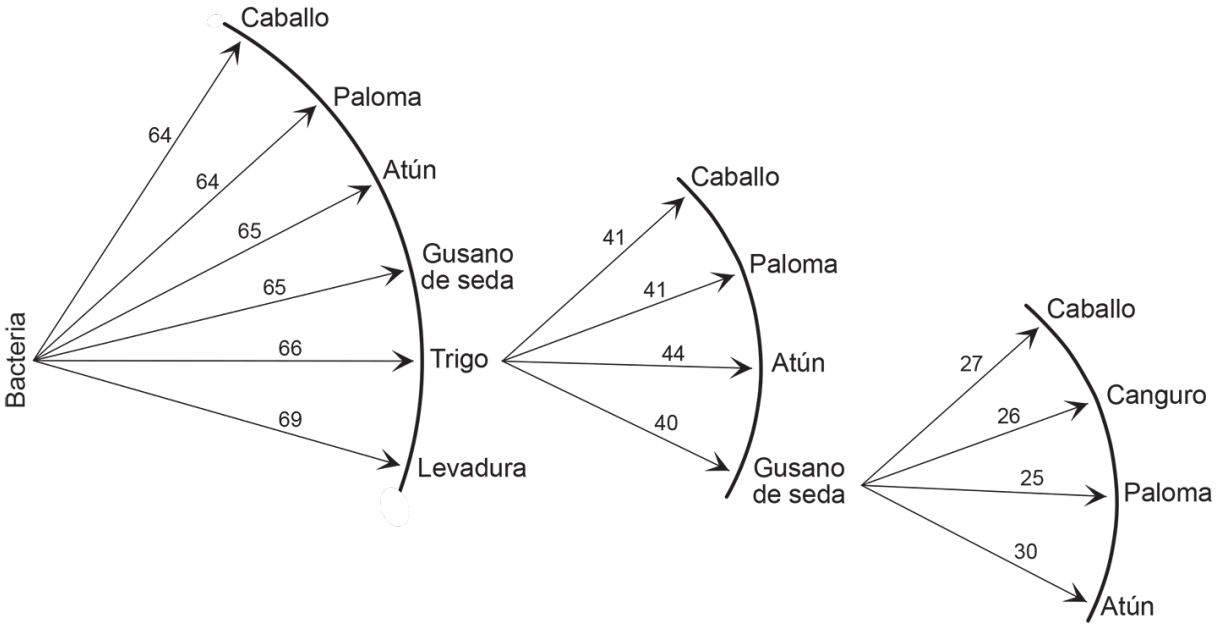


Figura 12.2. La distancia genética entre el citocromo de la bacteria y otros organismos es casi igual, la misma relación para el trigo y para el gusano de seda, con organismos por encima de ellos en la escala filogenética (según Denton 1985). Ilustración de Leonard Brand.

No siempre existe una correspondencia estrecha entre los árboles filogenéticos provenientes de datos morfológicos y bioquímicos. El citocromo c es un ejemplo de libro de texto, y hasta éste tiene explicaciones alternativas viables,

como se describe más arriba. Algunos árboles filogenéticos basados en los datos bioquímicos (por ej., fig. 11.5) concuerdan bastante bien con los datos morfológicos, pero en otros casos, los datos bioquímicos producen árboles filogenéticos que no corresponden tan bien con la morfología o con árboles basados en datos bioquímicos diferentes.

Cuando las mismas estructuras y secuencias de genes se encuentran en organismo no emparentados, generalmente se interpreta esto como convergencia: estos caracteres evolucionaron independientemente en diferentes taxones. La presencia de convergencia es tan abundante a través de toda la diversidad de la vida que presentan un serio desafío para que puedan explicarse por evolución. La aplicación de la "inferencia a la mejor explicación" lleva a la conclusión de que una creación separada de caracteres similares o idénticos es una explicación más probable. Esto no es "el dios de los vacíos", sino una simple aplicación de lógica biológica sólida. Un ejemplo de tal convergencia es el hallazgo de que los murciélagos y los delfines tienen el gen idéntico para la ecolocación, aunque los murciélagos ecolocalizan en el aire y los delfines en el agua.[3] ¿Es realista pensar que este gen, en cada detalle, evolucionó independientemente en estos animales no emparentados? Existen muchos ejemplos de similitudes independientes en diferentes organismos, y la convergencia parece ser una explicación requerida por la suposición del naturalismo, no por un procedimiento científico sólido.

En una línea similar, Christian Schwabe discutió varias incongruencias en los datos moleculares, no en una discusión de evolución versus creación, sino en una evaluación de varias líneas de evidencia dentro de la teoría naturalista de la evolución. Declaró, "Parece desconcertante que existan muchas excepciones a la progresión ordenada de las especies tal como lo determinan las homologías moleculares; en realidad son tantas, que pienso que la excepción, los caprichos, pueden portar el mensaje más importante."[4] Comparó varias líneas de evidencia en relación con la divergencia evolutiva de los peces cartilaginosos (tiburones, rayas y mantas) y los mamíferos. De acuerdo con la evidencia fósil o molecular, cada punto de ramificación en sus diagramas (fig. 12.3) muestra la supuesta cantidad de tiempo en millones de años desde que los antepasados de los peces cartilaginosos divergieron de los antepasados de los mamíferos. Los tiempos para esta divergencia difieren radicalmente según si están basados en datos de fósiles, la relaxina A, o la relaxina B. Estas tres líneas de datos señalan conclusiones muy diferentes y no proveen un cuadro claro para desarrollar un árbol filogenético.

La relaxina es una molécula que dilata el canal del parto en los organismos que paren sus crías vivas. Una tabla del porcentaje de homologías de moléculas de relaxina en diversos animales (tabla 12.1) revela que la relaxina de los tiburones, por ejemplo, no es más diferente de la relaxina del cerdo, que la relaxina del cerdo es de la relaxina humana, aun cuando parece ser que los mamíferos y los tiburones

deberían haber evolucionado la relaxina independientemente. La relaxina de los tiburones dilata el canal del parto de los ratones y de los conejillos de indias, actuando "específicamente sobre estructuras que se desarrollaron solo millones de años más tarde en diferentes especies."[5] En el mismo estudio, Schwabe hace una lista de varias proteínas con funciones específicas en vertebrados superiores que también parecen ocurrir en algunos invertebrados o incluso en las plantas. La enzima que moviliza la cabeza aparece en la hidra, los intestinos de las ratas, y en el hipotálamo humano, y "tiene una secuencia idéntica no importa cual fuera la fuente. En la hidra, causa la regeneración de una cabeza cortada mientras que su función en los humanos es desconocida pero presumiblemente diferente".[6]

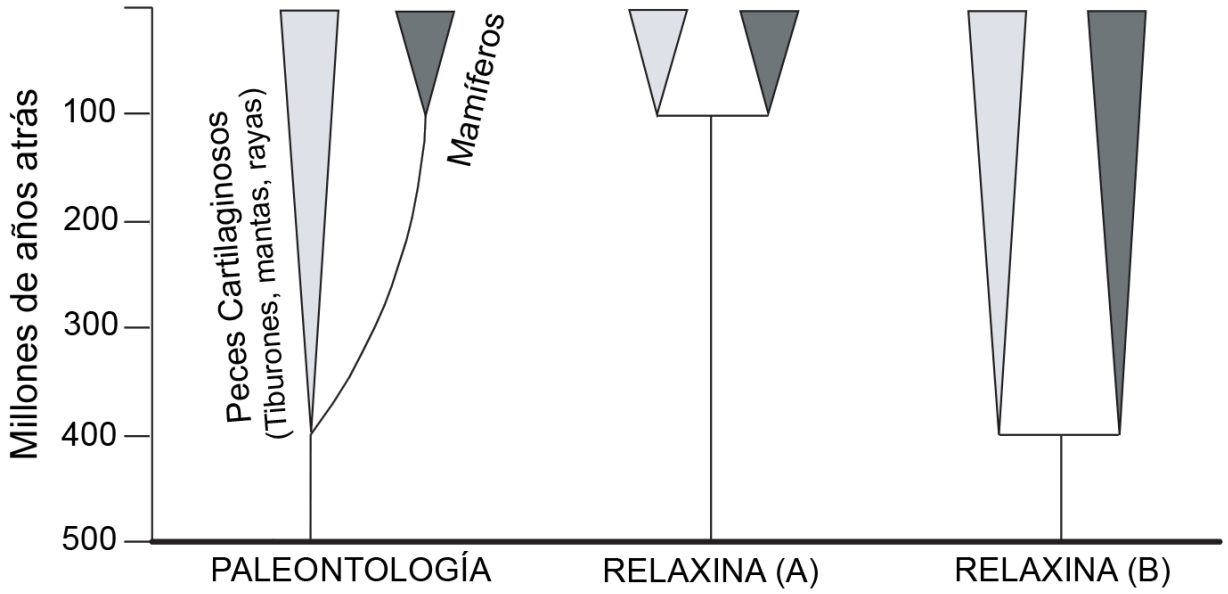


Figura 12.3. El tiempo de divergencia evolutiva entre los mamíferos y los peces cartilaginosos, basado en datos paleontológicos, la relaxina A y la relaxina B (según Schwabe 1986). Ilustración de Leonard Brand.

Schwabe no concluyó que deberíamos volvernos hacia el intervencionismo para la respuesta a estos problemas.[7] Siendo que comienza con la suposición del naturalismo, su única elección es aceptar la evolución convergente, la repetida evolución de los mismos caracteres. Los intervencionistas sugieren una explicación diferente para esta evidencia: el diseño independiente de los diferentes grupos animales; la macroevolución no ocurrió.

Es importante recordar que hasta un intervencionista reconoce que la microevolución efectivamente ocurre. En consecuencia, cuando consideramos los árboles filogenéticos al nivel de por lo menos especies y géneros, parte o la mayoría de las diferencias observadas que aparecen en estos árboles, probablemente se deben a un cambio evolutivo genuino. Cualquiera, intervencionista o no intervencionista, puede usar estas líneas de evidencia para estimar los patrones de evolución por lo menos en las subespecies, las especies y probablemente en los géneros.

Tabla 12.1. Porcentaje de homología entre las relaxinas de varias especies.

	H1	H2	P	R	SS	SDS	SK
Humano 1	—	77	46	46	46	45	34
Humano 2	77	—	46	46	48	50	35
Cerdo	46	46	—	54	50	52	31
Ratón	46	46	54	—	37	41	25
Tiburón tigre de arena	46	48	50	37	—	75	42
Tiburón espinoso	45	50	52	41	75	—	48
Raya	34	35	31	25	42	48	—

De Schwabe 1986

La teoría intervencionista declara que al ascender la escala taxonómica desde las especies a los géneros, a las familias y los órdenes, en algún punto la homología no es el resultado de la evolución sino parte del diseño original. El blanco intervencionista es encontrar evidencias de dónde está ese punto y cuáles son los límites superiores del proceso evolutivo. Tengamos presente que encontrar

ese punto no será fácil porque se podría esperar que ambos el proceso evolutivo y el diseño inteligente produzcan un patrón similar. El Diseñador que hizo los planos corporales originales y sus genomas también hizo el sistema genético para permitir cambios a partir de esos planes originales, y es un sistema coherente.

A partir de la teoría intervencionista, podemos derivar definiciones interpretativas de la homología y la analogía. Estas definiciones se basan en la premisa de que la teoría intervencionista es correcta, de la misma manera en que el conjunto anterior de definiciones son interpretaciones de los datos basados sobre la premisa de que la teoría macroevolutiva es correcta.

> **Homología:** la correspondencia de caracteres en los diferentes organismos en niveles taxonómicos superiores se debe al mismo plan estructural básico para ambos organismos. En las categorías taxonómicas inferiores, las homologías resultan de una correspondencia de caracteres en organismos debido a la herencia desde un antepasado común.
>
> **Analogía:** la correspondencia de caracteres en organismos que no están estrechamente emparentados porque estos caracteres fueron diseñados para funciones similares. En las categorías taxonómicas inferiores, las analogías pueden ser rasgos que son superficialmente parecidos pero que han evolucionado independientemente.

Notemos que, en los niveles taxonómicos inferiores, tanto los intervencionistas como los evolucionistas naturalistas usan las mismas definiciones de homología y analogía. Para los niveles superiores, usan definiciones diferentes. Es verdad que el proceso científico sería más simple si nos quedáramos con solo un conjunto de definiciones, ya sea las definiciones del diseño o de la evolución, en todos los niveles taxonómicos. Sin embargo, esta discusión se basa en la suposición de que la ciencia debería ser la búsqueda de respuestas verdaderas, sean simples o no. Otra manera de encarar la cuestión es que el intervencionista se está formulando una pregunta que muchos otros científicos no se plantean: ¿Hay un límite para el grado de cambio evolutivo que se ha producido? Existen intervencionistas que buscan evidencias que les ayudarán a determinar la línea divisoria entre los dos tipos de homologías, de cuál es el límite del cambio evolutivo.[8]

El proceso del análisis filogenético

Ahora observemos más de cerca el proceso usado en desarrollar árboles filogenéticos. Podemos recolectar evidencias sobre las características de los organismos y construir árboles filogenéticos (por ej., fig. 11.5). ¿Nos dice esto que esos árboles necesariamente demuestran la macroevolución?

El proceso que se usa para construir árboles filogenéticos comienza con la recolección de datos sobre los caracteres de los grupos estudiados. Si estudiamos las relaciones entre varios órdenes de mamíferos, comparamos muchos caracteres compartidos por estos órdenes, a lo mejor incluso las estructuras de los dientes y la anatomía del esqueleto, o si rumian. Se podrían agregar muchos caracteres adicionales, incluidos los datos moleculares. Entonces le decimos a la computadora que compare caracteres singulares que se encuentran en cada grupo, y que determine las similitudes entre ellos y genere árboles filogenéticos. A esta altura, para la mayoría de los científicos, la suposición del naturalismo reafirma su control sobre el proceso. Los siguientes párrafos describen cómo normalmente funciona ese "control".

Se denomina polarización al proceso de determinar qué características son primitivas (ancestrales) y cuáles son derivadas. Generalmente, eso se logra incluyendo en el análisis un grupo externo que comparar. El grupo externo es un grupo que se cree está estrechamente emparentado pero que está fuera de los grupos que se estudian. Por ejemplo, un estudio de los órdenes de mamíferos podría usar a los caimanes como grupo externo. El orden de los mamíferos con las menores diferencias con respecto al grupo externo es considerado el orden más primitivo, más cercano al antepasado común de los mamíferos.[9]

A partir de un conjunto de datos dado, se pueden producir diferentes árboles. Por ejemplo, compare los árboles en la figura 12.4. El patrón de las ramificaciones en A indica que los organismos 1 y 2 son muy similares entre sí, y que los organismos 3 y 4 también son similares entre sí. Ambos grupos (1 y 2, y 3 y 4) tuvieron un antepasado común en el pasado. El árbol B indica que al comparar los grupos, lo más probable es que el grupo 4 es el antepasado, 3 es el que le sigue en similitud, y los organismos 1 y 2 son más similares entre sí. El árbol C muestra que 1, 2 y 3 están más estrechamente emparentados, 2 y 3 están más estrechamente emparentados entre sí de lo que cualquiera de ellos lo está con 1, y comparten un antepasado distante con 4.

Resumen 12-1

Los datos e interpretaciones en la homología y el análisis filogenético

Datos

Listas de similitudes entre los organismos (por ej., los huesos de las extremidades, la bioquímica, y muchas otras). Las diferencias entre los organismos y cuáles grupos tienen caracteres "nuevos" que no están presentes en sus presuntos antepasados. Estadística y árboles generados por el análisis computacional.

Interpretación

Aquí, como en la mayoría de los estudios históricos, puede que no sea posible aplicar la inferencia a la mejor explicación porque algunas explicaciones ni siquiera son consideradas.

La ciencia convencional: **Asume el naturalismo y debe interpretar las homologías y árboles filogenéticos como resultado de la evolución.**

El intervencionismo. **El naturalismo no se asume; si no se asume el naturalismo, la aparente homología puede interpretarse como resultado de un diseñador común. Un árbol filogenético generado por un programa de computación filogenético no es evidencia de que desciende de un ancestro común. Se necesitarían otras razones (científicas o de otro tipo) para realizar una evaluación bien fundada.**

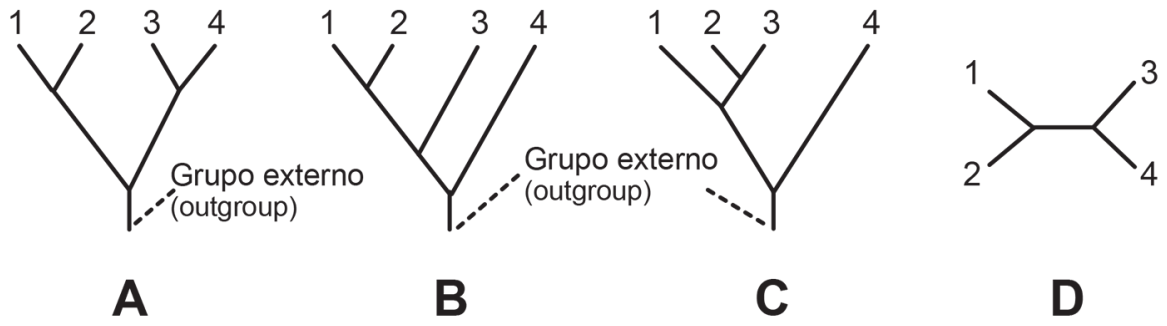


Figura 12.4. (A-C) Tres árboles filogenéticos alternativos para cuatro taxones animales. (D) Un árbol desarraigado (indica parentescos, pero no indica cuáles son ancestrales y cuáles son grupos descendientes). Ilustración de Leonard Brand.

¿Qué árbol es la mejor hipótesis sobre el parentesco de estos animales? Al tomar estas decisiones, a menudo usamos el principio de la parsimonia, lo que significa que aceptamos los árboles que proveen la explicación más simple y requieren el menor número de pasos evolutivos (la menor cantidad de convergencia). Un árbol parsimonioso requiere evolución para reinventar independientemente las estructuras el menor número de veces.

Después de que se produjeron varios árboles filogenéticos a partir de nuestros datos, surgen dos niveles de preguntas que querríamos que aborde nuestra computadora:

1. Asumiendo que esos grupos de organismos han evolucionado de un antepasado común, ¿cuál de estos árboles sería la vía más probable para esa evolución?
2. ¿Es correcto escoger alguno de esos árboles? ¿O es más probable que esos grupos de animales o plantas no fueron resultado de la macroevolución?

La pregunta 1 se basa en la suposición que los organismos evolucionaron. Solo preguntamos cuál es el árbol más probable. La número 2 pregunta si la evidencia se explica mejor a través de macroevolución ilimitada o por medio de orígenes independientes (lo que implica intervención informada), más una evolución limitada dentro de los grupos polifiléticos. Es importante entender que por lo general, la ciencia solo formula la pregunta 1. La ciencia no se formula la segunda pregunta más abarcadora. La pregunta 1 es como un examen de opción

múltiple que pregunta: "¿Cuál de estas opciones (qué árbol filogenético) es más probable que sea correcto?" Sin embargo, ni siquiera se considera la respuesta "ninguno de los mencionados".

El proceso que se usa en la pregunta 1 nos da un árbol no importa cuál sea la realidad en la historia de la vida. A la computadora que analiza los caracteres y genera árboles no se le ha dado ninguna instrucción que le permita formular la segunda pregunta. Cuando ingresamos los datos en la computadora, no tiene ninguna manera de determinar cuál de los grupos es el antepasado o el más cercano al antepasado. Solo puede producir un árbol desarraigado, que muestra qué grupos son más parecidos (D en la fig. 12.4). Debe añadirse un grupo externo antes de que pueda producir un árbol con arraigado (con raíz). Sin embargo, la única razón para introducir un grupo externo es si primero asumimos la evolución de los dos grupos a partir de un antepasado común. Un estudio de los mamíferos, usando los caimanes como un grupo externo, se basa sobre la suposición de que ambos evolucionaron de un antepasado común. Si nos basamos en esta suposición, entonces la computadora busca el orden de los mamíferos con la mayor cantidad de caracteres en común con el grupo externo. Ahora la computadora toma al grupo de los mamíferos como la raíz del árbol que puede construir. No puede construir un árbol a menos que el investigador primero acepte la suposición de la macroevolución al agregar un grupo externo. Esta es la razón básica de por qué este proceso no es capaz de formular la segunda pregunta. Los árboles filogenéticos no surgen espontáneamente de los datos. Aparecen al manipular los datos con la teoría evolucionista, dependiendo de aceptar la suposición de una macroevolución ilimitada.

¿Significa esto que este proceso es una pérdida de tiempo? No, de ninguna manera. Hasta el intervencionista lo usa para estudiar la microevolución y la especiación, para examinar los cambios evolutivos muy reales que pueden ocurrir dentro de los grupos principales de organismos. Además, si una persona elige basarse en la suposición de la macroevolución, es lógicamente coherente el uso de este método para determinar el árbol filogenético más probable para los animales que está estudiando, e incluso para las categorías taxonómicas superiores. Lo que es importante recordar es que este proceso es solo capaz de contestar la pregunta 1; ni siquiera puede abordar la pregunta 2.

Si llevamos nuestra lógica un paso más adelante, descubrimos que la capacidad de usar el proceso que describimos más arriba para producir árboles filogenéticos no es una evidencia en favor de la macroevolución ni de la microevolución. Un proceso de análisis filogenético que presupone que los animales evolucionaron de un antepasado común no puede usarse para verificar si vinieron de un antepasado común. Eso sería razonamiento circular. Además, el hecho de que ese proceso no puede probar la evolución no es evidencia de

intervención. Sencillamente refleja los límites en la capacidad de la humanidad de analizar el pasado remoto. Se necesita algún otro tipo de evidencia para contestar las preguntas más importantes acerca de dónde vinimos nosotros y los demás organismos sobre la Tierra. Colin Patterson, un prominente paleontólogo de vertebrados y evolucionista de Inglaterra, hizo algunas declaraciones interesantes en una disertación pública. No hay evidencias obvias de que favoreciera el intervencionismo, pero declaró que él había "experimentado un cambio desde la evolución como conocimiento a la evolución como fe".[10] Tal vez esta actitud honesta sea apropiada para todos al estudiar lo que ocurrió en el pasado, ya sea que estemos a favor del intervencionismo o la macroevolución.

Ahora consideremos otro aspecto de las limitaciones en el proceso de generar filogenias. Los árboles filogenéticos se basan en homologías, y se usa la teoría de la evolución para identificar las homologías. Pero la homología por sí sola no puede demostrar la evolución o la intervención. La homología tiene dos explicaciones posibles: la evolución a partir de un antepasado común o el diseño por un diseñador común. ¿Cuál es la correcta? Si las homologías fueran la única evidencia que tenemos, tendríamos que decir que no sabemos.

Si recolectamos los datos sobre los fósiles y los animales vivientes y asumimos la suposición de la evolución, es posible armar árboles filogenéticos. Para cualquier conjunto complejo de organismos (o incluso máquinas), es posible armar un árbol filogenético basado en las homologías. ¿Son verdaderos los árboles? Observando un árbol muy general de los animales (fig. 12.5 A), notamos que los que comparten más homologías en común están más cerca entre sí en el árbol. ¿Muestra esto que evolucionaron? Si usamos este mismo proceso para analizar un grupo de vehículos con ruedas, podemos armar el árbol basados en principios mecánicos homólogos (fig. 12.5 B). Nadie diría que los vehículos evolucionaron. Las características homólogas pueden surgir por otro camino: el diseño inteligente. Tales analogías nunca deberían llevarse demasiado lejos. Esto ilustra solo un punto: la homología, en sí misma, no puede demostrar la evolución. Si solo formulamos la pregunta 1 "¿Cuál es el árbol filogenético más probable?" es esencial que dependamos de las homologías para contestar esa pregunta. Eso es perfectamente legítimo. Pero, si formulamos la pregunta 2: "¿Evolucionaron o no?", entonces, las homologías no pueden responder la pregunta. No tienen el potencial para hacerlo.

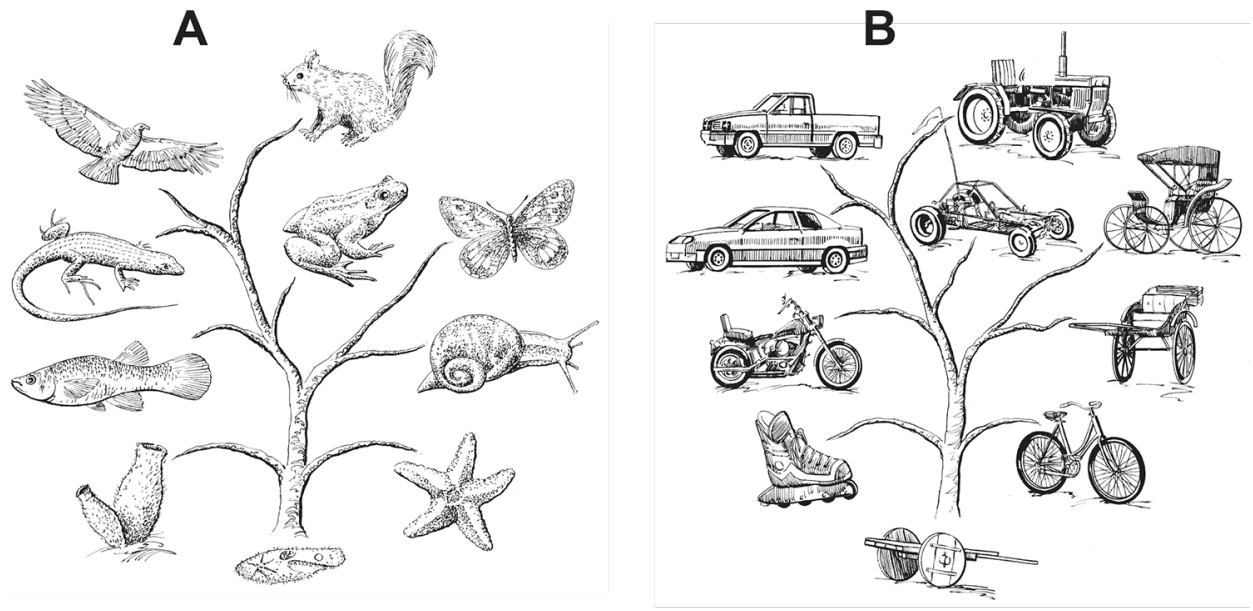


Figura 12.5. (A, B) "Árboles filogenéticos" para animales y vehículos con ruedas. Ilustración de Robert Knabenbauer.

A pesar de todo, a menudo se afirma que si podemos identificar cuándo se produjeron ciertas mutaciones en la historia de la vida, hemos demostrado que el cambio de debió a la evolución. Sin embargo, si el diseñador usó un plan similar al diseñar una variedad de animales, modificando sistemáticamente los genes para cambiar las características de un grupo a otro, probablemente no podríamos determinar si el cambio resultó de la evolución o del diseño. Consideremos los genes *Hox* como un ejemplo. Los genes *Hox* controlan el desarrollo embriológico de los cuerpos animales. Son interruptores que controlan otros genes y determinan la posición y naturaleza de la mayoría de las partes principales del cuerpo y están localizados en una secuencia sobre el cromosoma en el orden en el cual son activos durante el desarrollo. El número de genes *Hox* en general es proporcional a la complejidad del organismo, y se cree que son el resultado de un aumento en el número de genes *Hox* en varias etapas en la evolución.[11] Las esponjas tienen un gen *Hox*, los invertebrados más complejos tienen de cuatro a diez y los vertebrados tienen hasta 39, ordenados en cuatro bloques. Temprano en la evolución de los cordados, el número de bloques de genes *Hox* se duplicó, formando dos bloques y luego se duplicó otra vez, formando cuatro bloques en los peces y otros vertebrados.[12]

Ahora consideremos otra explicación. El Creador diseñó los genes *Hox* y los conjuntos de otros genes para que sean controlados por ellos. Con mucho cuidado

planificó el esquema de desarrollo de cada grupo de animales que sería creado e incluyó el número de genes *Hox* necesarios para manejar el nivel de complejidad de cada grupo animal. No comenzó de cero con cada grupo, sino que usó elementos comunes, los genes *Hox*, y sistemáticamente ajustó el número de genes *Hox* de acuerdo con la complejidad del desarrollo de cada grupo. Si esto es verdad, entonces estas diferencias son el resultado de un diseño deliberado, y no de una duplicación evolutiva de genes. Si un investigador está comprometido con la filosofía naturalista, él o ella no considerarán esta posibilidad.

La embriología

Ernst Haeckel propuso que un embrión vertebrado repite su historia evolutiva a medida que madura (fig. 11.6). En realidad, las primeras etapas embrionarias no parecen ser tan similares como las dibujó Haeckel.[13] La versión moderna más realista de la teoría sugiere que un embrión en sus primeras etapas es como las etapas embrionarias tempranas de su antepasado. Al desarrollarse, gradualmente se parece menos a la forma ancestral y adquiere los rasgos característicos de su propia especie.

Otra explicación lógica, que no se basa en la suposición naturalista, es consistente con los mismos datos. La mayoría de los vertebrados tiene un cuerpo alargado con una cabeza en un extremo, generalmente una cola en el otro y cuatro extremidades en las cuatro "esquinas" del cuerpo. Como todos estos animales se desarrollan a partir de un huevo de una célula hasta un juvenil completamente formado, no es de sorprender de que en las primeras etapas existan muchas similitudes entre ellos. El embrión desarrolla primero el plan corporal básico. Las características particulares del organismo individual aparecen más adelante en la ontogenia. De forma similar, un constructor de casas edifica primero los cimientos (casas que se ven muy diferentes cuando están terminadas pueden tener cimientos similares), y agrega las características propias de la casa más adelante. Un ingeniero que tratara de diseñar las etapas de desarrollo de todos estos organismos posiblemente encontraría que es más eficiente seguir un plan básico para todos y agregar las características especiales más adelante en el proceso, tal como sean necesarias para cada grupo, y luego para cada especie dentro del grupo. Otros problemas también plantean un desafío para la teoría de que la ontogenia repite la historia evolutiva.[14]

Aun los científicos no intervencionistas reconocen que las etapas del desarrollo del corazón y del riñón de los mamíferos no son remanentes históricos que proveen evidencia de la evolución.[15] Se incluyó el argumento que se da en el capítulo 11 porque todavía se encuentra en algunos libros de texto universitarios

bastante recientes. En contraste, pónganse en el lugar de un bioingeniero cuya tarea es diseñar el sistema de distribución química para un embrión al desarrollarse desde la etapa de una célula hasta un mamífero completo. El corazón y los riñones de un mamífero maduro son estructuras complejas que requieren algún tiempo para su fabricación al crecer el embrión. Pero el embrión no puede esperar tanto tiempo para hacer circular la sangre, distribuir los nutrientes a los tejidos y eliminar los desechos metabólicos. ¿Cómo resolver ese problema? Si no se asume el naturalismo, podemos considerar que el ingeniero de la vida diseñó una solución intrincada y compleja. El corazón al principio es una estructura simple que se puede desarrollar y comenzar a funcionar rápidamente. Al crecer, gradualmente se transforma en el estado de cuatro cavidades y funciona plenamente durante todo el proceso. El riñón sigue un camino un poquito distinto. Un riñón simple se desarrolla rápidamente y maneja la eliminación de desechos mientras que se va desarrollando el riñón metanéfrico más complejo. Cuando el riñón más complejo está listo para comenzar a funcionar, el riñón inicial más simple, desaparece. El científico evolucionista Alfred Romer reconoció que se necesitan riñones sucesivos en el embrión por razones funcionales; no tienen nada que ver con la evolución.[16] Parece ser que el corazón y los riñones de los mamíferos necesitan desarrollarse aproximadamente de esta manera, ya sea que hubiéramos evolucionado o que hayamos sido creados, y de ese modo la embriología de estos órganos no nos dice nada a favor o en contra de la evolución o la intervención.

Algunas salamandras tienen aletas y branquias externas. Otras especies tienen larvas acuáticas que dejan el agua como adultos y pierden las branquias y las aletas. Algunas siempre tienen una vida terrestre y tienen aletas y branquias externas solo en el huevo (fig. 8.7). Parece ser que las salamandras tienen un programa genético para producir el equipamiento para una vida acuática, que pierden en cualquier etapa de la vida cuando dejan el agua, y una alteración del gen regulador del momento de este proceso, o efectos epigenéticos, que determinan cuándo pierden sus adaptaciones acuáticas. Una especie que no vivirá en el agua puede mantener las branquias solo dentro del huevo. ¿Por qué no se aborta completamente el desarrollo de sus branquias? Tal vez la información genética para todos los tipos de ciclos de vida de las salamandras está presente siempre, y la única diferencia está en la elección del momento oportuno —cuándo se activan o desactivan algunos genes epigenéticamente— dándole a las salamandras la habilidad creada de adaptarse a diferentes ambientes. Estas interpretaciones de las adaptaciones de las salamandras no dependen de si aceptamos el naturalismo o el intervencionismo. Son interpretaciones realistas de adaptaciones a diversas condiciones de vida bajo cualquiera de las cosmovisiones.

Los experimentos que demostraron que las aves todavía tienen los genes para producir huesos de patas “reptiles” proveen revelaciones fascinantes de los

Resumen 12-2

Cómo explicar las adaptaciones de las salamandras

Datos

Una descripción minuciosa de los caracteres en diferentes especies de salamandras.

Interpretación

Las diferencias tienen explicaciones biológicas viables sin importar las diferentes suposiciones. No parece que las diferencias entre las especies debieran interpretarse como creaciones separadas, incluso para un intervencionista.

No existen implicaciones filosóficas; esto es consistente con cualquiera de las cosmovisiones.

procesos de desarrollo (fig. 11.7). Parece muy improbable que un conjunto sin usar de genes que producen huesos de reptiles permanecerían intactos en las aves por más de 100 millones de años sin serios daños mutacionales a esos genes innecesarios. Es más plausible que las aves y los reptiles, tengan una serie común de "instrucciones" para hacer patas y que los genes reguladores controlan y el sistema epigenético controlan la aplicación específica de éstos para hacer la estructura apropiada para cada animal. Los experimentos de Armand Hampe parecen mostrar que este es el caso.[17] Pero, ¿por qué ocurre de esta manera? La única razón para presentar esto como evidencia en contra de la intervención informada es sugerir que un Creador usaría un diseño más eficiente. Por cierto, este es un argumento muy débil, hasta que entendamos el sistema genético y los procesos embriológicos suficiente como para evaluar con exactitud la eficiencia de las distintas propuestas para el diseño de los organismos. Los experimentos de Hampe pueden revelar que los sistemas vivos contienen más información genética de lo que es evidente y que los genes reguladores y el sistema epigenético se usan para controlar la operación de una amplia serie de instrucciones básicas.

Los órganos vestigiales

Se presume que las estructuras vestigiales son remanentes de nuestro pasado evolutivo (fig. 11.8). A principios del siglo XX, se compiló una larga lista de órganos vestigiales en los mamíferos.[18] La lista se consideraba como evidencia convincente a favor de la macroevolución. Había más de ochenta ítems en la lista que incluía la tiroides, el timo, la glándula pituitaria; el lóbulo olfativo del cerebro y el oído medio. Ahora sabemos que estas estructuras son vitales para la vida y para nuestro sentido del oído y del olfato. En la época en que se compiló la lista, nadie sabía qué funciones tenían. Los investigadores creían que eran vestigios de un antepasado que los necesitaba. Con los estudios de los fisiólogos, la lista se ha reducido drásticamente. La lógica que se usa en esta línea de evidencia debe ser analizada con cuidado. Si no conocemos la función de algo, se convierte en un candidato para un órgano vestigial. Podríamos llamar a esto ¡el vestigialismo de los vacíos! (o de las brechas o hiatos). La debilidad del planteamiento es que cuánto más sepamos, mayor será la probabilidad de que encontremos las funciones útiles de estos supuestos órganos vestigiales.

Todavía hoy aparecen en libros de texto varias estructuras como órganos vestigiales. Al repasarlas, tengamos en mente que a menudo se considera vestigial a un órgano si parece ser que no cumple ninguna función (y tal conclusión significaría que todavía no sabemos lo suficiente acerca de ese órgano), o que la función o la forma de un órgano se ha alterado de su forma en su presunto antepasado. Sin embargo, dejando la suposición naturalista de lado, antes de aceptar un origen evolutivo para una presunta estructura vestigial, necesitamos preguntar si es que existen algunas explicaciones alternativas posibles. Es fácil proponer una hipótesis para explicar algo. Es una cuestión totalmente diferente demostrar que es la hipótesis correcta y que todas las hipótesis alternativas están equivocadas.

En una época, los médicos rutinariamente extirpaban el apéndice humano ya que parecía inútil y a menudo causaba problemas. Ahora se sabe que pertenece al sistema inmunológico, y que es un reservorio importante para bacterias que benefician el intestino.[19] Tenemos un problema de enfermedad con el apéndice y cuando se infecta, debe ser removido. Sin embargo, uno está mucho mejor con el apéndice si se mantiene sano.

¿Son inútiles las vértebras caudales fusionadas (coxis)? En realidad, esta pequeña estructura tiene una función muy importante como un punto de fijación de los músculos que nos permiten pararnos derechos (y proveer el relleno cuando nos sentamos). No puede considerarse vestigial. La vía embriológica que produce la cola en otros animales se usa en nosotros para producir una estructura importante. ¿Sucedió esto por evolución o fue desarrollado así por un Diseñador informado?

¿Qué evidencias hay para contestar esta pregunta? No la evidencia de la embriología o de estos "órganos vestigiales"; se necesita otro tipo de evidencia. La "cola" externa que, en casos raros, está presente en un humano recién nacido es una estructura pequeña, generalmente sin hueso, que no es siquiera equivalente a las colas de otros vertebrados.[20] Sin embargo, algunas raras modificaciones al sistema de los genes reguladores/epigenética raras veces producen una cola mutante con algunos huesos.

Los músculos segmentados del abdomen son importantes para doblar nuestro cuerpo y para mantener el tono de la pared abdominal. Si esta disposición muscular provino de un antepasado primitivo no es más que conjetura. Los músculos no son evidencia a favor o en contra de la evolución o la intervención.

¿Por qué es que los humanos tienen pelos en el cuerpo? ¿Es vestigial o un ingeniero diseñador lo quiso así? Las respuestas son una cuestión de opinión que dependen de las suposiciones que hacemos, no la evidencia que se necesitaría para elegir una teoría. Los dientes caninos en los humanos son un poco más puntiagudos que los demás dientes. Algunos también podrían considerar esto como vestigio, pero dista de ser un argumento convincente a favor o en contra de nada. ¿Por qué tienen tetillas los hombres? Podrían existir por varias razones y su carácter vestigial es solo una razón posible. Las tetillas de los hombres no tienen nada que ver con la cuestión de los orígenes.

En estos ejemplos, el argumento de las estructuras vestigiales no es tan convincente como podría parecer a primera vista. De hecho, uno puede cuestionar si cualquiera de ellas puede realmente llamarse vestigial. Aunque pensemos que lo son, podríamos llamarlos vestigiales sencillamente porque todavía no conocemos su función. Esta línea de evidencia no señala claramente a ninguna de las dos teorías y no debería usarse como apoyo.

La membrana nictitante en los humanos no funciona como un tercer párpado; ocurre en conexión con los conductos lacrimales. Su función no es muy clara, pero sería prematuro declararla no funcional.

¿Por qué hay músculos unidos a nuestras orejas? Algunos desean llamarlos vestigios genuinos o decir que dan forma a nuestra cabeza o sostienen las orejas. Se necesita más información antes de decidirlo.

Los terceros molares (muelas de juicio) pueden ser un problema para los humanos cuando no hay suficiente lugar para ellos en el maxilar. Esto se puede explicar fácilmente si los humanos alguna vez fueron más grandes de lo que son ahora o tuvieron maxilares más pesados por la diferencia en la dieta. Parecen ser verdaderamente vestigiales: vestigios de dientes que los humanos necesitaban cuando fueron diseñados originalmente, pero que no se necesitan ahora.

Las afirmaciones sobre genes muertos, pseudogenes, o ADN basura, han recibido severos contratiempos con el descubrimiento que el así llamado ADN

basura generalmente sí son genes reguladores funcionales. Es cuestionable si realmente existe algún ADN basura genuino. Sin embargo, los darwinistas tradicionales detestan aceptar este nuevo descubrimiento y lo están resistiendo.[21]

Las extremidades posteriores de una ballena son huesos aislados hundidos en el tejido, pero con una función definida. Son el punto de inserción de músculos del sistema reproductivo. Los intervencionistas pueden aducir que el Diseñador modificó las instrucciones genéticas para que las extremidades inferiores hicieran que estas estructuras sirvan su función específica. Los raros delfines con aletas posteriores indican que la información genética para ellos está presente. Existen ballenas arqueocetas fósiles con pequeñas extremidades posteriores, pero no tienen la estructura para aletas. Parece ser que los procesos epigenéticos están poniendo aletas donde usualmente no aparecen.[22]

Muchos casos de estructuras verdaderamente vestigiales han sido el resultado de cambios microevolutivos dentro de los grupos creados de organismos. Algunas poblaciones de salamandras, peces, u otros animales han vivido en completa oscuridad en cavernas durante tanto tiempo que ninguna presión selectiva favoreció la conservación de ojos funcionales. Los peces ciegos tienen genes para ojos funcionales, y son ciegos porque los procesos epigenéticos han desactivado esos genes que no se necesitan en su ambiente de caverna.[23] Algunas poblaciones de aves perdieron la habilidad de volar, aunque todavía tienen pequeñas extremidades anteriores. Estas aves no voladoras viven principalmente en islas donde no hay depredadores, o son muy grandes como para que las molesten mucho los depredadores. Sin la necesidad de volar para escapar de los depredadores, aparentemente no hubo una desventaja para algunas de estas aves si las mutaciones redujeron su capacidad de vuelo. De hecho, no volar puede ser una ventaja. En algunos huracanes, la mayoría de las aves fueron arrastradas de sus islas del Pacífico mar adentro (David Cowles, comunicación personal). Estas explicaciones se aplican no importa qué creamos sobre la suposición naturalista.

Algunos escarabajos han dejado de volar, no por perder sus alas, sino por mutaciones y/o alteraciones epigenéticas que fusionaron las cubiertas de las alas lo que hizo que las alas se volvieran no funcionales. A lo mejor, alteraciones adicionales podrían eventualmente eliminar las alas inútiles. De hecho, la energía que se ahorra al no desarrollar estas alas podría ser una ventaja para los escarabajos. ¿Por qué no todos los escarabajos perdieron sus alas por medio de este proceso? Si el vuelo es vital para una especie (y evidentemente lo es para la mayoría de las especies de escarabajos), una mutación que reduce la habilidad de volar reduce o elimina las oportunidades para que el individuo sobreviva y se reproduzca.

Resumen 12-3

Interpretación de los órganos vestigiales

Datos

Una descripción exacta del rasgo anatómico en cuestión. Cualquier conocimiento totalmente documentado de su función fisiológica o falta de tal.

Interpretación

La ciencia convencional: **Asume el naturalismo. La suposición no requiere que el rasgo sea vestigial, pero es una opción si no se conoce una buena explicación de su función.**

El intervencionismo: **La explicación puede ser similar a la de más arriba; al menos algunos caracteres biológicos podrían interpretarse como vestigiales, degenerados desde la creación. Sin embargo, seamos cautelosos, porque esta interpretación a menudo es resultado de nuestra falta de comprensión sobre este rasgo. Si este rasgo no puede explicarse en forma realista como algo que se volvió vestigial después de la creación, entonces busquemos otra explicación.**

En resumen, muchos supuestos vestigios en realidad sí tienen funciones y no son verdaderamente vestigiales. Algunos son cuestionables y se les pueden dar varias interpretaciones, y algunos son verdaderas estructuras vestigiales que resultan de la microevolución desde la creación.

Los errores y los diseños imperfectos como evidencia de historia

Un animal perfectamente adaptado a su ambiente puede explicarse como el resultado de la selección natural o de un diseño perfecto del Creador. Las imperfecciones, adaptaciones subóptimas, o errores manifiestos parecen señalar en

forma más categórica a una explicación evolutiva. Por consiguiente, uno debe tener un criterio imparcial para determinar si la adaptación es realmente subóptima. ¿Es el pulgar del panda subóptimo? ¿Hay evidencias de que el panda tiene dificultad al realizar las tareas que requieren el uso de su pulgar? Si no es así, ¿qué razón objetiva tenemos para llamarlo subóptimo? ¿Cómo podríamos determinar que un Creador usó un diseño tan curioso?[24] El uso del pulgar del panda (fig. 11.10) como argumento científico en contra del intervencionismo solo sería válido si tuviéramos datos objetivos para apoyar la hipótesis de que un Creador no usaría un diseño así; de otro modo, solo es una conjetura filosófica. Los datos nos muestran que si existe un Creador, usó un diseño jerárquico para la vida. ¿Cómo podemos estar seguros que no usaría patrones genéticos de otros osos para confeccionar un pulgar para el panda en lugar de interponer un rasgo de algún otro animal al ya bien organizado sistema genético del oso? ¿O podría ser que el ADN se diseñó inteligentemente con suficiente información para permitir que se originara tal estructura después que los osos fueron creados?

La diversidad de la vida sigue un sistema jerárquico de diseño, que usa un plan básico para cada grupo y lo modifica para las necesidades de cada miembro del grupo. La opinión de que este sistema no es creativo u original es sencillamente una opinión personal, subjetiva. Con la misma lógica, uno podría argumentar que hacer un murciélago con increíbles habilidades para un vuelo efectivo y el pie de un perro a partir del mismo plan estructural básico es de hecho muy creativo. El pulgar del panda y el ala de un murciélago no son evidencia objetiva para o en contra de la evolución o de la intervención.

Douglas Futuyma concluye que es extraño que un creador omnisciente hiciera el ala de un murciélago simplemente extendiendo cuatro dedos del mismo tipo de mano que tienen los otros mamíferos.[25] Este argumento solo tiene sentido si él insinúa que el ala del murciélago está por debajo de lo óptimo. Ese argumento es aún menos convincente para los murciélagos que para los pandas. Los murciélagos son capaces de lograr hazañas increíbles de acrobacias de vuelo con sus alas que parecen manos. Filmaciones con cámara lenta de un murciélago usando su ala, tal como nosotros usaríamos una mano, para cazar polillas y transferirlas a su boca mientras vuela sin interferir con la eficacia del vuelo hace que sea difícil creer el argumento de que el diseño del ala de un murciélago es subóptimo. ¡Es aún más increíble porque existen testimonios documentados de murciélagos que localizan, persiguen, cazan y comen dos insectos consecutivos en vuelo, en el lapso de un segundo![26] El ala de un murciélago es ideal para su estilo de vida.

Francisco Ayala afirma que un ingeniero humano podría diseñar cosas vivas con diseños más efectivos de los que vemos en la naturaleza.[27] Bueno, demuéstrenos unos pocos de esos diseños. Son afirmaciones arrogantes y poco realistas.

El punto de vista largamente sostenido de que la retina de los vertebrados es un accidente evolutivo pobremente diseñado, porque las capas celulares supuestamente están dispuestas en un orden inverso, ha sufrido un revés importante. Una publicación por Kristian Franze y colegas informa una reexaminación de la retina.[28] Se encontró que las células de Müller en la retina tienen propiedades únicas e inesperadas. Son realmente fibras ópticas vivas que transmiten la luz a través de las capas exteriores de la célula a los fotorreceptores con una eficiencia muy elevada. En vez de ser un accidente evolutivo ineficiente, la retina es un diseño altamente eficiente, un diseño muy sofisticado. Además, los fotorreceptores necesitan estar detrás de las otras capas para que puedan estar junto a la red capilar que trae los nutrientes necesarios. La sangre es más opaca que las otras capas celulares en la retina y por lo tanto no puede ponerse delante de los fotorreceptores.

¿Por qué el Creador no hizo un cambio en las vías del nervio recurrente laríngeo en los vertebrados superiores, en lugar de permitir que tome tales desvíos en los mamíferos? ¿Sabemos que las jirafas hayan tenido siempre cuellos tan largos? Los datos simplemente nos dicen que se usó el mismo patrón básico en todos los vertebrados. Esto nos revela un poco de la mente del Creador. Él no jugueteó con el diseño de especies individuales, sino que concibió un plan de desarrollo adecuado para todos los vertebrados. Podemos sugerir que el Creador se apegó a su plan para todos ellos, siempre y cuando los impulsos nerviosos todavía se muevan lo suficientemente rápido como para realizar su tarea.

Otros tipos de rasgos subóptimos son fundamentalmente diferentes en su naturaleza al pulgar del panda. Consideremos, por ejemplo, la incapacidad de los lemings y las langostas de controlar el tamaño de sus poblaciones.[29] Es difícil justificar este rasgo como un buen diseño. A la mayoría de nosotros nos molesta la lucha, la crueldad y la destrucción en la naturaleza, no importa cuáles sean nuestros puntos de vista filosóficos. La versión del intervencionismo que se propone aquí toma la Biblia seriamente y tiene una respuesta internamente consistente para este problema. El Diseñador proveyó suficiente información para que no nos confundiéramos con este enigma. La vida se creó en un estado perfecto, pero la rebelión de la raza humana introdujo fuerzas degenerativas en otras partes de la naturaleza también. La Tierra ya no es una habitación ideal. Los organismos adaptaron por medio de la selección natural a las condiciones alteradas y muchas de estas adaptaciones distan de ser las ideales. El concepto de la creación y una rebelión posterior no puede estudiarse por los métodos científicos, pero los procesos de cambio que ocurrieron luego de estos eventos pueden analizarse con el proceso científico.

Resumen 12-4

Interpretación de los supuestos errores biológicos o diseños imperfectos

Datos

Una descripción documentada del rasgo en cuestión y cualquier evaluación basada en la evidencia de su funcionalidad.

Interpretación

La ciencia convencional: **El diseño imperfecto es una interpretación filosófica posible, pero su exactitud depende de cuán bien se haya estudiado el rasgo.**

El intervencionismo: **Parcialmente similar a lo de más arriba, esta cosmovisión predice que ningún diseño biológico pobre fue producto de la obra del Creador. La degradación biológica que resultan de las mutaciones perjudiciales desde la creación es una posible (y en algunos casos, probable) interpretación. Presuntos diseños pobres a menudo pueden llevar a la predicción de que en realidad no es un diseño pobre, y que con más investigación se harán muchos descubrimientos.**

La naturaleza jerárquica de la vida y la escala ascendente de complejidad

La escala ascendente de la complejidad ¿es evidencia para la macroevolución? Solo lo sería si aceptamos la suposición del naturalismo. Si cuestionamos esta suposición, existe otra explicación potencial para los mismos datos. En cualquier conjunto complejo de cosas que muestran una gran diversidad con diferentes

combinaciones de rasgos, sean máquinas o animales, uno los puede arreglar en una secuencia de lo más simple a lo más complejo. ¿Implica esto una secuencia evolutiva? En realidad, la ecología de nuestro mundo es extremadamente compleja. Necesita de una gran diversidad de organismos para llenar los muchos nichos ecológicos para que el intrincado sistema funcione. Todos los caracteres "avanzados" en los mamíferos determinan que no sirvan para llenar el nicho de una esponja. Se necesita una criatura con un conjunto de caracteres que se encuentran en las esponjas para ocupar ese lugar. Uno puede ordenar esta gran diversidad de organismos en una secuencia con aquellos que tienen una organización más simple en un extremo de la lista y los organismos con estructuras más complejas en el otro. Esta "escala ascendente de complejidad" solo es una descripción de la naturaleza. Debemos tener un tipo de evidencia diferente para que nos diga si la diversidad se produjo por evolución o por intervención informada. El orden en el cual aparecen estos organismos como fósiles es una parte del cuadro que se discute más adelante en conexión con el registro fósil.

El arreglo jerárquico de la vida ilustrado en la figura 11.12 ha sido usado por Futuyma y otros como evidencia de que la vida tuvo que evolucionar.[30] Ellos creen que si la vida fue creada, las características de los diferentes organismos estarían arregladas en forma caótica o en un continuo, no en la jerarquía de grupos anidados evidente en la naturaleza. Si pensamos en ese concepto como una hipótesis, ¿cómo podría verificarse? En realidad, declarar cómo un Creador haría las cosas y luego mostrar que la naturaleza está o no diseñada de esa manera depende de la improbable suposición de que podemos decidir cómo es el Creador y cómo actuaría. La naturaleza de la vida es evidencia empírica de que si la vida fue Creada, el Creador usó un plan jerárquico con un sistema anidado (subsistemas) de diseños básicos que fueron modificados para suplir las necesidades de cada subgrupo. No hay razón evidente de por qué un sistema jerárquico de diseño no sería efectivo. La naturaleza jerárquica de la vida es coherente tanto con la teoría de la macroevolución como la intervencionista. No es evidencia a favor o en contra de ninguna de las dos teorías.

La biogeografía

Desde la creación inicial de los animales y las plantas, se ha producido una serie compleja de cambios en su distribución sobre la Tierra. Durante este tiempo han ocurrido cambios evolutivos dentro de los grupos independientes originales. Las especies de pinzones y tortugas de las Islas Galápagos, y los azucareros y cientos de especies de moscas de la fruta en Hawái, evolucionaron a medida que colonizaban una isla tras otra. No se encuentran jirafas en las islas porque no

pueden llegar allí por medios naturales. Dios no puso necesariamente las especies donde están ahora. Una gran parte de los datos biogeográficos tienen la misma explicación en la teoría intervencionista como en la teoría de la macroevolución.

Sin embargo, algunos de los patrones biogeográficos a gran escala se encuentran en una categoría diferente. ¿Por qué casi todos los mamíferos australianos son marsupiales con equivalentes ecológicos a mamíferos como los lobos, los ratones, los conejos y los topos?[31] ¿Por qué once familias de roedores estrechamente emparentados se encuentran solo en América del Sur?[32] ¿Por qué los continentes (por ej., América del Sur y Australia) que son los más alejados e inaccesibles desde el lugar donde se posó el arca bíblica, tienen el mayor número de grupos de mamíferos y aves singulares? Estos son enigmas que presentan desafíos para la teoría intervencionista. Que haya una solución eficaz depende de ciertas suposiciones acerca de la historia de la vida desde que ocurrió la intervención. Es mejor presentar las soluciones sugeridas después de un estudio de la evidencia geológica, así que retornaremos a esta pregunta en el capítulo 16.

El registro fósil

La evidencia biológica no parece ser alentadora para el origen natural de la vida ni para la radiación de la vida a través de la macroevolución. ¿Podemos encontrar evidencias sólidas en las rocas? A pesar de todos los problemas biológicos para la evolución, el registro geológico con sus fósiles ¿provee evidencia convincente de la evolución de las formas vivas a lo largo de las edades? Ahora nos enfocaremos en esta pregunta.

Mucha de la evidencia que examinamos hasta ahora en este capítulo puede interpretarse de diferentes maneras y todavía ser lógicamente consistente. Puede encajar en cualquiera de las dos teorías. Necesitamos un registro histórico que nos diga qué sucedió. Solo dos tipos de fuentes siquiera afirman ser tal registro histórico. El primero consiste en relatos escritos que declaran ser un registro de la historia de la vida. Pero si queremos evaluar lo que la ciencia puede decirnos acerca de la historia, debemos observar la otra fuente: el registro fósil. Este registro es la línea de evidencia científica que, en teoría, podría resolver la cuestión entre las dos teorías. La teoría intervencionista implica las siguientes expectativas del registro fósil: Primero, las criaturas complejas podrían aparecer en las rocas tan abajo como las criaturas simples. No habría necesariamente una secuencia de complejidad ascendente. Si un grupo de organismos no apareciera en las rocas inferiores, sería por alguna razón aparte de la que afirma que ese grupo todavía no había evolucionado. Segundo, no se esperan encontrar series convincentes de

Resumen 12-5

Interpretación de la secuencia de fósiles en el registro de las rocas

Datos

En qué tipo de depósito de rocas se encuentra cada fósil y cuando sea posible, la documentación de relaciones verticales.

Interpretación

La ciencia convencional: **La suposición naturalista *requiere* que las formas fósiles hayan resultado de la evolución de la vida durante el tiempo profundo.**

El intervencionismo: **Esta cosmovisión asume que en general, la secuencia fósil tiene otra causa en lugar de la macroevolución. Pueden producirse excepciones a lo de más arriba, y probablemente existan, para cualquier depósito sedimentario y fósiles que se formaron después (y posiblemente antes) de la catástrofe global.**

eslabones de conexión evolutiva en el registro fósil. Primero evaluaremos la evidencia para una secuencia de organismos simples a complejos.

Los fósiles del Precámbrico no son tan abundantes como los fósiles de las rocas más jóvenes, pero sí forman una secuencia. Los primeros fósiles que aparecen son procariotas unicelulares y luego aparecen los eucariotas unicelulares. Los fósiles de posibles animales multicelulares aparecen primero en la parte superior del Precámbrico (la fauna de Ediacara).[33] Podrían ser animales multicelulares, pero no se consideran ancestrales a los organismos del Cámbrico.[34] Existe un conjunto único y extinto de animales sin lazos claros con otros grupos. Un estudio incluso sugirió que podrían ser líquenes.[35]

El registro fósil (fig. 11.14) desde el Cámbrico hasta el Cenozoico se llama el Fanerozoico —la edad de vida abundante— por buenas razones. Al comienzo del Cámbrico, aparecen repentinamente tantos grupos de animales como fósiles que producen un cambio abrupto en el registro.[36] Esta diversidad extraordinaria de organismos[37] incluye un número de grupos de animales que, desde entonces, se extinguieron.[38] Hasta los primeros vertebrados fósiles aparecen en el Cámbrico.[39] Casi todos los filos de animales invertebrados que tienen un registro fósil aparecen en el Cámbrico Temprano, incluyendo las familiares criaturas de mar como las esponjas, los moluscos, los trilobites, y las estrellas de mar. Esta aparición repentina de tantos filos modernos y filos extintos adicionales en el Cámbrico Temprano, sin antepasados obvios más abajo, se llama la explosión del Cámbrico. Es un desafío explicar este rasgo sorprendente del registro fósil sin la intervención informada.[40] La teoría intervencionista propone que la explosión cámbrica no es un registro de las primeras apariciones de la vida, sino de los primeros enterramientos durante una catástrofe.

¿Hay evidencias que indiquen que estos fósiles tempranos eran más primitivos que las modernas en el sentido de tener una construcción más tosca o simple? No. Por ejemplo, los trilobites son animales únicos que se encuentran solo en el Paleozoico, pero tienen ojos compuestos, patas complejas, y otros caracteres que muestran que son como los artrópodos de hoy.[41] Los primeros artrópodos no son subdesarrollados ni formados toscamente. Más aún, los primeros trilobites deben haber tenido también la misma complejidad bioquímica que las formas vivas modernas.[42] Otros grupos muestran que los caracteres básicos de los filos están presentes al comienzo del registro. La teoría de la macroevolución reconoce que los primeros fósiles en estos filos ya tenían el plan corporal básico que los mismos filos tienen hoy. Un molusco es un molusco a lo largo de todo el registro fósil. En la teoría de la evolución, el término "primitivo" no significa simple o tosco; sencillamente significa animales o estructuras que aparecen más temprano en el registro fósil. No existe tal cosa como un animal construido tosca o con torpeza.

En muchos libros de texto y populares, los árboles filogenéticos se muestran como un árbol completo que llega hasta el comienzo de la vida. Son más interesantes los árboles que muestran qué partes están respaldadas por evidencia fósil y qué partes son hipotéticas. Tales árboles muestran que las conexiones evolutivas entre virtualmente todos los filos y casi todas las clases son solo teóricas. Los científicos no intervencionistas están al tanto de esto. Charles Darwin identificó esto como la mayor debilidad en su teoría. Creía que se encontrarían los intermediarios. Sin embargo, la mayoría de los miles de fósiles que se encuentran caen dentro de los grupos existentes. Al encontrarse más fósiles, se hace más claro que las lagunas o brechas entre los grupos principales de organismos son reales, y que es probable que las secuencias de intermediarios no se encuentren. Esta

evidencia ha hecho que los teóricos evolucionistas busquen nuevas maneras de explicar la evolución de los grupos principales que sean coherentes con la realidad de la falta general de intermediarios fósiles.

La explosión del Cámbrico es sorprendente por otra razón. Si la vida se originó por la macroevolución, parece más razonable esperar que la vida apareciera en primer lugar como unas pocas formas básicas, con mucha especiación dentro de estos pocos grupos. Esperaríamos que los nuevos planes corporales (nuevas clases y filos) no aparecieran rápidamente, sino que gradualmente aparecieran una a una a lo largo del tiempo geológico al diversificarse la vida. El registro fósil muestra lo contrario: esencialmente todas las clases y filos aparecen cerca del comienzo del registro fósil, incluyendo algunos que se han extinguido desde entonces. La mayor diversidad de filos se encuentra al mismo comienzo (fig. 8.10). Esto se explica más fácilmente por medio de la creación de los planes corporales todos de una vez y que el registro fósil se formara después del evento de la creación.

El registro fósil raramente muestra animales que van cambiando con el tiempo (ningún cambio=estasis). Esto es una característica prominente del registro, inesperada por la teoría de la evolución. Típicamente las especies aparecen, y luego permanecen sin cambio por supuestos miles o millones de años, y entonces desaparecen y son reemplazadas por diferentes especies, que luego también permanecen sin cambio.[43]

El registro fósil de las plantas también sorprende por su falta de intermediarios. Esta evidencia concuerda con las expectativas del paradigma de la intervención informada. Los grupos de plantas aparecen más bien repentinamente en las rocas sin eslabones con antepasados. Varios grupos de plantas con flores que aparecen en las rocas del Cretácico son similares a las que existen ahora. No se ha encontrado ningún registro de su evolución. ¿Por qué no ocurren antes del Cretácico? Volveremos a esta pregunta en el capítulo 16.

Los mamíferos son los que tienen el mejor registro fósil de todos los vertebrados. Pero para la mayoría de los órdenes, ningún fósil documenta la evolución a partir de supuestos antepasados. Sin embargo, los vertebrados contienen las principales excepciones a la falta general de intermediarios.

Las rocas del Mesozoico guardan una serie de organismos que pueden interpretarse como una buena secuencia evolutiva desde los reptiles a los mamíferos.[44] Los reptiles terápsidos, algunas veces llamados reptiles mamiferoides, claramente tienen esqueletos de reptil. Los reptiles, incluyendo los terápsidos, tienen algunos huesos que los mamíferos no poseen. También tienen solo un hueso en el oído medio en lugar de los tres que tienen los mamíferos. El hueso articular en la mandíbula inferior de los reptiles se articula con el hueso cuadrado; en los mamíferos, el hueso dentario compone la mandíbula inferior y se articula con el escamoso.

En otros sentidos, los terápsidos no son reptiles típicos. Sus patas tienen una posición cuadrúpeda erguida debajo de su cuerpo como los mamíferos, pero no como otros reptiles del Pérmico. Sus cráneos tienen varios rasgos parecidos a los mamíferos: un paladar secundario separando la boca de la apertura nasal; dientes que se asemejan a los incisivos, caninos y dientes de la mejilla de los mamíferos; y una mandíbula inferior compuesta mayormente por el dentario y los otros huesos reducidos. En depósitos del Triásico, varios grupos simultáneamente muestran rasgos más parecidos a los mamíferos. Unos pocos filos parecen tener remanentes de la articulación articular-cuadrado de la mandíbula de los reptiles y una articulación incipiente dentario escamoso.[45] Algunas formas fósiles parecen mostrar huesos de la mandíbula de los reptiles evolucionando a huesos del oído medio de los mamíferos (fig. 11.16).[46]

Los rasgos de los terápsidos parecidos a los mamíferos son rasgos morfológicos relacionados a un estilo de vida activo con un alto índice metabólico que requería una ingestión mayor de alimentos que otros reptiles. Algunos han especulado que los terápsidos eran de sangre caliente. Los primeros fósiles mamíferos se encuentran en el Triásico. Algunos parecen tener una combinación de características tal, que la elección de llamarlos reptiles o mamíferos se torna arbitraria.[47] La existencia de un grupo de reptiles con características de anatomía y fisiología paralelas a las del estilo de vida activo de los mamíferos no es un problema para la teoría intervencionista, pero el grupo confuso de los fósiles del Triásico con estructuras aparentemente intermedias es un desconcierto. La evolución de reptiles de sangre fría que ponían huevos a mamíferos de sangre caliente que dan a luz crías vivas podría verse como una transición improbable que pudiese lograr la evolución no guiada. Una sugerencia para los huesos del oído es que a lo mejor los mismos genes forman los huesos de la mandíbula inferior o los huesos del oído medio, dependiendo de factores epigenéticos, y en estas formas del Triásico fueron aberraciones epigenéticas.

Otro famoso intermediario es el *Archaeopteryx*, el fósil temprano que parece un buen eslabón entre los reptiles y las aves (fig. 11.15). *Archaeopteryx* no es el equivalente del complejo grupo de terápsidos. Son solo dos especies con varios caracteres estructurales que son diferentes de otras aves. La cola del *Archaeopteryx* tiene un largo esqueleto óseo, tiene dientes, y tiene garras en tres dígitos de su ala. Sin embargo, tiene huesos huecos, está totalmente revestido de plumas, tiene alas bien desarrolladas, y aparentemente podía volar.[48] La existencia de *Archaeopteryx* y de otros fósiles similares, no ayuda a explicar el problema difícil de evolucionar la capacidad de volar.[49] Son un tipo único de criatura, tal vez relacionado a otras aves de la misma manera que los monotremas (ornitorrinco con pico de pato y el equidna espinoso) están relacionados a otros mamíferos. Los monotremas son mamíferos que tienen algunos huesos que normalmente se encuentran en reptiles,

pero no en mamíferos, y ponen huevos. Ya que los monotremas todavía están vivos, podemos estudiar sus tejidos blandos y verificar que son realmente mamíferos y no son antepasados evolutivos adecuados para los demás mamíferos.

Como no hay *Archaeopteryx* vivos, es imposible estar seguros de su verdadero parentesco con los otros pájaros. Se pueden considerar diversas alternativas para la explicación de estos fósiles importantes, aunque no hay pruebas de que son o no aves ancestrales.

Si las supuestas plumas en algunos de los pequeños dinosaurios son reales,[50] esto no es necesariamente evidencia de la evolución de las aves a partir de los reptiles, ya que no sabemos de ninguna razón de por qué algunos dinosaurios no pudieron haber sido creados con plumas como aislante térmico. Una dificultad para la teoría de la evolución de aves a partir de dinosaurios es que el *Archaeopteryx*, un ave que vuela aparece en el Jurásico, mientras que los dinosaurios considerados antepasados de las aves, incluyendo los dinosaurios con plumas, no aparecen hasta el Cretácico, supuestamente 25 millones de años después del *Archaeopteryx*.

Los primeros anfibios tienen muchos caracteres del cráneo en común con los peces ripidistios (crosopterigios), pero no existen las formas intermedias necesarias para ayudar a resolver el problema de llenar el enorme vacío estructural entre los peces con aletas y los anfibios como *Ichthyostega* con una estructura de extremidades plenamente terrestres (fig. 11.17). La evidencia disponible no nos puede decir si las similitudes entre los primeros anfibios y los peces ripidistios fueron el resultado de la evolución o de elementos de diseño común usados en dos grupos diferentes.

El pez fósil *Tiktaalik*, parecido a los tetrápodos, tiene algunas características que son más parecidas a los tetrápodos que a los peces ripidistios y se podría proponer que es un estado intermedio. Sin embargo, un paleontólogo de vertebrados ha declarado que "mientras que *Tiktaalik* ilustra una forma de vida intermedia plausible entre los peces marinos y los anfibios terrestres, la ausencia de osificación de las vértebras, su gran número, y la especialización divergente del miembro anterior sugiere que este género no fue un taxón hermano inmediato de ningún tetrápodo conocido."[51] Además, la estructura de su cuerpo y de las extremidades es todavía claramente la de un pez, y apenas comienza a llenar el enorme vacío estructural entre los peces y los anfibios. La importancia de *Tiktaalik* como un puente hacia los anfibios terrestres se ha cuestionado aún más por el descubrimiento de pisadas de anfibios completamente terrestres en rocas datadas como en veinte millones de años antes de *Tiktaalik*.[52]

Las ballenas arqueocetas fósiles con pequeñas extremidades posteriores son significativamente diferentes a las ballenas vivas, especialmente en sus dientes y la estructura de sus cráneos (fig. 11.18). Las ballenas vivas tienen cráneos singulares, con varios huesos desplazados bien hacia atrás desde su posición normal, para

permitir que los orificios nasales formen el espiráculo en la parte superior del cráneo. Estas diferencias indican que hay dos tipos de ballenas y no indican si los dos grupos evolucionaron o fueron creados. Ciertamente, en el pasado vivió una mayor variedad de ballenas y la presencia de algunas ballenas con extremidades posteriores elimina un obstáculo para la teoría de la macroevolución. Tal vez, originalmente, existía una diversidad de estilos de cuerpos de ballenas creados y los que tenían extremidades posteriores se han extinguido. Todavía queda por explicarse por qué los que tenían extremidades aparecieron primero en el registro fósil.

Existe un grupo de fósiles que se interpreta como una secuencia evolutiva desde antepasados terrestres a ballenas.[53] Este grupo incluye formas terrestres y anfibias, y parecen ocurrir al nivel correcto en el registro fósil como para ser ancestros. Sin embargo, un descubrimiento reciente de una arqueoceta datada en 49 millones de años hace que la más antigua ballena nadadora esté presente tan temprano en el registro como los presuntos ancestros terrestres de ballena.[54] De cualquier modo, si es que las especies terrestres son antepasados de las ballenas es una interpretación y depende de la suposición del naturalismo.

Algunos homínidos parecen intermediarios entre los simios y los humanos (fig. 11.20). Una interpretación es que los humanos evolucionaron de los simios mediante estos intermediarios. Vale la pena investigar también otras hipótesis. Tal vez el hombre de Neanderthal y hasta *Homo erectus* fueron formas degeneradas de humanos, mientras que *Australopithecus* fue otra forma de simio.[55] Existe evidencia de hibridación entre diferentes tipos homínidos, y el análisis de ADN indica que los genomas de la mayoría de los europeos y asiáticos y de algunos otros son del 2 al 5 por ciento provenientes de Neandertales u otros parientes distantes.[56] Una creación bíblica literal indica que los seres humanos no evolucionaron de otros primates, pero todavía no sabemos cuál es la interpretación apropiada para algunos de los fósiles de homínidos.

Estos grupos que parecen como buenos intermediarios son uno de los puntos fuertes a favor de la macroevolución. Sin embargo, la mayoría de ellos tienen otras interpretaciones plausibles siendo la más difícil el grupo de reptiles con forma de mamíferos. Si la macroevolución de plantas y animales ocurrió es desconcertante por qué casi todos esos grupos importantes aparecen en el registro completamente formados sin ningún eslabón evolutivo intermediario que se haya conservado y que se hayan encontrado tan pocos contendientes para una buena serie de intermediarios entre los grupos principales.

La serie de los caballos fósiles podría ser un verdadero ejemplo de microevolución y especiación poscatástrofe. Las diferencias parecen encajar bastante bien con el ámbito de alteraciones relacionadas con el ambiente a través de procesos epigenéticos.

Cuando consideramos la distribución estratigráfica general de los fósiles, muchos grupos no se extienden completamente hacia abajo en el registro fósil (fig. 11.14). Los fósiles del Precámbrico mayormente son organismos unicelulares. A continuación, aparecen en el registro los invertebrados, y más adelante aparecen los peces, luego los anfibios, y en última instancia las aves y los mamíferos. En ese sentido, parece plausible una secuencia de complejidad ascendente. Los mamíferos no aparecen en el registro hasta el Mesozoico, nuestros órdenes modernos conocidos no se encuentran como fósiles hasta recién el Eoceno y pocas especies modernas aparecen antes del Pleistoceno. Hay un orden definido en el cual aparecen en el registro los grupos principales de vertebrados. Este aspecto necesita una explicación. La teoría de la intervención informada, como la define este libro, afirma que los mamíferos existían en el tiempo en que los fósiles del Paleozoico fueron enterrados. Los mamíferos no se enterraron en ese momento por alguna razón y no porque todavía no habían evolucionado.

El registro fósil de los vertebrados es una mezcla heterogénea para la teoría intervencionista. Algunos científicos buscan un nuevo mecanismo de macroevolución que explique la escasez de intermediarios fósiles. El desafío para el paradigma de la intervención informada es encontrar una explicación alternativa para los aparentes intermediarios, para la secuencia de fósiles en las rocas, para el creciente porcentaje de grupos extintos más abajo en el registro fósil y para los patrones a gran escala en los datos biogeográficos. Esto, y no la evidencia biológica, es el mayor desafío para las teorías intervencionistas. Por ahora, se puede proponer simplemente que es aceptable un mecanismo alternativo para la distribución de la mayoría de los fósiles en la secuencia en la cual aparecen. Esta secuencia representa algo diferente que una secuencia evolutiva. Está más relacionada con los procesos de selección y sepultamiento durante eventos catastróficos. Este tema ocupa los últimos capítulos de este libro.

Algunos grupos de vertebrados tienen esqueletos más complejos que otros. Algunos tienen más huesos en el cráneo, por ejemplo, pero los esqueletos de vertebrados más complejos están cerca de la parte inferior y no de la superior del registro fósil (fig. 12.6). Definidamente muestra una tendencia a la reducción en el número de huesos —una simplificación del esqueleto— al ascender en el registro fósil desde los peces óseos a los mamíferos. Tanto la teoría de la macroevolución como la de la intervención pueden sugerir razones plausibles de por qué los mamíferos tendrían esqueletos más simples que los peces o los anfibios del Paleozoico. Pero, en primer lugar, ¿cómo es que los peces tienen esqueletos tan complejos? La teoría de la intervención puede proveer una respuesta a esta pregunta, pero se puede predecir que al aumentar nuestro conocimiento de la vida, las teorías naturalistas cada vez tendrán más problemas con preguntas como esta.

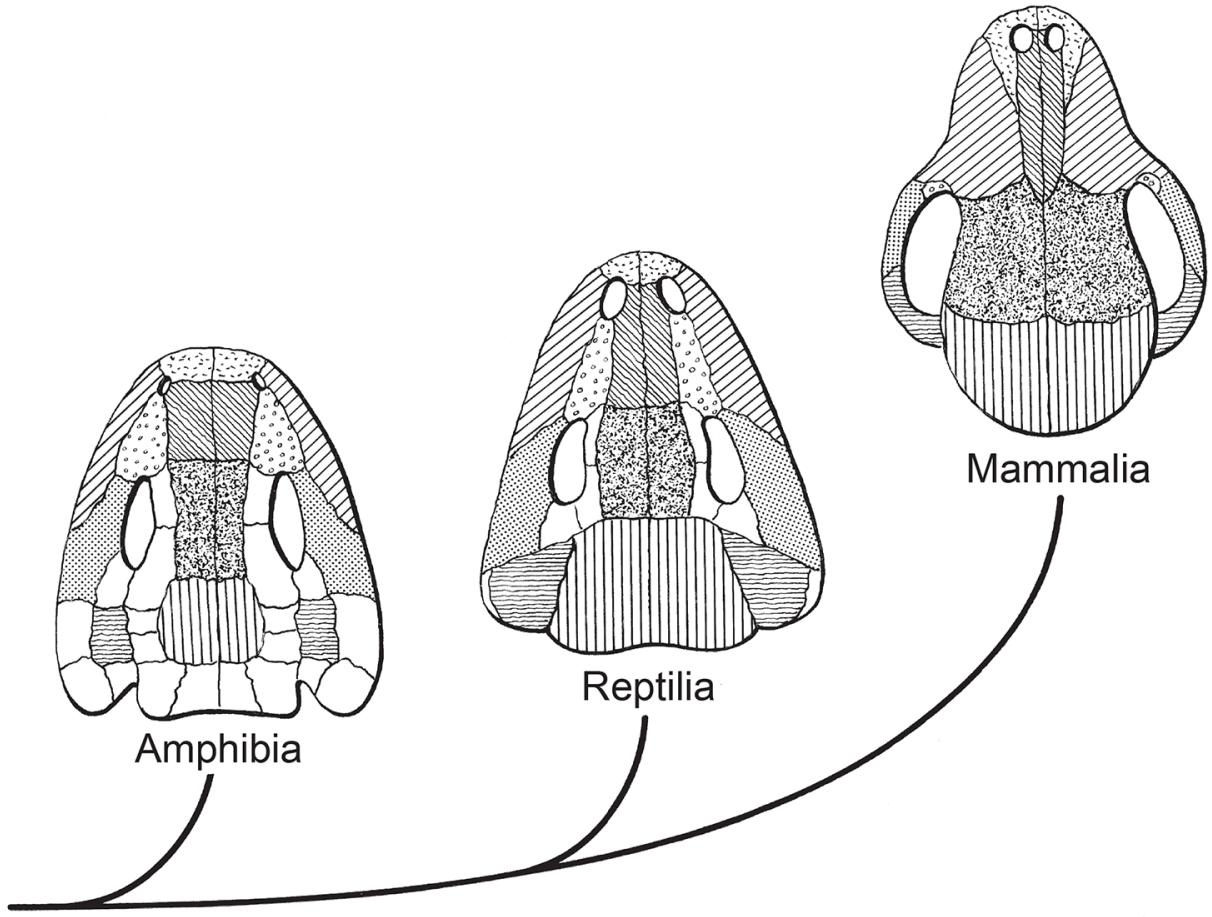


Figura 12.6. Cráneos de varios grupos vertebrados, mostrando una progresiva simplificación de los huesos del cráneo (según Moody 1962). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Dios y la cosmología

Cuando los cosmólogos desarrollaron la hipótesis del Big Bang, creó una considerable controversia entre los científicos porque esto significaba que el universo no existió por siempre, sino que tuvo un comienzo. Un comienzo indica un Dios quien causó el comienzo, y para muchas personas, eso no fue un pensamiento bien recibido. Cuando Dios creó el universo ¿lo hizo de una manera explosiva que nosotros hemos interpretado como el Big Bang? ¿O es que la teoría del Big Bang pasó por alto algo importante? Todavía no sabemos la respuesta. Hasta ahora, los científicos no han provisto respuestas al tema de cómo se pudo originar la sintonía fina del universo sin Dios, ni tampoco han provisto posibles alternativas a la vida basada en el carbono.

El carbono es un elemento muy singular, que forma millones de compuestos estables. El carbono y la vasta inmensidad de tipos de moléculas que puede formar aparentemente es la única base realista para la vida. El silicio ni se le acerca al potencial del carbono, y nadie ni siquiera ha comenzado a describir los detalles de cómo se podría construir una vida basada en el silicio.[57]

La sintonía fina de las leyes de la física es muy difícil de explicar sin un Creador que lo supiera todo quien hubiera inventado esas leyes para proveer al universo como el hogar para vida inteligente.[58] Para muchos científicos, el universo físico y las leyes que lo gobiernan son la realidad última, y la vida simplemente un accidente de la evolución. Pero para el Dios personal de la Biblia, el universo y sus leyes son solo herramientas que albergan un lugar para su realidad última: las relaciones entre los seres vivientes que él creó.

No existe absolutamente ninguna evidencia de universos múltiples, y es una teoría que no se puede verificar, así que ¿por qué siquiera existe esa teoría? La existencia de la teoría de los multiversos ilustra cuán difícil es explicar la sintonía fina del universo sin Dios. Solo hay una razón por la que los científicos siquiera consideren la teoría de los multiuniversos: parece ser la única manera, un intento desesperado, de evitar la necesidad de un Dios Creador. Incluso si existieran universos múltiples, aun así, no contestaría las preguntas sobre de dónde salieron la materia, la energía y las leyes de la naturaleza si Dios no existe.

"No obstante, cuando venga el Hijo del hombre, ¿encontrará fe en la tierra?" (Lucas 18,8, NVI). No mucha fe.

La convergencia de diversas líneas de evidencia

La prestigiosa revista *Nature* publicó una lista de los mejores argumentos a favor de la evolución: "15 gemas evolutivas."[59] Seis eran relevantes a la macroevolución y las otras nueve trataban solo con la microevolución. De las seis, "el origen de las plumas" es desconcertante, siendo que la pluma más antigua es una hermosa y plenamente formada pluma de *Archaeopteryx*. Otra, "el origen del esqueleto vertebrado" es igualmente desconcertante, ya que evolucionar de un invertebrado al esqueleto de un vertebrado en realidad es un serio desafío a la macroevolución. Una tercera, "la microevolución se encuentra con la macroevolución" depende de similitudes entre genomas de organismos modernos, un argumento que descansa sobre la *suposición* de la macroevolución. Esto deja los antepasados terrestres de las ballenas, la transición de los vertebrados desde el agua a la tierra, y la historia evolutiva de los dientes. Estas cuestiones también son afectadas por suposiciones. ¿Son estos en verdad los mejores argumentos que apoyan la macroevolución?

Darwin fue demasiado optimista en su creencia de que muchas líneas de evidencia apuntaban a un origen evolutivo de todas las formas vivientes. Si estamos dispuestos a cuestionar la suposición del naturalismo, podemos reconocer que muchas de sus evidencias tienen otras interpretaciones plausibles y que las nuevas evidencias arrojan presentan desafíos a la viabilidad del proceso macroevolutivo. Las afirmaciones de que "a la evolución siempre le sale bien" están bastante mal informadas. Ambos, la macroevolución naturalista y el intervencionismo, explican algunas observaciones pero también tienen dificultades con algunas evidencias.

---

[1] L.P. Lester, R.G. Bohlin y V.E. Anderson, *The Natural Limits to Biological Change* [*Los límites naturales del cambio biológico*], 2a ed. (Dallas, TX: Probe Books, 1989); S.C. Meyer et al., *Explore Evolution: The Arguments for and against Neo-Darwinism* [*Explora la evolución: Los argumentos a favor y en contra del Neo-darwinismo*] (Melbourne, Australia: Hill House, 2007); S.C. Meyer, *Darwin's Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* [*La duda de Darwin: El origen explosive de la vida animal y el caso a favor del diseño inteligente*] (New York: HarperCollins, 2013).

[2] M. Denton, *Evolution: A Theory in Crisis* [*La evolución: una teoría en crisis*] (Bethesda, MD: Burnett Books, 1985).

[3] Y. Liu et al., "The Hearing Gene Prestin Unites Echolocating Bat and Whales" ["El gen para la audición Prestin une a los murciélagos y las ballenas ecolocadores"], *Current Biology* 20 (2010): 55-56; Y. Liu et al., "Convergent Sequence Evolution between Echolocating Bats and Dolphins" ["Evolución de secuencias convergentes entre los murciélagos y los delfines ecolocadores"], *Current Biology* 20 (2010): 53-54, doi:10.1016/j.cub.2009.11.058.

[4] C. Schwabe, "On the Validity of Molecular Evolution" ["Sobre la validez de la evolución molecular"], *Trends in Biochemical Sciences* 11 (1986): 280-83.

[5] *Ibid*., 281.

[6] *Ibid*., 282.

[7] *Ibid*.; C. Schwabe, "On the Basis of the Studies of the Origins of Life" ["Sobre la base de los estudios del origen de la vida"], *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 15 (1985): 213-16.

[8] S. Scherer, *Typen des Lebens* (Berlin: Pascal-Verlag, 1993): T.C. Wood y M.J. Murray, *Understanding the Pattern of Life: Origins and Organization of the Species* [*Comprendiendo el patrón de la vida: los orígenes y la organización de las especies*] (Nashville, TN: Broadman & Holman, 2003).

[9] Para más información sobre los diferentes planteos sobre el análisis filogenético, ver P.W. Skelton, A.B. Smith y N. Monks, *Cladistics: A Practical Primer on CD-ROM* [*La cladística: Un manual básico práctico en CD-ROM*] (New York: Cambridge University Press, 2002); J. Felsenstein, *Inferring Phylogenies* [*La inferencia de filogenias*] (Sunderland, MA: Sinauer, 2004); P. Lemey, M. Salemi, y A.M Vandamme, *The Phylogenetic Handbook: A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing* [*El manual filogenético: Un abordaje práctico al análisis filogenético y la verificación de hipótesis*] (Cambridge: Cambridge University Press, 2009); E.O. Wiley y B.S. Lieberman, *Phylogenetics: Theory and Practice of Phylogenetic Systematics* [*La filogenética: teoría y práctica de la sistemática filogenética*] (Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2011);. E.O. Wiley et al., *The Compleat Cladist: A Primer of Phylogenetic Procedures* [*El cladista completo: Un manual básico sobre procedimientos filogenéticos*], vol. 19 (Lawrence: University of Kansas Museum of Natural History, 1991).

[10] C. Patterson, "Evolutionism and Creationism" ["Evolucionismo y creacionismo"] (presentación hecha en el American Museum of Natural History, 1991).

[11] R.L. Carroll, "Towards a New Evolutionary Synthesis" ["Hacia una nueva síntesis evolutive"], *Trends in Ecology and Evolution* 15 (2000): 27-32.

[12] *Ibid*.

[13] E. Pennisi, "Haeckel's Embryos: Fraud Rediscovered" ["Los embriones de Haeckel: Un fraude redescubierto"], *Science* 277 (1997): 1435.

[14] K. Wise, "Origin of Life's Major Groups" ["El origen de los grupos principales de la vida"], en *The Creation Hypothesis* [*La hipótesis de la creación*], ed. J.P. Moreland (Downers Grove, IL: Intervarsity Press, 1994), 211-34.

[15] A.S. Romer, *The Vertebrate Body* [*El cuerpo vertebrado*] (Philadelphia: Saunders, 1962).

[16] *Ibid*.

[17] A. Hampe, "La competition entre les éléments osseux du zeugopode de Poulet," *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 8 (1960):241-45.

[18] R. Wiedersheim y G.B. Howes, *The Structure of Man; An Index to His Past History* [*La estructura del hombre: Un índice de su historia pasada*] (London: Macmillan, 1895).

[19] R.R. Bollinger et al., "Biofilms in the Normal Human Large Bowel: Fact Rather Than Fiction" ["Biopelículas en el intestino grueso humano normal: hecho en lugar de ficción"], *Gut* 56 (2007): 1481-82.

[20] R. O'Rahilly y F. Müller, *Human Embryology & Teratology* [*La embriología humana y la teratología*] (New York: Wiley-Liss, 1992), 63.

[21] A.F. Palazzo y T.R. Gregory, "The Case for Junk DNA" ["El caso a favor del ADN basura"], *PLoS Genetics* 10 (2014): e1004351, doi:10.1371/journal.pgen.1004351.

[22] N. Çabej, *Epigenetic Principles of Evolution* [*Principios epigenéticos de la evolución*] (London: Elsevier, 2012).

[23] *Ibid*., 596-608.

[24] Wise, "Origin".

[25] D.J. Futuyma, *Science on Trial: The Case for Evolution* [*La ciencia en juicio: el caso para la evolución*] (New York: Pantheon, 1983), 199.

[26] D.R. Griffin, F.A. Webster, y C.R. Michael, "The Echolocation of Flying Insects by Bats" ["La ecolocación por murciélagos de insectos en vuelo"], *Animal Behaviour* 8 (1960): 141-54.

[27] F.J. Ayala, *Darwin and Intelligent Design* [*Darwin y el diseño inteligente*] (Minneapolis, MN: Fortress, 2006), 34, 86.

[28] K. Franze et al., "Müller Cells Are Living Optical Fibers in the Vertebrate Retina" ["Las células Müller son fibras ópticas vivientes en la retina de los vertebrados"], *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104 (2007): 8287-92.

[29] Futuyma, *Science on Trial,* 127.

[30] *Ibid*.

[31] J.A. Coyne, *Why Evolution is True* [*Por qué la evolución es verdad*] (New York: Viking, 2009), 86-99.

[32] G.B. Corbet y J.E. Hill, *A World List of Mammalian Species* [*Una lista mundial de especies de mamíferos*] (New York: Oxford University Press, 1991); D.E. Wilson y D.M. Reeder, *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference* [*Las especies de mamíferos del mundo: Una referencia taxonómica y geográfica*], 3a ed. (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2005).

[33] Wilson y Reeder, *Mammal Species,* 55-63.

[34] A. Seilacher, "Late Precambrian Metazoa: Preservational or Real Extinctions?" ["Los metazoos del Precámbrico: ¿Extinciones reales o producto de conservación?"], en *Patterns of Change in Earth Evolution,* vol. 5*, Dahlem Workshop Reports: Physical, Chemical, and Earth Sciences Research Reports* [*Patrones de cambio en la evolución de la tierra,* vol. 5, *informes de los talleres Dahlem: informes de investigación física, química y de las ciencias de la tierra*], ed. H.D. Holland y A.F. Trendall (Berlin: Springer, 1984), 159-68; S.J. Gould, *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* [*Vida maravillosa: la lutita de Burgess y la naturaleza de la historia*] (New York: Norton, 1989).

[35] G.J. Retallack, "Were the Ediacaran Fossils Lichens?" ["¿Existieron fósiles de líquenes en Ediacara?"], *Paleobiology* 20 (1994): 523.

[36] J.W. Valentine, "The Biological Explosion at the Precambrian-Cambrian Boundary" ["La explosion biológica en el límite del Precámbrico al Cámbrico"], *Evolutionary Biology* 25 (1991): 279-356; J.S. Levinton, "The Big Bang of Animal Evolution" ["El Big Bang de la evolución animal"], *Scientific American* 267 (1992): 84-91.

[37] S.J. Gould, "Of It, Not above It" ["De él, no arriba de él"], *Nature* 377 (1995): 681-82.

[38] M.J. Benton, *Vertebrate Palaeontology* [*Paleontología de los vertebrados*], 3a ed. (Malden, MA: Blackwell Science, 2005).

[39] D.G. Shu et al., "Lower Cambrian Vertebrates from South China" ["Vertebrados del Cámbrico inferior del sur de China"], *Nature* 402 (1999): 42-46; D.G. Shu et al., "Head and Backbone of the Early Cambrian Vertebrate *Haikouichthys*" ["Cabeza y columna vertebral del vertebrado *Haikouichthys* del Cámbrico temprano"], *Nature* 421 (2003): 526-29; S. Conway Morris y J.B. Caron, "A Primitive Fish from the Cambrian of North America" ["Un pez primitivo del Cámbrico de Norteamérica"], *Nature* 512 (2014): 419-22.

[40] Meyer, *Darwin's Doubt;* Wise, "Origin".

[41] E.N.K. Clarkson, *Invertebrate Palaeontology and Evolution* [*Paleontología y evolución de los invertebrados*], 3a ed. (New York: Chapman & Hall, 1993), 342-62.

[42] A.V. Chadwick y R.F. DeHaan, "The Trilobite: Enigma of Complexity– A Case for Intelligent Design" ["El trilobite: un enigma de complejidad– un caso a favor del diseño inteligente"], *Perspective on Science and Christian Faith* 52 (2000): 233-41.

[43] Por ejemplo, N. Eldredge, "Species, Speciation and the Environment" ["Las especies, la especiación y el medioambiente"], *Actionbioscience* (2000), http://www.actionbioscience.org/evolution/eldredge.html; N. Eldredge et al., "The Dynamics of Evolutionary Stasis" ["La dinámica de la estasis evolutiva"], *Paleobiology* 31 (2005): 133-45; D.J. Siveter et al., "An Ostracode Crustacean with Soft Parts from the Lower Silurian" ["Un crustáceo ostrácodo con partes blandas del Silúrico inferior"], *Science* 302 (2003): 1749-51; R.J. Garwood, J.A. Dunlop, G. Giribet, y M.D. Sutton, "Anatomically Modern Carboniferous Harvestmen Demonstrate Early Cladogenesis and Stasis in Opiliones" ["Cosechadoras anatómicamente modernas del Carbonífero demuestran cladogenesis temprana y estasis en Opiliones"], *Nature Communications* 2 (2011): 444, doi:10.1038/ncomms1458.

[44] J.A. Hopson, "Synapsid Evolution and Radiation of Noneutherian Mammals" ["La evolución sinápsida y la radiación de mamíferos no-euterios"], en *Major Features of Vertebrate Evolution* [*Rasgos principales de la evolución de los vertebrados*], ed. R.M. Schoch y D.R. Prothero (Knoxville, TN: Paleontological Society, 1994), 190-219.

[45] J.A. Lillegraven, Z. Kielan-Jaworowska, y W.A. Clemens, *Mesozoic Mammals: The First Two-Thirds of Mammalian History* [*Los mamíferos del Mesozoico: los primeros dos-tercios de la historia de los mamíferos*] (Berkeley: University of California Press, 1979); R.L. Carroll, *Vertebrate Paleontology and Evolution* [*Paleontología y evolución de los vertebrados*] (New York: Freeman, 1988), cap. 17.

[46] Z.X. Luo et al., "A New Eutriconodont Mammal and Evolutionary Development in Early Mammals" ["Un nuevo mamífero eutriconodonte y el desarrollo evolutivo en los mamíferos tempranos"], *Nature* 446 (2007): 288-93.

[47] Lillegraven, Kielan-Jaworowska, y Clemens, *Mesozoic Mammals;* Carroll, *Vertebrate Paleontology and Evolution.*

[48] A. Feduccia y H.B. Tordoff, "Feathers of *Archaeopteryx:* Symmetric Vanes Indicate Aerodynamic Function" ["Las plumas de *Archaeopteryx*: las barbas simétricas indican una función aerodinámica"], *Science* 203 (1979): 1021-22; S.L. Olson y A. Feduccia, "Flight Capability and the Pectoral Girdle of *Archaeopteryx*" ["La capacidad de vuelo y la cintura pectoral de *Archaeopteryx*"], *Nature* 278 (1979): 247-48.

[49] E. Callaway, "Rival Species Recast Significance of 'First Bird'" ["Especies rivales cambian el significado de la 'Primera Ave'"], *Nature* 516 (2014): 18-19.

[50] A.J. Martin, *Introduction to the Study of Dinosaurs* [*Introducción al estudio de los dinosaurios*] (Malden, MA: Blackwell Science, 2001), 249; M. Norrell et al., "Palaeontology: 'Modern' Feathers on a Non-avian Dinosaur" ["Paleontología: plumas 'modernas' en un dinosaurio no aviar"], *Nature* 416 (2002): 36-37; F. Zhang y Z. Zhou, "Leg Feathers in an Early Cretaceous Bird" ["Plumas de patas en un ave del Cretácico Temprano"], *Nature* 431 (2004): 925; D.K. Zelenitsky et al., "Feathered Non-avian Dinosaurs from North America Provide Insight into Wing Origins" ["Dinosaurios de Norteamérica no aviares con plumas proveen revelaciones sobre los orígenes de las alas"], *Science* 338 (2012): 510-14; J. Qiang et al., "A New Oviraptorosaur from the Yixian Formation of Jianchang, Wetern Liaoning Province, China" ["Un nuevo Oviraptorosaurio de la Formación Yixian de Jianchang, oeste de la provincia de Liaoning, China"], *Geological Bulletin of China* 31 (2012): 2102-7; G. Han et al., "A New Raptorial Dinosaur with Exceptionally Long Feathering Provides Insights into Dromaeosaurid Flight Performance" ["Un nuevo dinosaurio raptor con un plumaje excepcionalmente largo brinda revelaciones sobre el desempeño del vuelo en Dromaeosauridos"], *Nature Communications* 5 (2014): 4382.

[51] R.L. Carroll, *The Rise of Amphibians: 365 Million Years of Evolution* [*El surgimiento de los anfibios: 365 millones de años de evolución*] (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2009).

[52] R. Dalton, "Discovery Pushes Back Date of First Four-Legged Animal" ["Un descubrimiento empuja hacia atrás la edad del primer animal de cuatro patas"], *Nature News,* Enero 6, 2010, doi:10.1038/news.2010.1; G. Niedzwiedski et al., "Tetrapod Trackways from the Early Middle Devonian Period of Poland" ["Rastros de tetrápodos del período Devónico Medio Temprano de Polonia"], *Nature* 17 (2010): 43.

[53] C. de Muizon, "Walking with Whales" ["Caminando con las ballenas"], *Nature* 413 (2001): 259-60; J.G.M. Thewissen y S. Bajpai, "Whale Origins as a Poster Child for Macroevolution" ["El origen de las ballenas como un símbolo de la macroevolución"], *BioScience* 51 (2001): 1037-49; K. Wong, "The Mammals That Conquered the Seas" ["Los mamíferos que conquistaron los mares"], *Scientific American* 286 (2002): 70-79; J.G.M. Thewissen, *The Walking Whales: From Land to Water in Eight Million Years* [*Las ballenas caminantes: De la tierra al agua en ocho millones de años*] (Berkeley: University of California Press, 2014).

[54] M. Buono et al., "Un arqueoceto (Cetacea: Archaeoceti) del Eoceno temprano tardío de Isla Marambio (Formación La Meseta), Antártida" (*trabajo presentado en el IV Congreso Lantinoamericano de Paleontología de los Vertebrados*, San Juan, Argentina, Septiembre 21-24, 2011).

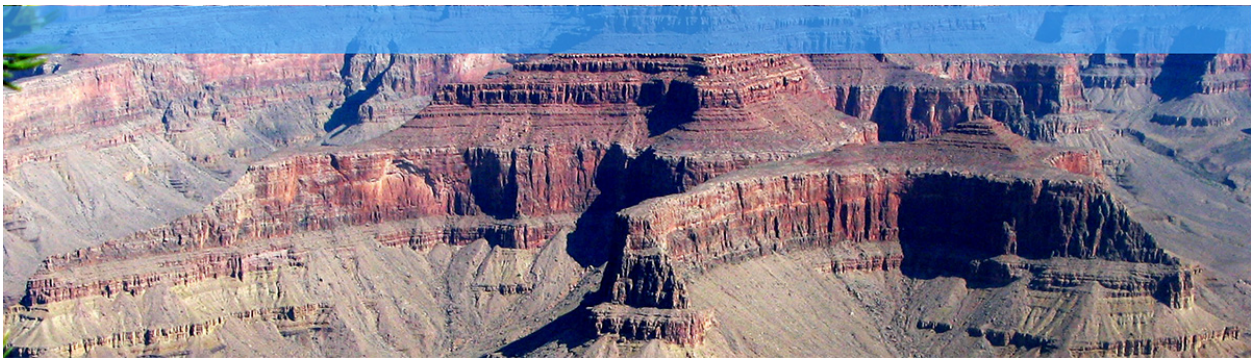
[55] Para un análisis de fósiles humanos, ver M.L. Lubenow, *Bones of Contention: A Creationist Assessment of the Human Fossils* [*Huesos de discordia: Una evaluación creacionista de los fósiles humanos*] (Grand Rapids, MI: Baker Book House, 1992); M. Kuhlwilm et al., "Ancient Gene Flow from Early Modern Humans into Eastern Neanderthals" [Antiguo flujo genético desde humanos modernos tempranos hacia los Neandertales del este"], *Nature* 530 (Febrero 2016): 429-33, doi:10.1038/nature16544.

[56] E. Callaway, "Neanderthals Had Outsize Effect on Human Biology" ["Los neandertales tuvieron un efecto muy grande en la biología humana"], *Nature* 523 (2015): 512-13, doi:10.1038/523512a; Q. Fu, "An Early Modern Human from Romania with a Recent Neanderthal Ancestor" ["Un humano moderno temprano de Rumania con un reciente antepasado Neandertal"], *Nature* 524 (2015)" 216-19, doi:10.1038/nature14558.

[57] M. Denton, *Nature's Destiny: How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* [*El destino de la naturaleza: cómo las leyes de la biología revelan propósito en el universe*] (New York: Free Press, 1998).

[58] G. Gonzalez y J.W. Richards, *The Privileged Planet: How Our Place in the Cosmos Is Designed for Discovery* [*El planeta privilegiado: cómo nuestro lugar en el cosmos está diseñado para el descubrimiento*] (Washington, D.C.: Regnery, 2004).

[59] H.R. Gee, R. Howlett, y P. Campbell, "15 Evolutionary Gems" ["15 gemas evolutivas"], *Nature,* Enero 2009, doi:10.1038/nature07740.



Capítulo 13

La sociobiología y el comportamiento altruista

Reseña

Mientras intenta explicar la conducta animal, la evolución tiene un problema con el comportamiento altruista (comportamiento que beneficia a otro organismo mientras posiblemente se pone en peligro a sí mismo); la selección natural no debería permitir que el altruismo evolucione. La teoría de la sociobiología fue propuesta como una solución a este problema. De acuerdo con la sociobiología, si los individuos parecen ayudar a otros individuos a costa de sí mismos, solo lo hacen cuando aquellos que son ayudados son familiares cercanos (selección por parentesco), quienes pueden pasar los genes que comparte con el que está ayudando. Siendo que los genes de los ayudantes se pasan a los descendientes porque se salvó un pariente, el resultado en realidad favorece al ayudante, y por lo tanto no es altruista. En el mundo animal se ven evidencias de ello. La teoría también se aplica a los seres humanos, y se ha usado para justificar la conducta inmoral. Incluso la violación se ve como otra estrategia para pasar sus propios genes. Estas conclusiones dependen de la suposición que los humanos y otros animales evolucionaron de antepasados comunes, pero la sociobiología no provee evidencia de esa evolución. A lo mejor las mutaciones luego de que los humanos cayeron en el pecado favorecieron el lado más egoísta de nuestra naturaleza, pero el cristianismo ofrece una solución, cuando buscamos el apoyo divino para ser más parecidos a Jesucristo.

Comportamiento animal y la evolución

La teoría de la sociobiología, que es la teoría de la evolución aplicada al comportamiento, se desarrolló cuando los científicos buscaron una explicación evolucionista más adecuada para todas las formas de comportamiento social de los humanos y los animales. En los capítulos 8 y 9, discutimos el proceso por medio del cual la mutación, la recombinación y la selección natural pueden introducir un nuevo rasgo en una población. Por ejemplo, una variación en el color podría hacer que un animal esté mejor camuflado. Si los individuos con el nuevo color sobreviven y se reproducen con más éxito, la nueva variante de color se haría más común en la población. El impacto sobre la nueva generación se determina únicamente por cuántas crías se reproducen que tienen el gen del nuevo color. La habilidad de los organismos para reproducirse con éxito se describe en términos de "aptitud". Los individuos que producen las crías que tienen más éxito en reproducirse, tienen la mayor aptitud evolutiva.

Se puede visualizar cómo funciona esto en el caso de los caracteres morfológicos como por ejemplo la selección entre variaciones de color (mejora del camuflaje), entre individuos que difieren en tamaño o fuerza (habilidad de encontrar alimento y defenderse de los enemigos) o en velocidad (habilidad de escaparse). ¿Podría el mismo proceso explicar los cambios evolutivos en el comportamiento? ¿Podría explicar por qué algunas especies tienen sistemas de apareamiento monógamos y algunas son promiscuas? O, ¿por qué algunas especies dependen más de la comunicación vocal y otras de la comunicación química? R.F. Ewer resumió el desafío con su declaración de que "a menos que los mecanismos que producen el comportamiento puedan ser explicados en términos de la selección natural que opera de manera ortodoxa, nos veremos forzados a postular la creación especial o algún proceso místico-mágico desconocido".[1] En muchos casos, se podrían sugerir explicaciones microevolutivas convincentes para los orígenes de las conductas. Sin embargo, el tratar de explicar el comportamiento altruista continúa siendo un problema. El acto altruista es cualquier comportamiento que beneficia a otro individuo a costa del que practica la conducta. Un razonamiento darwinista parece predecir que un animal competirá para sobrevivir en lugar de actuar con abnegación hacia otros individuos, especialmente si ese acto pone en peligro su propia aptitud.

Una ardilla de tierra que da una llamada de alarma cuando aparece un halcón advierte a las demás para que se escondan, pero también llama la atención a sí misma y puede incluso aumentar las posibilidades de que el halcón la atrape. En términos evolutivos, una ardilla que es propensa a hacer llamadas de alarma puede reducir su propia aptitud porque reduce la probabilidad de sobrevivir para reproducirse. Una ardilla cuyos genes la predisponen a hacer trampa,

beneficiándose de las llamadas de alarma de otros pero no haciendo llamadas ella misma, parecería ser la que tiene mayores posibilidades de reproducirse con éxito, y así tener la mayor aptitud.

Algunas especies de aves, como el arrendajo de los matorrales de Florida o los abejarucos africanos, tienen nidos donde los padres los cuidan con la colaboración de uno o más adultos "ayudantes en el nido". ¿Por qué uno de estos ayudantes habría de reducir su propia aptitud para ayudar a otros pájaros a criar a sus vástagos, antes que criar los suyos que llevarán sus propios genes? ¿Puede la teoría de la evolución explicar esto?

Muchos que aceptan alguna forma de creación de Dios consideran que la creación de la humanidad y la moralidad son actos especiales y separados de otros actos de creación. Por lo tanto, un intervencionista está tentado simplemente a pasar por alto cualquier mecanismo evolutivo propuesto para explicar las conductas altruistas. Sin embargo, aun los intervencionistas tienen que explicar por qué procesos evolutivos luego del evento de la creación parecen haber eliminado muchas conductas altruistas. Por consiguiente, la pregunta en relación con el altruismo en los animales es esencialmente la misma para todos, no importa qué filosofía sea el punto de partida.

La sociobiología propone una respuesta al altruismo

En 1975, Edward O. Wilson, profesor de entomología de Harvard, publicó *Sociobiology: The New Synthesis* [*Sociobiología: la nueva síntesis*].[2] Desarrolló un nuevo paradigma que definió como "el estudio sistemático de la base biológica para todo comportamiento social… una rama de la biología evolutiva y, particularmente, de la moderna biología de las poblaciones".[3] Este paradigma produjo mucha controversia, pero en general, buena parte de él fue aceptado.

En su libro *Sociobiología,* Wilson afirma haber resuelto el problema del altruismo. Una piedra angular de la teoría sociobiológica es el concepto de la aptitud inclusiva, que se refiere a la tasa en que los descendientes de un animal y los descendientes de sus parientes más cercanos se crían con éxito y se reproducen. Mientras que la aptitud es el índice de éxito de un animal en pasar sus genes a su propia cría, la aptitud inclusiva es la tasa de éxito en pasar los genes directamente a sus propias crías e indirectamente a las crías de sus parientes cercanos, porque estos parientes tienen muchos de esos genes. En promedio, dos hermanas comparten el cincuenta por ciento de sus genes. Si una hermana ayuda a la otra a criar con éxito sus hijos hasta la edad reproductiva, ella ayuda a pasar muchos genes que ella comparte con sus sobrinos y sobrinas, aumentando de este modo su aptitud inclusiva.

La teoría sociobiológica predice que, a causa de este hecho de compartir genes entre parientes, la conducta altruista solo debería existir en situaciones en las que el individuo "altruista" en realidad aumentará su aptitud inclusiva por medio de ese comportamiento. Se dice que el biólogo J.B.S. Haldane alguna vez dijo que daría su vida por dos hermanos u ocho primos. La razón de ello es que, en promedio, los hermanos comparten la mitad de sus genes y los primos hermanos comparten un octavo de sus genes. Si Haldane moría por un hermano (y de ese modo eliminaba su propia posibilidad de reproducirse), su hermano solo podría pasar la mitad de los genes que J.B.S. Haldane mismo podría haber pasado. Sin embargo, si él moría para salvar a dos hermanos, estadísticamente saldría igualado[4].

Si aplicamos esto a las ardillas y sus llamados de alarma, la teoría sociobiológica predice que es más probable que las ardillas den llamadas de alarma cuando están rodeadas por muchos parientes cercanos. De ese modo, las ardillas que se benefician por las llamadas comparten muchos genes con el que llama, aumentando así la aptitud inclusiva del que hace la llamada. Las investigaciones demostraron que esto es verdad. Cuando las ardillas jóvenes llegan a la madurez, los machos se dispersan hasta lugares distantes antes de establecerse y elegir un territorio. Las hembras jóvenes no se dispersan. Eligen territorios cerca de la casa. En consecuencia, las hembras tienen muchos parientes cercanos que viven cerca, pero los machos no. Justo como lo predice la teoría, son las hembras las que hacen llamadas de alarma. Cuando llama una hembra, muchas de las ardillas que reciben su ayuda son parientes que comparten sus genes. Aun si es atrapada por el depredador, sus parientes que corrieron a esconderse pasarán sus genes que le hicieron dar su llamada de alarma.[5] En esta situación, la selección natural se llama selección por parentesco. Los parientes cercanos comparten los rasgos favorables y una familia que ayuda a sus miembros a sobrevivir tendrá más éxito reproductivo que otras familias. Sus rasgos de conducta son los que se harán más comunes.

Los procesos de mutación y selección de parentesco y sus efectos sobre la aptitud inclusiva son los elementos del mecanismo por medio del cual la sociobiología propone explicar el origen del altruismo y de todas las demás conductas sociales. La teoría sociobiológica dice que el foco central de la vida es el éxito reproductivo. Los animales son "máquinas sexuales"[6] cuya función es pasar los genes favorables que aumentarán la aptitud inclusiva de sus crías.

El proceso evolutivo no tiene lugar para las acciones desinteresadas que ayudan a alguien que no es pariente a expensas del que realiza la acción. Así que, un corolario de la teoría sociobiológica es que no hay tal cosa como un comportamiento verdaderamente altruista. Algunas aparentes excepciones a esto se explican como "altruismo recíproco" —hoy por ti y mañana por mí. Por ejemplo, un babuino oliva macho pedirá ayuda de un macho no emparentado en una

interacción agresiva contra un tercer macho. A menudo ocurre que en otra ocasión los papeles se revierten y el que solicitaba originalmente, ayuda al mismo compañero que ahora es el que solicita.[7]

¿Puede la sociobiología explicar los ayudantes en el nido? La selección de parentesco pronosticaría que el nido de un pájaro solo tiene ayudantes adultos, que no son los padres, cuando la aptitud inclusive del ayudante es mayor por ayudar a sus parientes que por tratar de criar a su propia prole. La investigación ha confirmado que esto es correcto,[8] y que los ayudantes son parientes cercanos, generalmente crías de una camada anterior. Estos ayudantes no pueden conseguir territorios propios o son demasiado inexpertos para tener éxito en criar a sus propios hijos. Hasta que están listos para hacerlo, su aptitud inclusiva será mayor si ayudan a criar a sus parientes que comparten muchos de sus genes.

Las estrategias del comportamiento

Al competir los animales entre sí por recursos tales como el alimento, espacio para vivir o pareja, se podrían emplear varias estrategias de comportamiento. La aplicación de la teoría sociobiológica sugiere maneras de predecir qué estrategia será la más efectiva en diferentes situaciones. Por ejemplo, dos competidores podrían pelear simplemente y el ganador de la pelea llevarse el recurso. Podrían emplear algún tipo de estrategia convencional (batalla simbólica), como una estereotipada pulseada, que indica qué animal es más fuerte o más agresivo sin el riesgo de que alguien se lastime. La teoría del juego y los principios de la sociobiología pueden usarse para predecir los beneficios de cada estrategia.[9] Se espera, en general, que la selección natural favorezca las estrategias convencionales por encima de una "guerra" sin cuartel en los conflictos animales.[10] Se pueden ver muchos ejemplos de esto en la naturaleza.[11] Los machos de la serpiente de cascabel no se muerden uno al otro sino que luchan uno con otro, y el ganador es que puede sujetar la cabeza del otro contra el suelo con su propio cuerpo. Las lagartijas de lava "luchan" pegándose unas a otras con sus colas y las iguanas marinas se embisten con la cabeza y se empujan una a otra hacia atrás. Los ciervos y los antílopes tienen cornamentas o cuernos potencialmente letales, pero cuando los machos luchan por las parejas no tratan de atravesarse con los mismos unos a otros. Embisten sus cabezas y luchan de maneras que, por lo general, no les causan daños serios.[12] Comúnmente, los animales también comunican la naturaleza de su estado agresivo a otros individuos de sus especies, aparentemente para permitir que el otro individuo responda apropiadamente, reduciendo de ese modo la cantidad de lucha.[13]

Las investigaciones hechas bajo la orientación de la teoría sociobiológica han llevado a los etólogos (los científicos que estudian la conducta natural de animales salvajes) a reconocer el papel de algunas conductas animales que previamente se consideraban solo anomalías extrañas. Por ejemplo, un león africano macho a veces mata a todos los bebés de su manada. Esto sucede cuando ocurre una batalla entre machos y el líder de la manada es depuesto. El nuevo macho dominante generalmente mata a todos los jóvenes, las crías de su rival depuesto. En consecuencia, puede aparearse y producir sus propias crías mucho más rápidamente que si las hembras estuvieran ocupadas con las crías de su antiguo rival.[14] También se sabe que ocurre tal infanticidio en una variedad de mono de la India (de Hanuman), los gorilas de las montañas, los chimpancés, los perros salvajes africanos y también en roedores.[15]

Las implicaciones para la conducta humana

La sociobiología se ha convertido en la síntesis predominante en el estudio del comportamiento animal y ha tenido mucho éxito. Aparentemente, el razonamiento sociobiológico, a menudo, provee predicciones científicas útiles y verificables en estudios del comportamiento animal. ¿Cuáles son las implicaciones para el comportamiento humano?

La afirmación básica de la sociobiología es que los rasgos del comportamiento humano no son el resultado de una creación especial. Se han desarrollado a través de la evolución desde antepasados no humanos. Se adquiere un aumento de aptitud inclusiva al aumentar la reproducción de uno mismo o de parientes cercanos. En consecuencia, según la sociobiología, el éxito reproductivo es el factor dominante que determina las tendencias del comportamiento humano. Aunque pensemos que somos seres morales, racionales, nuestra conducta está más programada de lo que pensamos. En otras palabras, “los sociobiólogos alegan, fuimos diseñados para ser máquinas reproductivas”.[16]

Muchos cristianos creen que se le ha dado a la humanidad un conjunto de reglas morales para la conducta sexual. Estas reglas nos dicen lo que es correcto o beneficioso y lo que está mal y debería evitarse simplemente porque es perjudicial para las relaciones humanas o dañino para nosotros mismos u otros. La sociobiología dice que no hay conductas moralmente buenas o malas. Nuestro comportamiento es el resultado de las presiones de selección que nos han creado. Duncan Anderson resume el concepto de esta manera: “El tipo de hombre que deja más descendientes es aquel que corta sus costos reproductivos en todos los flancos, al observar de cerca a su pareja y asegurándose que no tiene rivales; apoyando a su pareja, si parece que todos sus hijos fueron engendrados por él; y uniéndose a otras

mujeres —esposas adicionales, mujeres solteras, esposas de otros hombres— toda vez que surja una oportunidad segura".[17] Algunos investigadores sugieren que para facilitar el adulterio, la evolución ha programado a los seres humanos de modo que los bebés no se asemejen tanto a sus padres.[18]

La sociobiología: una alternativa para la religión

En la teoría sociobiológica, no existe la conducta buena o mala en el sentido moral sino tan solo diversas estrategias del comportamiento con efectos sobre la aptitud inclusiva. Se podría decir que la sociobiología es la respuesta naturalista al sistema de los valores cristianos. "Wilson desafía abiertamente la fe cristiana al ofrecer un sistema de creencias sustituto basado sobre el materialismo científico".[19] Wilson cree que la humanidad tiene una tendencia innata hacia la creencia religiosa porque, en el pasado, le confería una ventaja de adaptación. También cree que el contenido de la fe religiosa es falso y que deberíamos reemplazarlo por una mitología más correcta.[20] "Ese instinto creador de mitos (es decir, la tendencia hacia una creencia religiosa) puede emplearse para el conocimiento y la búsqueda racional del progreso humano si finalmente admitimos que el materialismo científico es en sí mismo una mitología definida en el sentido noble".[21] Nos insta a "no cometer errores respecto del poder del materialismo científico. Presenta a la mente humana una mitología alternativa que hasta ahora siempre ha derrotado a la religión tradicional, punto por punto, en las zonas de conflicto".[22]

Wilson no niega que la religión y la moral tengan valor. Cree que pueden fomentar el altruismo recíproco desalentando el engaño. Pero cree que la ciencia debería determinar los valores morales, porque la ciencia ofrece la "posibilidad de explicar la religión tradicional a través de los modelos mecanicistas de la biología evolutiva… Si la religión, incluyendo las ideologías dogmáticas seculares, se pueden analizar y explicar sistemáticamente como un producto de la evolución del cerebro, su poder como fuente externa de moralidad desaparecerá para siempre.[23] Wilson siente que nuestras ideas sobre la moralidad sexual deberían ser más liberales. Basa esta conclusión en un estudio sobre la conducta de nuestros supuestos antepasados no humanos y en sus convicciones de que las leyes morales del cristianismo no provienen de Dios. Aparentemente, estas opiniones se basan en su conclusión de que con una investigación continuada "veremos con mayor claridad que el dios biológico no existe y que el materialismo científico provee la percepción de la condición humana más cercana a lo correcto".[24]

¿Está en lo correcto la sociobiología?

¿Hasta qué punto los partidarios de la sociobiología están en lo correcto? Para abordar esta pregunta, se pueden aislar y considerar varios conceptos diferentes.

El propuesto origen naturalista de los grupos superiores de organismos, incluido el origen de la humanidad y del cerebro humano. La teoría sociobiológica, como la propone Wilson, se construye sobre la premisa de que todos los organismos descienden por evolución naturalista de un antepasado común. Sin embargo, la sociobiología no provee evidencias de esa descendencia evolutiva. Simplemente da por sentado el origen evolucionista naturalista de los animales y desarrolla hipótesis y explicaciones para los cambios del comportamiento basados en esa suposición.

La selección de parentesco y la evolución de la conducta, al nivel de especies o géneros de animales. La ardilla de tierra hembra que hace llamadas de alarma, los pájaros ayudantes en el nido y una hueste de otros ejemplos ciertamente concuerdan muy bien con la teoría.[25] Queda por verse si investigaciones futuras continuarán sosteniéndola. Tarde en su carrera, Wilson (controversialmente) abandonó su apoyo de la selección por parentesco, creyendo que en su lugar la selección de grupo (selección que opera al nivel de la comunidad en lugar de al nivel del individuo) es donde funciona la sociobiología.[26] Pero con las mutaciones que causan daños fortuitos a los genes que influyen sobre el comportamiento, parece muy probable que las conductas no respaldadas por algún tipo de proceso de selección con el tiempo se debilitarían o eliminarían, a lo mejor por procesos epigenéticos.

La selección de parentesco y su influencia genética sobre el comportamiento humano. Aparte de la cuestión de si la humanidad es el resultado de la evolución, uno puede preguntarse si la conducta humana está controlada por los genes, como lo afirma la sociobiología o determinada mayormente por la cultura (es decir, aprendida más que heredada). Este debate continúa en pleno vigor desde (y antes) que fuera introducida la sociobiología. De hecho, Wilson reconoce que la cultura es un componente importante de la conducta humana, pero mantiene que otros temas importantes del comportamiento de los primates también están presentes en los humanos a través de la herencia.[27] Otros discrepan. Ese grupo incluye científicos que creen que la sociobiología de Wilson va demasiado lejos al presuponer un determinismo biológico. Tal vez la persona más ampliamente conocida que desafió el determinismo biológico fue Stephen J. Gould, un colega de Wilson en Harvard. Gould elogió la mayor parte de la

sociobiología de Wilson, pero rechazó lo que él vio como determinismo biológico en humanos. Gould y otros argumentaron que no hay evidencia de que genes específicos determinen la conducta humana, y creen que la teoría sobre la existencia de tales genes no se puede comprobar.[28]

Algunos otros llevan el concepto del control genético de la conducta humana aún más lejos de lo que lo hace Wilson.[29]

Uno debe reconocer que sí existe evidencia de control genético del comportamiento en animales no humanos.[30] Esos cambios podrían ser cambios epigenéticos en lugar de cambios en el ADN.[31]

Por consiguiente, aunque gran parte del comportamiento humano parece ser modificable por la cultura, debemos considerar la posibilidad de que exista en los humanos un importante control genético de las tendencias de la conducta. Si tal control existe, muy posiblemente podríamos deducir, incluso con certeza, que las mutaciones podrían alterar ese comportamiento. Si ocurre un daño genético fortuito en los genes, sería difícil escapar a la conclusión de que algunas conductas humanas pueden ser alteradas o eliminadas por mutaciones y estarían sujetas al proceso de selección natural, incluyendo la selección de parentesco. ¿Significa eso que las explicaciones sociobiológicas del comportamiento humano son correctas? ¿Qué dice eso sobre la moralidad?

Algunos sociobiólogos recalcan que la sociobiología no trata de indicar cómo debería ser nuestro comportamiento,[32] pero otros escritores sí afirman que la sociobiología determina lo que deberíamos hacer. El psicólogo Robert Plutchik recomendó que las emociones humanas se entienden mejor en el contexto de la historia de nuestra evolución a partir de otros animales y aseveró que este punto de vista sobre las emociones beneficiará la práctica clínica de la psicología.[33] Algunos libros de texto de ética explícitamente basan sus sistemas de ética sobre los principios de la sociobiología.[34] Alexander concluye que la conciencia es "la apacible y suave voz que nos dice hasta dónde podemos llegar sin incurrir en riesgos intolerables. Nos dice que no debemos evitar el engaño, pero sí cómo podemos engañar socialmente sin que nos atrapen". [35]

Para los cristianos, los conceptos de bien y mal se entienden como un código moral dado a la humanidad. Los diez mandamientos y las enseñanzas de Cristo ofrecen una norma para el comportamiento humano. Está claro que los humanos no siguen muy bien esa norma. El apóstol Pablo lamenta: "De hecho, no hago el bien que quiero, sino el mal que no quiero" (Romanos 7,19, NVI). Tal vez hemos caído tan lejos de nuestra condición creada original no solo por las tentaciones que nos llevan a pecar sino también en parte a causa de las mutaciones que han afectado nuestro comportamiento. Tal vez tanto los humanos como los animales no humanos fueron creados con comportamientos bien equilibrados pero también con morfologías que, desde entonces, han experimentado generaciones de cambios

operados por las mutaciones o influencias epigenéticas y la selección natural. Como resultado, parte del carácter humano refleja ese cambio y esto acentúa el lado egoísta de la naturaleza humana.

El punto de vista presentado aquí difiere del pensamiento evolucionista actual al proponer que el proceso básico de selección de parentesco y su efecto sobre la aptitud inclusiva ha obrado solo dentro de los humanos y dentro de otros grupos creados de organismos. No ha llevado las conductas de un grupo a otro, ya que estos grupos no han evolucionado de antepasados comunes (este concepto se desarrolla más en el capítulo 10). Los cristianos también aceptan por fe (y por un razonamiento que por lo menos es lógico, aunque no sea verificable científicamente) que la humanidad no está determinada biológicamente, sino que tiene una medida de libre albedrío para buscar de Dios la capacidad para actuar de maneras que son verdaderamente altruistas y no tan solo el resultado de modificación de los genes y la determinación biológica.

¿Existe el altruismo genuino en los humanos? Observaciones de comportamientos humanos hacen difícil creer que algunas conductas no sean realmente altruistas, porque se han documentado abundantes ejemplos de altruismo humano.[36]

Una visión intervencionista de la sociobiología

Según la teoría intervencionista, los animales originales tenían el más alto nivel de complejidad en su comportamiento, y las interacciones interespecíficas e intraespecíficas entre los organismos estaban más a punto y eran más armoniosas al comienzo de la vida sobre la Tierra. Los conflictos potenciales entre los animales sobre la división del territorio y otros recursos originalmente se resolvían mediante despliegues convencionales no-dañinos como los que todavía se ven en una cantidad de animales. Los ejemplos incluyen los partidos de lucha entre los machos de serpiente cascabel, y las "batallas" de las lagartijas que pegan con las colas o embisten con las cabezas.[37] Podría ser que el comportamiento altruista fuera mucho más común. Tal vez, originalmente, los animales subadultos ayudaban comúnmente a sus padres a criar la siguiente nidada o camada. Los mecanismos de control de la población también estaban mucho más a punto que al presente. Los mecanismos conductuales para mantener un equilibrio ecológico estable estaban incorporados en la composición genética del animal como parte de un sistema ecológico, que se originó por diseño inteligente y no por casualidad.

Los mecanismos de conducta instintivos, que originalmente impedían conflictos perjudiciales, no estaban sujetos a cambios mutacionales fortuitos. A causa de una adecuada protección del daño mutacional, los individuos con estos

Resumen 13-1

Interpretaciones de la sociobiología

Datos

La conducta animal no humana a veces concuerda con las predicciones de la sociobiología. A menudo el comportamiento humano es egoísta (no altruista).

Interpretación

La ciencia convencional: **La cosmovisión naturalista requiere que una conducta supuestamente altruista tenga una explicación no altruista. La evolución no ha permitido que el altruismo verdadero evolucione.**

El intervencionismo: **Los organismos tal como fueron creados pueden haber exhibido comportamientos verdaderamente altruistas. Se espera que los humanos, tal como fueron creados, hayan tenido un verdadero comportamiento altruista. En un mundo de pecado, las mutaciones perjudiciales y las alteraciones epigenéticas y las malas elecciones después del pecado redujeron o eliminaron mucho del comportamiento altruista en los humanos y en los animales no humanos.**

mecanismos de conducta no estarían sujetos a competencias desfavorables de individuos que se beneficiarían al "engañar". Con la introducción de mutaciones fortuitas y defectos en los procesos de reparación, estos mecanismos de conducta comenzaron a derrumbarse. Las respuestas epigenéticas a las condiciones en un mundo cambiado luego del pecado pueden haber sido importantes.

La selección natural y, en especial, la selección de parentesco, han obrado para retrasar ese desmoronamiento. Los comportamientos altruistas, que han sobrevivido a los efectos negativos de las mutaciones, son principalmente aquellos que se han preservado por la selección de parentesco y que aumentan la aptitud inclusiva del organismo. Cuando las mutaciones comenzaron a producir la pérdida de parte de los patrones de comportamiento originalmente creados, la selección natural determinaba si se volvía más común el tipo original o el tipo mutado. Si las mutaciones en una hembra de un ave eliminaban el patrón original de ayudar a sus padres a criar a los pequeños y ella construía su propio nido, probablemente produciría más crías en su vida que otros que comenzaron a reproducirse más tarde (este es el mismo resultado que se esperaría en la teoría naturalista). En consecuencia, el "genoma de no ayudante" se volvería más común y, a la larga, reemplazaría a los "ayudantes". Por otro lado, en algunas situaciones, los genes para comportamientos "altruistas" se ven favorecidos por la selección de parentesco. Por consiguiente, siguen siendo comunes en la población. El arrendajo de los matorrales de Florida vive en una situación en la que no es probable que los jóvenes se reproduzcan con éxito el primer año. Por lo tanto, su aptitud inclusiva se ve aumentada si ayudan a sus padres a criar hijos (sus hermanos) que comparten muchos genes que ellos también tienen.[38] De ese modo, la selección de parentesco favorece la retención de la conducta "altruista" en este ambiente.

Un Diseñador inteligente y benévolo pudo elegir la invención de un sistema ecológico con un equilibrio de la naturaleza basado en la armonía en lugar de la competencia. Por contraste, la mutación y la selección natural no tienen la habilidad de ver el "cuadro completo" y lo que es mejor para el equilibrio ecológico total. La selección natural es estrictamente corta de vista: favorece cualquier cambio que aumente el éxito en la reproducción. El resultado final del predominio de la selección natural es el carácter competitivo y cruel de la naturaleza. Los humanos no son cautivos de una conducta que resulta de una naturaleza mutada, pero pueden buscar ayuda del Creador para crecer en fortaleza moral y vivir vidas desinteresadas y responsables.

---

[1] R.F. Ewer, *Ethology of Mammals* [*La etología de los mamíferos*] (New York: Plenum, 1968), x.

[2] Véase también E.O. Wilson, *Sociobiology–the Abridged Edition* [*Sociobiología–la edición resumida*] (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1980). [Existe versión en español: *Sociobiología: la nueva síntesis* (Barcelona: Omega, 1980)].

[3] *Ibid*., 4.

[4] A. Fisher, "A New Synthesis Comes of Age" ["Madura una nueva síntesis"], *Mosaic* 22 (1991): 1-17.

[5] W.G. Holmes y P.W. Sherman, "Kin Recognition in Animals: The Prevalence of Nepotism among Animals Raises Basic Questions about How and Why They Distinguish Relatives from Unrelated Individuals" ["Reconocimiento de parentesco en animales: la prevalencia de nepotismo entre los animales plantea preguntas básicas sobre cómo y por qué distinguen a los parientes de individuos no emparentados"], *American Scientist* 71 (1983): 46-55, doi:10.2307/27851817; P.W. Sherman, "Nepotism and the Evolution of Alarm Calls" ["El nepotismo y la evolución de los llamados de alarma"], *Science* 197 (1977): 1246-53.

[6] D. Anderson, "Sex Machines" ["Máquinas sexuales"], *Science Digest* 90 (1982): 74-77, 96.

[7] C. Packer, "Reciprocal Altruism in Olive Baboons" ["Altruismo recíproco en babuinos oliva"], *Nature* 265 (1977): 441-43; ver también R.L. Trivers, "The Evolution of Reciprocal Altruism" ["La evolución del altruismo recíproco"], *Quarterly Review of Biology* 46 (1971): 35-57.

[8] J.R. Krebs y N.B. Davies, *An Introduction to Behavioural Ecology* [*Introducción a la ecología del comportamiento*], 2a ed. (Sunderland, MA: Sinauer, 1987), 270-76; Fisher, "New Synthesis"

[9] Krebs y Davies, *Introduction to Behavioural Ecology,* 134-60.

[10] J. Maynard Smith y G.R. Price, "The Logic of Animal Conflict" ["La lógica del conflicto animal"], *Nature* 246 (1973): 15-18.

[11] I.R. Eibl-Eibesfeldt, *Ethology: The Biology of Behavior*, 2nd ed. (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1975), 349-60. [Existe versión en español: *Biología del comportamiento humano: manual de etología humana* (Madrid: Alianza Editorial Psicología, 2007)].

[12] R.A. Wallace, *The Ecology and Evolution of Animal Behavior* [*La ecología y la evolución de la conducta animal*] (Pacific Palisades, CA: Goodyear, 1973), 221-29; Eibl-Eibesfeldt, *Ethology,* 353-59.

[13] P. Marler y W.J. Hamilton, *Mechanisms of Animal Behavior* [*Mecanismos de conducta animal*] (New York: John Wiley and Sons, 1967); L.C. Drickamer y S.H. Vessy, *Animal Behavior: Mechanisms, Ecology, and Evolution* [*Conducta animal: mecanismos, ecología y evolución*] (Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1992), 211, 220, 237-55.

[14] B.C.R. Bertram, "Social Factors Influencing Reproduction in Wild Lions" ["Los factores sociales que influyen en la reproducción de leones salvajes"], *Journal of Zoology* 177 (1975): 463-82.

[15] Fisher, "New Synthesis"; S.B. Hrdy, "Male-Male Competition and Infanticide among the Langurs (*Presbytis entellus*) of Abu, Rajasthan" ["Competición macho-macho e infanticidio entre los langures (*Presbytis entellus)* de Abu, Rajasthan"], *Folia Primatologica* 22 (1974): 19-58; S.B. Hrdy, *The Langurs of Abu: Female and Male Strategies of Reproduction* [*Los langures de Abu: estrategias de reproducción en los machos y las hembras*] (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977); S.B. Hrdy, "Infanticide as a Primate Reproductive Strategy" ["El infanticidio como una estrategia reproductiva en los primates"], *American Scientist* 65 (1977): 40-49.

[16] Anderson, "Sex Machines", 74.

[17] *Ibid*., 77.

[18] J. Whitfield, "Deception Fuels Domestic Bliss" ["La decepción alimenta la dicha doméstica"], *Nature Science Update,* November 21, 2001, http:/www.nature.com/news/2001/011122/full/news011122-9.html, doi:10.1038/news011122-9; P. Bressan, "Why Babies Look Like Their Daddies: Paternity Uncertainty and the Evolution of Self-Deception in Evaluating Family Resemblance" ["¿Por qué los bebés se parecen a sus padres?: la incertidumbre de la paternidad y la evolución de la auto decepción al evaluar el parecido familiar"], *Acta Ethologica* 4 (2002): 113-18.

[19] P.E. Rothrock y R.M. Rothrock, "Christianity and E.O. Wilson's Mythology of Scientific Materialism" ["El cristianismo y la mitología de E.O. Wilson del materialismo científico"], *Perspective on Science and Christian Faith* 39 (1987): 87-93.

[20] *Ibid*.

[21] E.O. Wilson, *On Human Nature* [*Sobre la naturaleza humana*] (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978), 208.

[22] *Ibid*., 200.

[23] *Ibid*., 208.

[24] E.O. Wilson, "The Relation of Science to Theology" ["La relación de la ciencia a la teología"], *Zygon* 15 (1980): 425-34, doi:10.1111/j.1467-9744.1980.tb00401.x.

[25] J. Alcock, *The Triumph of Sociobiology* [*El triunfo de la sociobiología*] (New York: Oxford University Press, 2001).

[26] E.O. Wilson, *The Social Conquest of the Earth* [*La conquista social de la Tierra*] (New York: Liveright, 2012).

[27] E.O. Wilson, *Sociobiología: The New Synthesis* [*Sociobiología: la nueva síntesis*] (Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1975).

[28] Fisher, "New Synthesis".

[29] Por ejemplo, Anderson, "Sex Machines"; D.P. Barash, *The Whisperings Within* [*Los susurros por dentro*] (New York: Harper & Row, 1979); R. Nalley et al., "Sociobiology: A New View of Human Nature" ["La sociobiología: Un nuevo panorama de la naturaleza humana"], *Science Digest* 90 (1982): 61-69; M. Bellis y R.R. Baker, "Do Females Promote Sperm Competition? Data for Humans" ["Las hembras ¿promueven la competencia de espermatozoides? Datos sobre los humanos"], *Animal Behavior* 40 (1990): 997-99.

[30] Por ejemplo, D.R. Bentley y R.R. Hoy, "Genetic Control of the Neuronal Network Generating Cricket (*Teleogryllus gryllus*) Song Patterns" ["El control genético del circuito neuronal que genera los patrones de canto en los grillos (*Teleogryllus gryllus*)"], *Animal Behavior* 20 (1972): 478-92; P. Berthold y U. Querner, "Genetic Basis of Migratory Behavior in European Warblers" ["La base genética de la conducta migratoria en parúlidos europeos (ave cantora)"], *Science* 212 (1981): 77-79; J. Hirsch y T.R. McGuire, *Behavior-Genetic Analysis* [*Análisis genético-conductual*] (Stroudsburg, PA: Hutchinson Ross, 1982); J.P. Ricker y J. Hirsch, "Genetic Changes Occurring over 500 Generations in Lines of *Drosophila melanogaster* Selected Divergently for Geotaxis" ["Cambios genéticos ocurridos a través de 500 generaciones en cepas de *Drosophila melanogaster* seleccionadas divergentemente para la geotaxis"], *Behavior Genetics* 18 (1988): 13-25; P.L. Roubertoux y M. Carlier, "Differences between CBA/H and NZB Mice on Intermale Aggression. II. Maternal Effects" ["Diferencias entre ratones CBA/H y NZB con respecto a la agresión entre machos. II. Efectos maternos"], *Behavior Genetic* 18 (1988): 175-84; C.P. Kyriacou, "The Molecular Ethology of the Period Gene in *Drosophila*" ["La etología molecular del gen para el período en *Drosophila*"], *Behavior Genetics* 20 (1990): 191-211; R. Plomin, J.C. DeFries, y G.E. McClearn, *Behavioral Genetics: A Primer* [*Genética de la conducta: Un manual básico*], 2a ed. (New York: Freeman, 1990); C. Brandes, "Genetic Differences in Learning Behavior in Honeybees (*Apis mellifera capensis*)" ["Diferencias genéticas en la conducta de aprendizaje en abejas de la miel (*Apis mellifera capensis*)"], *Behavior Genetics* 21 (1991): 271-94: E. Provost, "Nonnestmate Kin Recognition in the Ant *Leptothorax lichtensteini*: Evidence That Genetic Factors Regulate Colony Recognition" ["Reconocimiento de parentesco entre hormigas no parejas del nido en la hormiga *Leptothorax lichtensteini*: Evidencia de que factores genéticos regulan el reconocimiento de colonias"], *Behavior Genetics* 21 (1991): 151-67.

[31] B.G. Dias y K.J. Ressler, "Parental Olfactory Experience Influences Behavior and Neural Structure in Subsequente Generations" ["La experiencia olfatoria parental influye en la conducta y la estructura neural en generaciones subsiguientes"], *Nature Neuroscience* 17 (2014): 89-96.

[32] Alcock, *Triumph of Sociobiology.*

[33] R. Plutchik, "The Nature of Emotions" ["La naturaleza de las emociones"], *American Scientist* 89 (2001): 344-50.

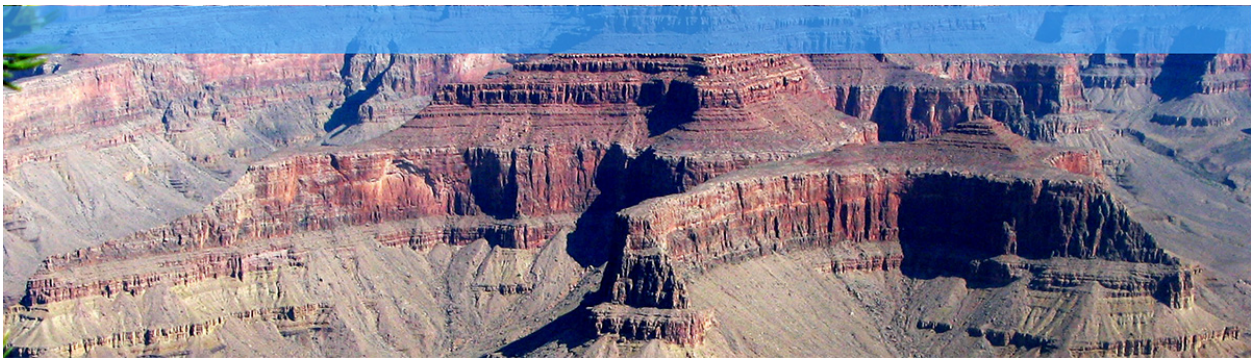
[34] R.D. Alexander, *The Biology of Moral Systems* [*La biología de los sistemas morales*] (New York: Walter de Gruyter, 1987); H.A. Wilcox, *Ehics without God: Optimal Realism, a Science-Based Philosophy* [*La ética sin Dios: Realismo óptimo, una filosofía basada en la ciencia*] (Garberville, CA: McGilvra Brown, 1996).

[35] Alexander, *Biology of Moral Systems,* 19.

[36] K.R. Monroe, *The Heart of Altruism: Perceptions of a Common Humanity* [*El corazón del altruismo: Percepciones de una humanidad en común*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1996).

[37] Eibl-Eibesfeldt, *Ethology,* 349-60.

[38] Krebs y Davies, *Introduction to Behavioural Ecology,* 270-76; Fisher, "A New Synthesis".



Capítulo 14

El registro geológico

Reseña

Este capítulo introduce al lector a la ciencia de la geología. Además, describe la teoría *geológica convencional,* con los procesos geológicos esencialmente modernos que funcionan a lo largo de cientos de millones de años, y la *geología de corta edad*, con procesos geológicos que funcionan solo por miles de años. Los procesos geológicos que se describen incluyen los tipos de rocas y cómo se forman, los ambientes de sedimentación en los que se acumularon las rocas sedimentarias y cómo reconocer esos ambientes, cómo se desarrollan las montañas y el paisaje, y los procesos de erosión que dan forma a la superficie de la tierra. También se discuten la glaciación, la secuencia estratigráfica de los estratos de rocas, los fósiles que contienen y cómo se han conservado.

Trazando el curso de dos teorías

Este capítulo es una introducción a la geología para lectores que no se han entrenado en geología. Además, presenta dos teorías que intentan explicar el origen de la columna geológica desde el Cámbrico hasta el presente y sus fósiles: la geología convencional (541 millones de años de tiempo) y la geología de corta edad (unos pocos miles de años). Ambas teorías deben dar cuenta de un número de características y procesos geológicos. En este capítulo se repasan esos procesos, lo que incluye la formación de las rocas y los minerales, la acumulación de depósitos

sedimentarios en los diferentes ambientes antiguos, la formación de las montañas, la erosión de los sedimentos para formar nuestro paisaje moderno, la glaciación sobre las montañas y los continentes, y el origen de los fósiles en el registro fósil. Estos son analizados, junto con la manera en que la teoría geológica para esos procesos y eventos se ve influida por la teoría geológica de corta edad.

Al evaluar los datos y las interpretaciones en la geología y la paleontología, a menudo será difícil aplicar el concepto de inferencia a la mejor explicación, dado que estamos tratando con eventos que ocurrieron hace mucho tiempo atrás y que no pueden ser observados directamente. Si no tenemos análogos modernos adecuados para compararlos con las rocas (y nunca hemos observado una catástrofe geológica global), a menudo será difícil llegar a conclusiones con confianza.

La fuente más directa de evidencia de la historia de la vida antigua proviene del registro fósil y plantea dificultades tanto para el intervencionismo como para la macroevolución. Los verdaderos desafíos que enfrentan los intervencionistas que aceptan una creación bíblica literal son: la secuencia estratigráfica vertical de fósiles desde organismos procariotas unicelulares (células sin núcleo) en el Precámbrico hasta los eucariotas (células con núcleo), los invertebrados, los peces, los anfibios, los reptiles, los mamíferos, las aves y, finalmente, los humanos, y las preguntas asociadas al tiempo geológico con el apoyo de parte de la datación radiométrica. Por consiguiente, ahora dirigimos nuestra atención a la geología y a una indagación más exhaustiva del registro fósil. El siguiente material presenta los conceptos básicos de la geología con la interpretación de los conceptos tanto convencionales como los de corta edad.

Las teorías de la historia de la Tierra

La geología convencional interpreta la historia geológica de la siguiente manera. Los procesos geológicos, generalmente como los que se observan hoy, han operado a lo largo de un período de varios miles de millones de años para producir los rasgos geológicos de la Tierra (fig. 14.1).[1] La vida ha estado sobre la Tierra durante la mayor parte de la historia de la Tierra. Las rocas del Fanerozoico (Cámbrico al reciente) se formaron durante los últimos 541 millones de años, y el registro fósil es un registro de la evolución y la extinción de las formas de vida antes y a lo largo de este tiempo. El campo moderno de la geología remonta sus raíces principalmente a Charles Lyell, quien desarrolló la teoría de la geología uniformista.[2] La teoría moderna de la geología es una modificación de las perspectivas uniformistas de Lyell y reconoce que, en parte, Lyell estaba equivocado. El término “uniformismo”, tal como lo usó Lyell, en realidad incluye

cuatro conceptos diferentes. Estos cuatro aspectos del uniformismo con una evaluación de cada uno se resumen en la Tabla 14.1.[3]

Figura 14.1. Una secuencia de formaciones de rocas sedimentarias en el Gran Cañón del Colorado. Fotografía de Leonard Brand.

Tabla 14.1. Cuatro conceptos separados en el uniformismo de Lyell.

1. *La uniformidad de la ley:* Esta es una parte de la ciencia en general, y no es única a la geología. Todavía se acepta que la ley natural es de hecho uniforme. El agua nunca fluyó cuesta arriba en el pasado.

2. *La uniformidad de los procesos geológicos:* El presente es la clave del pasado. La aplicación de esto significa que no inventamos procesos singulares si los procesos modernos pueden explicar las observaciones. Pero esto es solo parcialmente válido; ahora se sabe que en ciertos sentidos, el pasado geológico fue muy diferente de lo que observamos hoy.

3. *La uniformidad de las tasas (ritmos) de los procesos:* Los procesos geológicos siempre han sido lentos y graduales. No hubo ningún evento geológico catastrófico. Ahora se sabe que esto es falso.

4. *La uniformidad de las condiciones:* Las condiciones sobre la tierra han sido siempre las mismas, repitiéndose en ciclos indefinidamente sin ninguna dirección. Esto no es verdad. Por ejemplo, las condiciones del Cámbrico fueron muy diferentes de las condiciones actuales. Por ejemplo, nuestros continentes actuales estaban ampliamente cubiertos por mares someros durante el Cámbrico. Además, los fósiles en diferentes partes de la columna geológica no son los mismos.

La geología de corta edad. El registro Fanerozoico se formó durante unos pocos miles de años. Los grupos taxonómicos principales de animales y de plantas surgieron al comienzo de ese tiempo por medio de orígenes independientes (como resultado de la creación). Buena parte del registro fósil consiste en restos de estos organismos que fueron sepultados en una secuencia que resultó del orden de eventos antes, durante y después de una catástrofe geológica global y no de una secuencia evolutiva. Luego de la catástrofe, los procesos geológicos gradualmente se hicieron más lentos hasta llegar a las tasas que se observan hoy y se formaron numerosos depósitos fósiles como resultado de los eventos progresivamente menos catastróficos durante ese tiempo. Una parte significativa del registro fósil del Cenozoico probablemente se haya formado después de la catástrofe global, e incluye secuencias evolutivas de organismos dentro de los grupos individuales creados. Las interpretaciones según la geología de corta edad de los cuatro aspectos del uniformismo (tabla 14.1) serán similares a los descritos más arriba. Ya sea que la estructura básica de la Tierra y las porciones inferiores de la columna geológica (por ej., el Precámbrico) tuvieron un origen reciente o se formaron a través de miles de millones de años es una cuestión separada que supera a esta

discusión. Aquí estudiaremos la geología de corta edad tal como le concierne solo a la parte Fanerozoica de la columna geológica.

Las teorías geológicas de corta edad, ¿pueden verificarse?

El geólogo de corta edad propone que, en algún tiempo del pasado, una perturbación en la corteza terrestre interrumpió temporariamente las relaciones normales entre los cuerpos terrestres y acuáticos, iniciando un período de actividad geológica rápida a una escala global. Este período de erosión y sedimentación rápidas produjo una parte importante pero desconocida de la columna geológica. Los procesos geológicos y geofísicos que ocurrieron durante ese evento determinaron las características de las formaciones rocosas que se formaron en ese tiempo y la distribución de los fósiles en las rocas. Influyeron en la distribución de los elementos radioactivos en los minerales usados en la datación radiométrica.

Una teoría geológica de corta edad expresada de esta manera es una simple declaración descriptiva. No dice nada acerca de la cuestión no verificable de si Dios estuvo involucrado en el inicio de ese evento geológico. No trata de explicar ningún proceso o evento que puedo operar por fuera de las leyes conocidas de la geología, la química o la física. Esta teoría descriptiva puede usarse como una base para definir hipótesis específicas concernientes a los procesos sedimentarios y a la cantidad de tiempo dedicado en depositar formaciones individuales o en forjar las formas del relieve. Estas hipótesis pueden verificarse de la misma manera que cualquier geólogo verifica hipótesis.

Dos geólogos pueden investigar la misma formación rocosa, tal vez una de las formaciones Paleozoicas en el Gran Cañón (del Río Colorado: fig. 14.1). Un geólogo cree que la formación debe haber tardado mucho tiempo —miles o millones de años— en depositarse. El otro geólogo cree que la formación se depositó mucho más rápidamente. Probablemente hagan preguntas diferentes (como se discutió en el capítulo 5), pero ambos buscan los mismos tipos generales de datos al estudiar las rocas. Cada uno debe analizar sus propios datos, como también otros datos publicados, e interpretar su significado. Cuando no están de acuerdo, cada geólogo analiza el trabajo del otro y su propio trabajo y cada uno trata de determinar qué datos adicionales son necesarios para aclarar el tema. Si cada uno hace un buen trabajo, los hallazgos se publicarán en una revista científica para que otros también puedan beneficiarse. Con el tiempo, al acumularse más datos, se resolverán más conflictos y todo el conjunto de datos favorecerá a una explicación determinada. Señalará a una sedimentación rápida, una sedimentación muy lenta o alguna respuesta intermedia entre las dos conclusiones.

Si somos completamente honestos con los datos, eventualmente los datos nos dirán qué teoría es verdadera a menos que nuestra incapacidad de retroceder en el tiempo y observar directamente lo que sucedió limite demasiado los datos. Todos los geólogos utilizarán los mismos procedimientos de observación y experimentación en sus investigaciones. Habrá diferencias en las preguntas que cada grupo hace y en qué cosas fijan su atención. Volveremos a eso un poco más adelante. Pero una diferencia principal en el enfoque de la investigación de los geólogos de corta edad y los otros geólogos será lo que predicen sobre el eventual desenlace: El geólogo de corta edad tiene la seguridad de que cuando "se reúnan todos los datos", indicarán que buena parte de la columna geológica se depositó en un corto tiempo. Es más probable que un geólogo convencional tenga confianza en que, con el tiempo, los datos eventualmente indicarán que toda la columna geológica se depositó muy lentamente o mediante episodios rápidos con largos períodos de inactividad entre medio. Muchos dirían que los datos ya son concluyentes y han refutado la teoría de corta edad. Sin embargo, el geólogo de corta edad nota con interés la tendencia definida en la geología hacia el catastrofismo que comenzó hace pocas décadas.[4]

No obstante, varias líneas de evidencia presentan desafíos a la teoría de corta edad. Las discrepancias entre una teoría y los datos disponibles pueden surgir de por lo menos dos maneras diferentes: o (1) la teoría está equivocada o (2) aún se esperan importantes descubrimientos por investigadores diligentes que usan la teoría para dirigir sus investigaciones. Los geólogos intervencionistas/de corta edad reconocen que si su teoría es verdadera, todavía deben descubrirse fenómenos importantes. ¿Reprime el intervencionismo la investigación, como algunos sugieren? Si el intervencionismo se entiende en la forma correcta y si se toman en serio sus predicciones de que hay nuevos fenómenos por descubrir, puede ser un estímulo de nuevos y efectivos métodos de investigación. Explicaremos por qué creemos que un científico que usa la Biblia como una fuente de ideas para hipótesis en desarrollo debería como un investigador de éxito y hasta tener una ventaja a la hora de generar hipótesis exitosas.

Repasaremos ahora los conceptos básicos de la geología física e histórica y haremos comparaciones iniciales de cómo las dos teorías se ocupan de esta evidencia. Los siguientes dos capítulos examinarán estas diferencias en más detalle.

Los tipos de rocas y los procesos para su formación y meteorización

Diferentes procesos geológicos producen diferentes tipos de rocas. Cada tipo de roca se compone de una combinación particular de minerales, tales como cuarzo, la

calcita o el feldespato. La Tabla 14.2 presenta las principales categorías en las cuales se clasifican estas rocas. Esta información descriptiva básica no es específica de ninguna de las dos teorías, sino que forma parte del fundamento para cualquier teoría geológica.

Tabla 14.2. Tipos de rocas.

Rocas Ígneas	Se forman cuando el magma en fusión se enfría para formar una roca. Ejemplos: **granito** y **basalto** (lava volcánica). Una masa de roca granítica forma algunas montañas y subyace cada continente. Contenido fósil: muy raro en las rocas ígneas, siendo que el magma caliente normalmente destruye cualquier organismo. Algunas excepciones ocurren cuando la lava o la ceniza volcánica envuelve un organismo y lo conserva.
Rocas Sedimentarias	Se forman en un proceso de cuatro pasos. Las rocas antiguas se erosionan —se desintegran para formar sedimentos, tales como la arena, el barro o canto rodado. El agua o el viento transporta el sedimento a cuencas donde se deposita en estratos (fig. 14.1). Si las condiciones son las correctas, el sedimento depositado se solidificará o compactará en una roca sedimentaria. Los ríos pueden arrastrar los sedimentos hasta que aminora la velocidad lo suficiente como para que el sedimento se asiente desde el agua y forme capas. Los cuatro pasos en la formación de rocas sedimentarias son: erosión, transporte, sedimentación y cementación o compactación en una roca sólida. Contenido fósil: las plantas y los animales a menudo se entierran en las capas sedimentarias, y la mayoría de los fósiles se encuentran en rocas sedimentarias. Incluso ceniza volcánica, que es de origen ígneo, a menudo se deposita en estratos sedimentarios. Estas capas de ceniza son agentes efectivos para conservar fósiles. Los tipos representativos de rocas sedimentarias se clasifican por el tamaño de los granos o partículas que los componen: **lutitas** y **limolita**– granos muy pequeños; **arenisca**– partículas más grandes del tamaño de arena; **conglomerado**– una mezcla de partículas pequeñas (arena o barro) y canto rodado de mayor

	tamaño (redondeado por el transporte con agua); **brecha**– una mezcla que contiene piedras o rocas angulares (no redondeadas por el transporte de agua); **caliza**– principalmente carbonato de calcio ($CaCO_3$) precipitado del agua oceánica o ríos alcalinos, arroyos, o lagos. Algunas calizas son una acumulación de las conchillas o esqueletos de carbonato de calcio de organismos tales como corales o moluscos.
Rocas Metamórficas	Se forman cuando las rocas son sometidas a suficiente calor y presión (tal vez por enterramiento bajo rocas adicionales) y a cambios químicos que las alteran en un tipo diferente de roca. Estas rocas alteradas se llaman rocas metamórficas. Contenido fósil: generalmente los fósiles se destruyen en el proceso de metamorfismo.

Mientras se producen los procesos descritos en la tabla 14.2, otro proceso importante, llamado meteorización, altera las rocas. El agua freática y los ácidos débiles se filtran por las rocas, degradándolas gradualmente por acción química. Los minerales se transforman en (1) arcilla; (2) iones químicos disueltos incluyendo sodio, potasio y calcio; y (3) cuarzo y otros granos del tamaño de arena. Los iones disueltos y la arcilla son arrastrados en los arroyos y ríos hacia los lagos y océanos, donde la arcilla se deposita en el fondo en el agua quieta y los iones determinan la química del agua en estas masas acuosas. Los granos de arena pueden transportarse por el agua y/o el viento y acumularse para producir formaciones de arenisca.

Las tasas de acumulación y erosión de los sedimentos

El espesor promedio de los sedimentos en todos los continentes es de aproximadamente 1500 metros, pero en algunos lugares es mucho más grueso. ¿Cuánto se tarda en depositar tanto sedimento? La respuesta depende de nuestra teoría de la historia geológica. Algunos dirían que la datación radiométrica provee una respuesta exacta e inequívoca. Consideraremos la datación radiométrica en el próximo capítulo, junto con otras evidencias geológicas que desafían la escala del tiempo geológico basada en los fechados radiométricos. Por ahora, consideraremos factores que pueden influir en gran manera sobre las tasas del movimiento de sedimentos.

En los cerros detrás de mi casa (Brand), hay un pequeño cañón precipitoso que cortó la ladera del cerro (fig. 14.2). Para estimar cuánto tardó en erosionarse el cañón, tomé algunas mediciones. Tiene 35 metros de largo, un promedio de 10 metros de ancho, y 8 metros de profundidad. Esto significa que se erosionaron como 2882 metros cúbicos de sedimento en la formación del cañón (datos). En la actualidad la tasa de erosión es bastante baja, tal vez 0,06 metros cúbicos por año. Si esto es correcto, el cañón tardó aproximadamente 30 a 40 mil años en excavarse (interpretación). Hay un pequeño problema con este cálculo. En los últimos años, he caminado por un sendero más allá de donde comienza el cañón varias veces por semana. Hace siete años el cañón ni siquiera existía; era solo una ladera con una pendiente suave casi sin ninguna depresión en el sitio donde ahora está el cañón (datos).

Figura 14.2. Un cañón que se formó en una sola temporada de lluvia luego de que un nuevo camino cambió el patrón de drenaje. Fotografías de Leonard Brand.

El cañón se erosionó completamente en una sola temporada de lluvia, por la influencia de dos factores. Un grupo de constructores hizo un nuevo camino de tierra de como cien metros a lo largo del cerro y no proveyeron de un buen sistema para controlar el drenaje. Esto hizo que el agua se acanalara a lo largo del camino y por sobre el lado de un cerro donde ahora está el cañón. Luego le siguió como un año con más lluvias de lo común, y el cañón se excavó como máximo en el término de dos a tres semanas con la actividad de tormentas (datos). Desde entonces, el flujo y la erosión del agua alcanzó un nuevo equilibrio, y el cañón no ha cambiado notablemente.

Mi cálculo original de la cantidad de tiempo que tomó la excavación del cañón era incorrecto porque se basó en la suposición de una tasa constante de erosión. De este ejemplo, podemos sacar un principio simple: poca agua, mucho tiempo y mucha agua, poco tiempo. Por lo tanto, si un diluvio de agua a una escala global causó la mayoría de la erosión y subsiguiente sedimentación de rocas sedimentarias, podría haber ocurrido mucho más rápido de lo que hemos podido observar en los procesos geológicos modernos (interpretación). Obviamente, esto es una simplificación excesiva de los complejos principios geológicos involucrados en modelar nuestra Tierra. No debería aplicarse sin sentido crítico, pero es una manera de comenzar a definir la diferencia entre las dos teorías de la historia geológica (fig. 14.3).

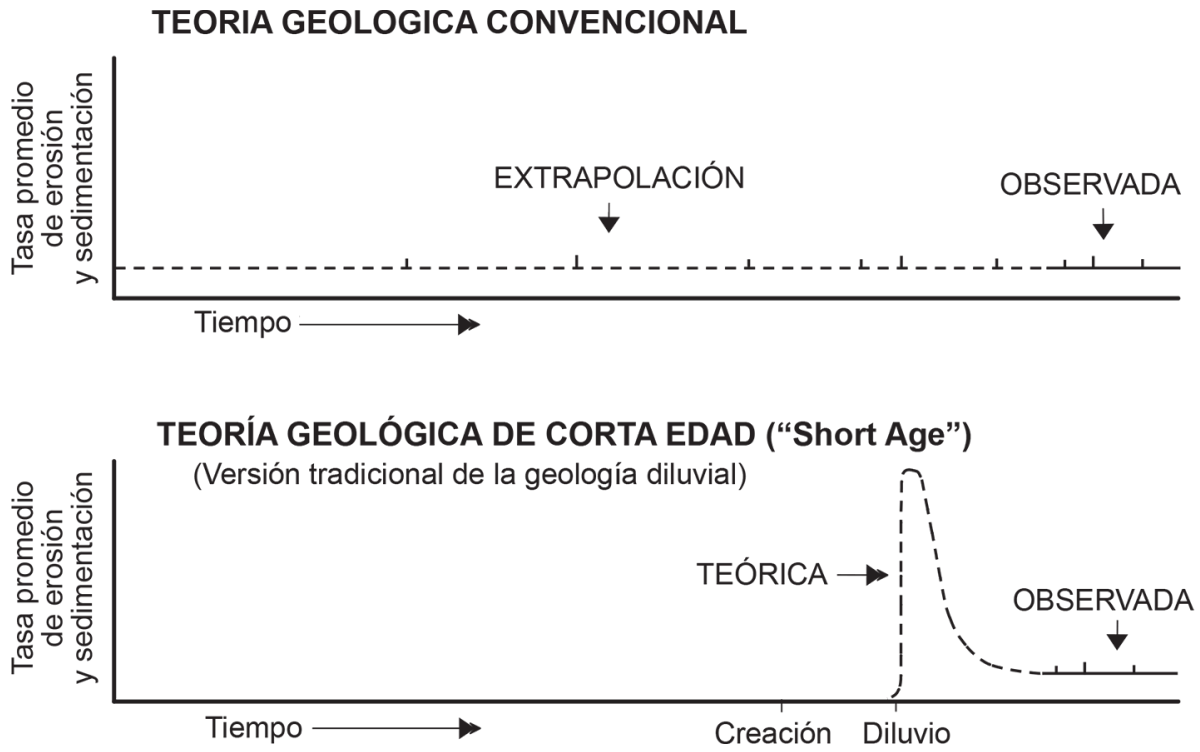


Figura 14.3. Una diferencia importante entre las dos teorías geológicas radica en la magnitud de la acción del agua sobre la Tierra en el pasado (la tasa promedio de erosión y sedimentación) y la cantidad de tiempo resultante que tarda en modelarse la estructura geológica de la Tierra. Ilustración de Leonard Brand.

Hemos observado los procesos geológicos de la Tierra por un corto tiempo, representado por la línea sólida en la figura 14.3. La teoría convencional asume

que esta línea se puede extrapolar de manera aproximada al pasado. Han ocurrido variaciones en la tasa de sedimentación y también han ocurrido eventos catastróficos a lo largo del tiempo; pero a la larga, la tasa promedio ha sido más o menos la misma. Sin embargo, la geología de corta edad saca una conclusión muy diferente. Esta teoría infiere que en el pasado no muy distante, se interrumpió la estabilidad relativa de la estructura terrestre, causando una cantidad de actividad geológica rápida a través de un corto período de tiempo —indicado en la curva teórica (fig. 14.3). Esta actividad no cesó de golpe. Gradualmente se hizo más lenta hasta llegar a la tasa de cambio que se observa en la Tierra hoy. Probablemente ocurrió una transición de, tal vez, unos pocos cientos o miles de años mientras la Tierra gradualmente retornaba a una condición estable. Desde entonces se han hecho estudios geológicos de la Tierra, tal como la conocemos.

En muchos aspectos, los procesos de formación de rocas son los mismos en ambas teorías (estimación de los datos), pero la cantidad de tiempo para la formación de las rocas Fanerozoicas, según la teoría convencional (poca agua, mucho tiempo) es de 541 millones de años. En la teoría geológica de corta edad (mucha agua, poco tiempo), fueron solo miles de años, y en el modelo del diluvio tradicional, una cantidad significativa del registro geológico se acumuló en un año. Estas diferencias de tiempo (interpretaciones) deben suponer algunas diferencias en los procesos geológicos. En los siguientes capítulos, discutiremos qué diferencias están respaldadas por los datos.

Los ambientes modernos de sedimentación (sedimentarios)

Si miramos a nuestro alrededor hoy en día podemos identificar ambientes donde se están depositando sedimentos. Estos se hallarán en zonas bajas o cuencas hacia las cuales el agua o el viento arrastran los sedimentos. En las montañas de San Bernardino, corre un río entre los cordones montañosos, fluyendo por la pendiente hasta el valle casi llano en la base de las montañas. Los arroyos más pequeños arriba en las montañas erosionan el sedimento y lo arrastran hacia la corriente mayor. Al descender por la red de cursos de agua, parte se deposita en el fondo del río y parte continúa aguas abajo.

Arriba en las montañas, el valle de la montaña con su río correntoso tiene un profundo depósito de grandes rocas (fig. 14.4 A). Estas están mezcladas con piedras más pequeñas y arena, pero predominan las rocas de hasta 1 a 2 metros de diámetro (bloques). Más abajo en la montaña, donde la pendiente del arroyo no es tan pronunciada, el lecho está compuesto de rocas más pequeñas, de hasta 0,3 metros de diámetro (fig. 14.4 B).

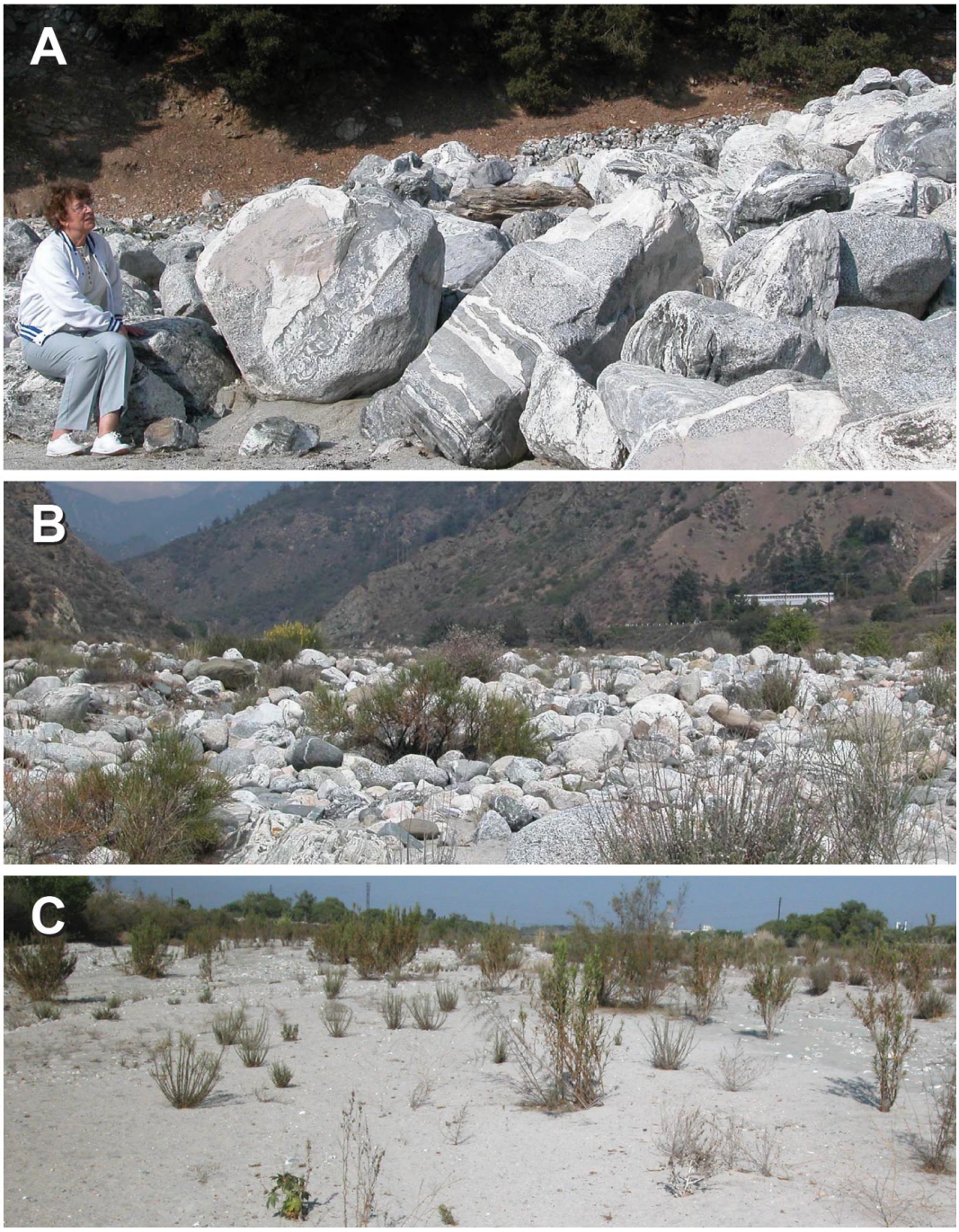


Figura 14.4. Acumulaciones de sedimento a lo largo de un arroyo de montaña, que muestra (A) bloques bien alto en las montañas donde la energía del arroyo es a veces muy alta, (B) rocas más pequeñas aguas abajo donde la pendiente del suelo y la resultante energía del agua son menores, y (C) arena depositada en la planicie al pie de las montañas. Fotografías de Leonard Brand.

Varios arroyos se unen para formar un río y debajo de la montaña, el río fluye a través de un valle con una suave pendiente. Aquí el lecho del río no tiene grandes rocas, sino principalmente arena (fig. 14.4 C). Como se puede ver, las partículas más grandes de sedimento o clastos (clasto= partícula de roca de cualquier tamaño) en el lecho del arroyo o del río son cada vez más pequeñas al ir aguas abajo. Esto es así porque el tamaño de las partículas que el agua puede arrastrar depende de cuán rápido fluye el agua. De hecho, cuando la velocidad del agua se duplica, el tamaño de los clastos que puede transportar por lo menos se triplica.[5]

A una corriente de agua que fluye rápidamente los geólogos llaman un ambiente de alta energía. Arriba en el valle de alta montaña, a veces se producen crecidas rápidas de primavera con suficiente energía para arrastrar grandes bloques de piedra aguas abajo. Al hacerse menos pronunciada la pendiente, la velocidad de la corriente y la energía decrecen hasta que no pueden transportar bloques tan grandes, así que permanecen allí en el lecho del arroyo. Todavía hay suficiente energía para arrastrar canto rodado (rocas más pequeñas que los bloques), de un tamaño de unos pocos centímetros hasta 30 centímetros de diámetro, más abajo por la corriente, pero cuando el río entra al valle su nivel de energía (velocidad de la corriente) ya no es lo suficientemente elevada para arrastrar siquiera los cantos rodados y las últimas rocas dejan de moverse. Ahora el agua solo arrastra arena y partículas más pequeñas, y la arena es transportada por el agua o depositada, dependiendo de la velocidad del agua en ese punto.

Cuando el agua que corre transporta y deposita arena, produce ondulitas (*ripples,* rizaduras) en los nuevos depósitos de arena, y el tamaño y tipo de ondulitas varía de acuerdo al tamaño de las partículas de arena, la profundidad del agua y la velocidad de la corriente (fig. 14.5).[6] Las ondulitas producidas en una corriente regular también son diferentes de las ondulitas hechas por olas. Las olas son agua que oscila de acá para allá y producen ondulitas simétricas (o rizaduras de oscilación); la cresta está en el medio de la ondulita. El agua que corre produce ondulitas de corriente (o rizaduras de corriente), que son asimétricas: la cresta de la onda está en el borde corriente abajo de la ondulita, dándole a ese lado de la ondulita una pendiente empinada, en comparación con la pendiente suave del lado de la corriente aguas arriba.

Algo más les sucede a los bloques de piedra y las rocas al moverse aguas abajo. Cuando las rocas y los bloques caen al arroyo, al principio tienen forma irregular y son angulosas con esquinas puntiagudas. Al ser arrastrados por correntadas repentinas se raspan unos con otros, se parten trozos de las esquinas puntiagudas y de esta manera las esquinas se redondean. Arriba en la montaña (fig. 14.4 A), algunos de los bloques que se han transportado unos 8 kilómetros están bien redondeados, pero otros aparentemente solo avanzaron entre 1,7 a 3,3 km y

están parcialmente redondeados. Si las rocas y los bloques se transportan por un deslizamiento de tierra en lugar de una corriente de agua, no quedan redondeados o seleccionados. Un depósito de rocas angulosas en una matriz de arena o barro se llama brecha.

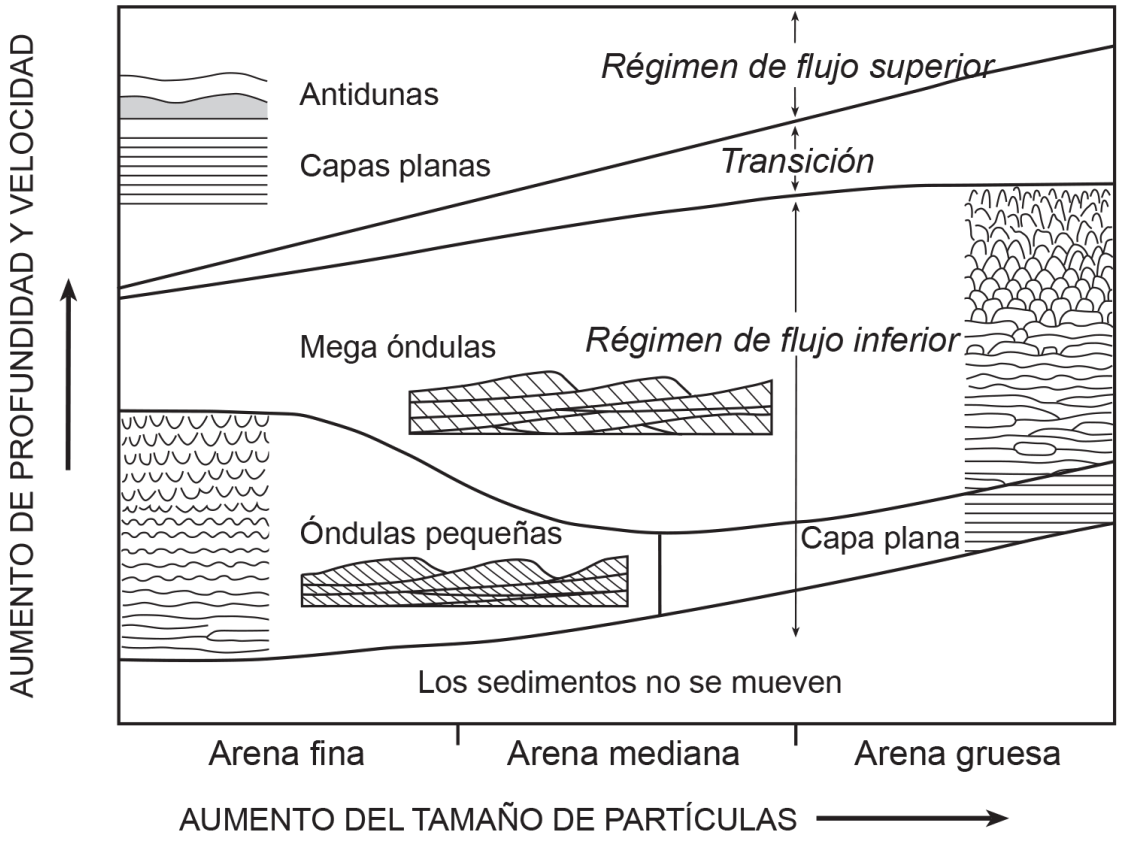


Figura 14.5. Resumen de la relación entre la textura del sedimento (tamaño del grano), las estructuras sedimentarias (ondulitas y otros patrones que se forman en las capas de sedimento, mostradas aquí transversalmente) y la profundidad y velocidad de la corriente de agua que las produce (según Reineck y Singh 1980). Ilustración de Carole Stanton.

Por lo general, los ríos y los arroyos fluyen lo suficientemente rápido como para mantener en suspensión a la mayor parte del limo y la arcilla. Pero después que un río fluye hasta un lago, el agua ahora tiene una energía muy baja y el limo y la arcilla se depositan en esos ambientes de baja energía. Los geólogos llaman a los ambientes de baja energía de un lago un ambiente *lacustre* y los ambientes de mayor energía de los ríos que fluyen (ríos, arroyos, etc.), ambientes *fluviales*. Otros

ambientes de sedimentación comunes son: *deltaicos* (formados por deltas de ríos), *eólicos* (arena llevada por el viento), *plataforma submarina* (depósitos en aguas oceánicas someras de poca profundidad en la plataforma continental), y *marina profunda* (abisal) (fig. 14.6).[7]

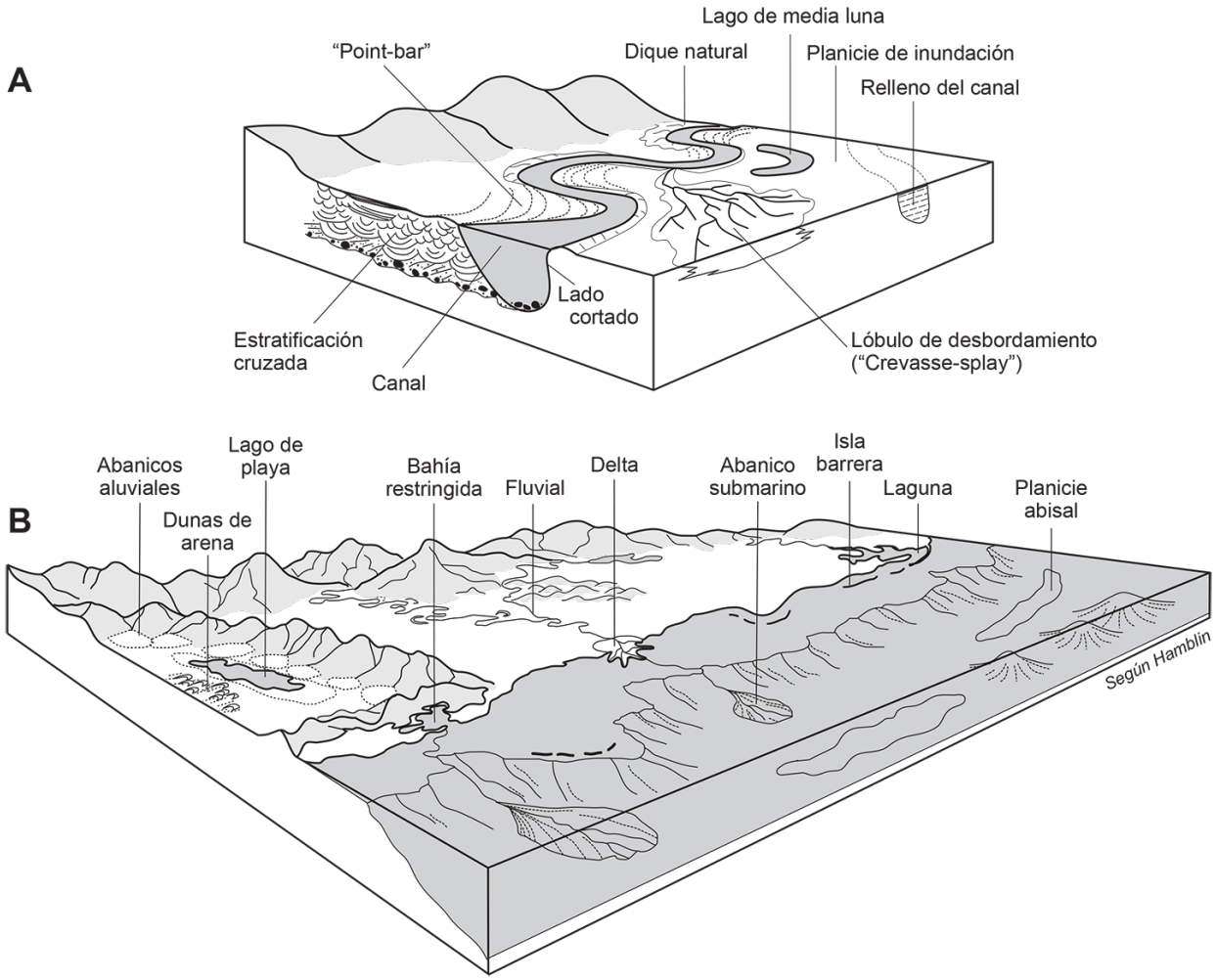


Figura 14.6. (A) Detalles de ambientes deposicionales que involucran procesos fluviales: agua corriente en ríos, arroyos y planicies fluviales. (B) Ambientes deposicionales continentales y marinos (según Hamblin y Christiansen 1995). Ilustración de Carole Stanton.

Los tipos de minerales que se encuentran en los sedimentos pueden ser indicadores importantes del ambiente deposicional. Por ejemplo, un sedimento que contiene calcita fue depositado en un ambiente marino o de un lago o río de aguas alcalinas. La dolomita es similar a la caliza pero se forma cuando hay magnesio disponible en el agua.

Los tipos de fósiles en las rocas nos dicen mucho acerca del ambiente deposicional, siempre que seamos muy cuidadosos al interpretar los datos. Las rocas que contienen fósiles marinos sugieren que el sedimento se depositó en el océano y se puede construir una interpretación del ambiente original (fig. 14.7). Los fósiles de mamíferos terrestres sugieren que la roca se formó en un ambiente como ser el lecho de un río, un lago (los animales pudieron ser arrastrados a un lago o aún el océano) o una planicie aluvial. Sin embargo, necesitaríamos evidencia adicional, inclusive algunas características detalladas de los sedimentos y del conjunto de fósiles, que permitan proveer claves para determinar el ambiente exacto.

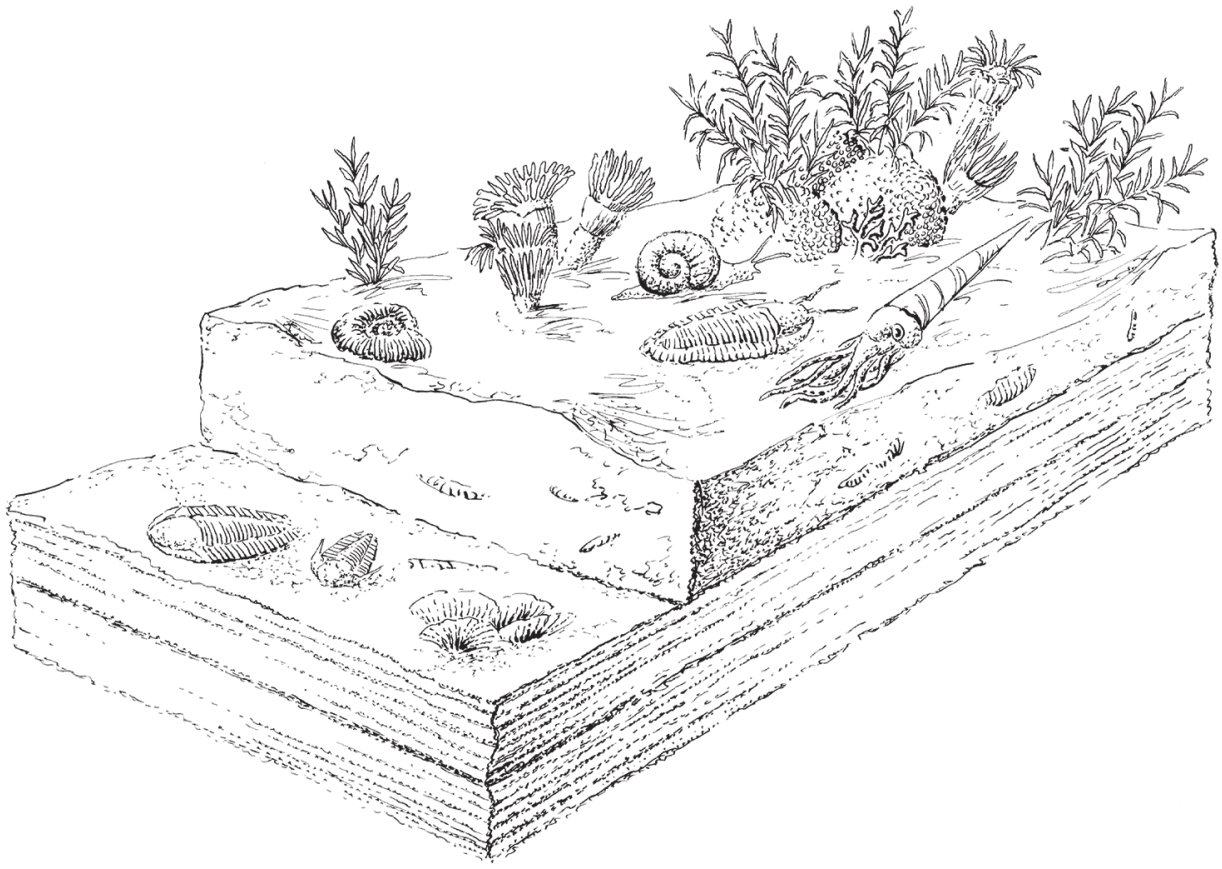


Figura 14.7. Reconstrucción de una escena del fondo marino del Ordovícico, basada en un conjunto de fósiles, incluyendo trilobites, caracoles, corales, algas marinas, y cefalópodos nautiloides de concha lisa (según Moore 1958). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Resumen 14-1

Interpretaciones de paleoambientes

Datos

El tamaño de los clastos transportados o depositados depende del nivel de energía (velocidad de la corriente de agua). La distancia del movimiento determina la redondez de los clastos. El tipo de ondulitas se determina con el tamaño de las partículas, la profundidad del agua, y la velocidad de la corriente de agua.

Interpretación

Ambas cosmovisiones usan los mismos datos de arriba en maneras similares para inferir un paleoambiente.

La ciencia convencional: **La suposición naturalista ejerce un fuerte sesgo hacia paleoambientes que son como los análogos modernos.**

El intervencionismo: **Está más abierto a la posibilidad de que los procesos de depositación pueden haber sido más catastróficos y de una escala geográfica mucho mayor que los análogos modernos.**

Tres ejemplos de interpretación de ambientes deposicionales antiguos

Hay ejemplos de formaciones rocosas en el oeste de los Estados Unidos que ilustran el proceso de interpretar ambientes deposicionales. Ahora que hemos aprendido, a partir de los análogos modernos discutidos más arriba, acerca de los ambientes de alta y baja energía, y de elementos como redondear y seleccionar,

podemos observar algunas rocas sedimentarias y tratar de identificar los antiguos ambientes sedimentarios (paleoambientes) en los cuales fueron depositados. Características como el tamaño de las partículas, cuánto fueron redondeadas y el tipo de ondulitas pueden servir como *criterios* para identificar diversos paleoambientes.

Anza Borrego

Nuestro primer ejemplo proviene de las colinas desérticas del Parque Estatal del Desierto Anza Borrego en California, donde se encuentran hermosos afloramientos de rocas sedimentarias. Algunos de estos son mayormente arenisca (fig. 14.8), con una pequeña cantidad de depósitos de grano fino (limolita o arcillita), algunos pequeños depósitos lenticulares de conglomerado (canto rodado en la arena), y muchas ondulitas asimétricas. Los criterios evidentes aquí son las partículas del tamaño de arena con algunos cantos rodado de mayor tamaño, ondulitas de corriente, y solo una pequeña cantidad de arcilla o limo. Esto indica que el sedimento se depositó en un ambiente fluvial de un buen nivel bastante alto de energía (con agua corriente que fluía lo suficientemente rápido como para arrastrar la arena), con algunos episodios de correntadas de energía aún mayor que depositaba los lentes de conglomerado y solo episodios limitados de agua más quieta para depositar el limo y arcilla.

Figura 14.8. Arenisca en el Parque Estatal del Desierto Anza Borrego, con características que indican que fue depositado en un ambiente de energía relativamente alta del tipo de río anastomosado. Fotografía de Leonard Brand.

Un área tiene arena de grano más fino y ondulitas simétricas. ¿En qué ambiente se formó este último depósito? Los criterios son el tamaño pequeño de las partículas, que implican niveles más bajos de energía y las ondulitas de olas, que parecen indicar un lago. No ocurren en un área muy grande así que aparentemente, era un pequeño lago temporario o una laguna entre los arroyos con corrientes de mayor energía.

Existen otros rasgos sedimentarios fascinantes en estas rocas de Anza Borrego que pueden servir como criterios ambientales. Hay capas de arenisca con objetos curvos de arcillita entre ellas. Esto podría parecer misterioso hasta que miramos alrededor en el lecho de arroyos modernos en el desierto seco cercano y encontramos objetos de arcilla curvados del mismo tamaño y forma, que comenzaron como capas de arcilla depositadas en los lugares bajos a los costados del cauce del arroyo (fig. 14.9 A). Las tormentas de invierno producen pequeñas inundaciones en estos arroyos y al disminuir el flujo de agua, la arcilla se deposita en lugares bajos de aguas estancadas. Cuando el agua se evapora, se forman grietas de desecación en la arcilla que se está secando (*mudcracks,* fig. 14.9 C) y, al secarse más, hace que la fina capa de arcilla se enrule y forme fango o barro enrulado (*mudcurls*). Después que sucede esto, al ocurrir la siguiente tormenta se produce una corriente de agua que puede levantar los "rulos" de barro endurecido (como cáscaras) y depositarlos en arena antes de que tengan tiempo de ablandarse y romperse. Esto parece ser lo que vimos en las rocas–"rulos de barro" fósiles (fig. 14.9 B). Estos son otros tipos de criterios e indican que la roca sedimentaria se formó en un ambiente con suficiente flujo de agua, pero a veces alternando con episodios de desecación y formación de estos "rulos de fango". Para completar el cuadro, los "rulos de fango" fósiles no están lejos de las capas de arcilla con grietas de desecación fósiles (fig. 14.9 D) y huellas fosilizadas de aves.

No siempre es tan fácil identificar paleoambientes porque los ambientes y sus criterios pueden ser bastante complejos, a veces con criterios que se superponen en diferentes ambientes y, también, porque no siempre tenemos ambientes modernos (análogos modernos) que coinciden con las características de las antiguas rocas sedimentarias. A menudo hay debates sobre la correcta interpretación del paleoambiente. Se puede mejorar la confiabilidad de las interpretaciones paleoambientales si el geólogo puede estudiar la disposición física general de las características del sedimento a una gran escala. Por ejemplo, sería mucho más fácil identificar bancos de arena en un río cuando se observa el río desde la ladera de una montaña cercana, que por un examen cuidadoso de las estructuras internas de diversos depósitos de arena. Este tipo de estudio de las rocas a gran escala generalmente requiere técnicas especiales, como la exploración

y medición sísmica, que pueden determinar la estructura de las rocas sedimentarias por debajo de la superficie.

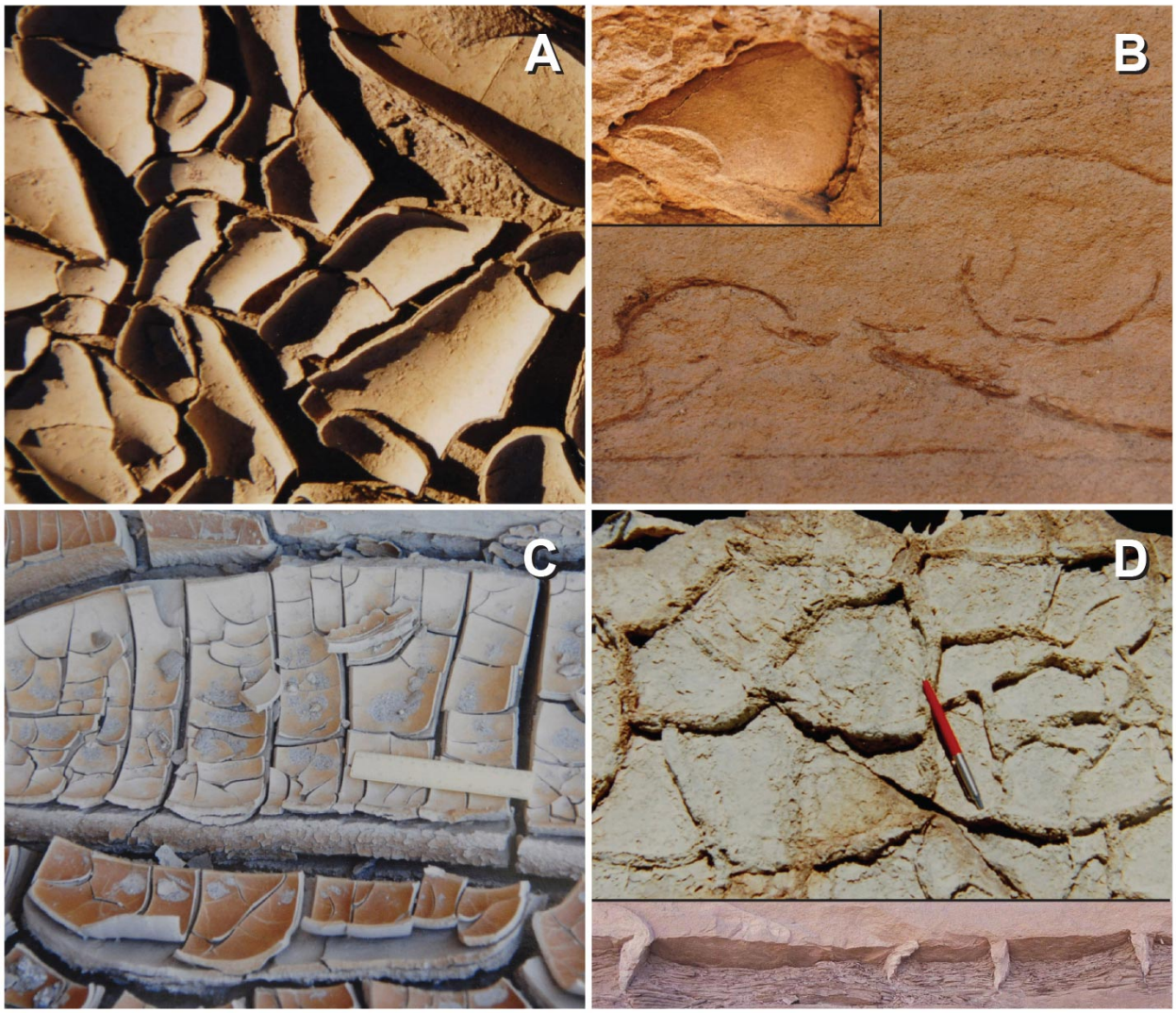


Figura 14.9. Fotografías de (A) "rulos de fango" modernos, (B) "rulos de fango fósiles" (en el recuadro una vista transversal y de la superficie), (C) grietas de desecación modernas, y (D) grietas de desecación fósiles (arriba: la superficie inferior de arena que rellenó las grietas; abajo: sección transversal de las grietas en la lutita con el relleno de arena). Fotografías de Leonard Brand.

Por medio de una comparación con análogos modernos, un geólogo convencional trata de determinar qué ambiente sedimentario moderno (fig. 14.6) es la interpretación más probable de un depósito sedimentario antiguo. Un geólogo de

corta edad arriba a muchas de las mismas conclusiones generales. Aún durante una catástrofe global, todavía ocurrirían muchos de los mismos procesos. Sin duda en algunos lugares ocurrirán procesos fluviales (fig. 14.6 A), y en otros habría sedimentación marina de agua profunda y agua somera (poco profunda) (fig. 14.6 B). El geólogo de corta edad supone que estos procesos en el registro geológico pudieron haber ocurrido a tasas más rápidas, en una escala geográfica mayor de las que se observan en la mayoría de los análogos modernos, y con poco o nada de tiempo entre los episodios de sedimentación.

La Formación Green River

Ahora nos trasladaremos más al norte a la Formación Green River (GRF) donde encontramos un segundo ejemplo de un ambiente antiguo y su interpretación. La GRF cubre extensas zonas en los estados de Wyoming, Utah y Colorado, y contiene millones de peces fósiles asociados con unos pocos vertebrados terrestres, incluyendo un pequeño caballo del Eoceno,[8] grandes tortugas, cocodrilos y otros. Los fósiles están presentes en secuencias muy extensas de capas delgadas de lutita. ¿En qué ambiente se depositó la GRF? Este ejemplo ilustra un problema que complica la interpretación de los ambientes de deposición y la paleoecología. Probablemente la mayoría de los fósiles (especialmente los vertebrados) no fueron enterrados donde vivían. Fueron transportados por agua y luego enterrados. Si organismos de diferentes ambientes se mezclaron mientras eran transportados (y aparentemente esto ha sucedido a menudo), el resultado sería un cuadro muy confuso para interpretar. En el caso de los peces y el caballo, es útil preguntarse si es más probable que un pequeño caballo sea arrastrado a un lago o que millones de peces sean arrastrados sobre una pradera. El tipo de sedimento que contiene los fósiles también provee claves importantes para el ambiente.

La distribución geográfica de los sedimentos de la GRF, los tipos de sedimento, los tipos de peces fósiles, y la mineralogía de los sedimentos indican que el área una vez fue una serie de grandes lagos. A veces el lago se llenaba de agua dulce y otras veces con agua salada o hasta hipersalina (contenido de sal más alto que el océano).[9] Zonas que habrían sido el medio del lago revelan grandes peces fósiles; peces fósiles bebés se encuentran a lo largo de la costa del antiguo lago junto con espadaña, insectos y otros organismos fósiles que se esperaría que vivieran a lo largo de la costa.[10] Algunas áreas muestran evidencia de ríos que fluían hacia el lago. De este modo, muchas indicaciones muestran que era un lago con animales que vivían en relaciones ecológicas normales. Esa es la manera como la mayoría de los geólogos lo interpreta. Y ya que este depósito pertenece al Eoceno, en la parte superior de la columna geológica, un geólogo de corta edad

probablemente concluiría que este era un lago que existió durante una época posterior a la catástrofe global. Vaticinaría que cuando entendamos toda la evidencia, indicará que el lago se llenó para formar la GRF en un marco de tiempo mucho más corto del que generalmente se cree. La excelente conservación de la mayoría de los fósiles en la GRF parece apoyar esa interpretación.

El Conglomerado Shinarump

El tercer ejemplo es el Conglomerado Shinarump, una formación que tiene como promedio 15,24 metros de espesor y cubre más de 260 mil kilómetros cuadrados en Utah y los estados vecinos, en una zona llamada la Meseta de Colorado. Esta formación está compuesta de arena y canto rodado como los que se encuentran en los lechos de los ríos. La interpretación corriente sugiere que una red de ríos anastomosados fluyó sobre esta área durante un largo período. Los cauces de ríos de un sistema anastomosado cambian con frecuencia. Algunos piensan que a medida que los ríos migraban, gradualmente cubrieron toda la zona con depósitos de ríos.[11] Un geólogo de corta edad compara este depósito a los análogos modernos y es sensible a las indicaciones de que a lo mejor no coincida con ningún ambiente deposicional moderno. Por ejemplo, ¿hay algún lugar en el mundo hoy, donde corrientes de agua estén depositando arena y conglomerado como estos sobre un área tan inmensa (260 mil kilómetros cuadrados) y con una composición y espesor tan uniformes? No que lo sepamos. Los ríos forman depósitos que serpentean a través de un valle, dejando un mosaico de depósitos de arena y barro, pero no crean depósitos uniformes sobre miles de kilómetros cuadrados. Parece más realista explicar esto como un evento catastrófico que ocurrió sobre una gran extensión y durante un corto lapso de tiempo.

El modelo general de los ambientes deposicionales

La teoría geológica de corta edad sugiere que buena parte del sedimento se depositó bajo agua. Una serie de mapas presenta una interpretación de que área de Norteamérica estuvo bajo agua en períodos geológicos sucesivos (fig. 14.10).[12] Estos científicos no interpretan los mapas en el sentido de que señalen un diluvio universal, pero la evidencia revela un cuadro interesante. Estos mapas se confeccionaron al examinar los sedimentos en busca de evidencia que indicara si fueron depositados bajo agua o en algún otro ambiente de depositación.

En el Cámbrico, prácticamente toda América del Norte excepto unas pocas regiones en el este de Canadá, existen evidencias de que estuvo bajo agua. Al este de Canadá se lo conoce como el Escudo Canadiense. Casi no tiene sedimentos más jóvenes que el Precámbrico. En consecuencia, en todos estos mapas, la presencia o

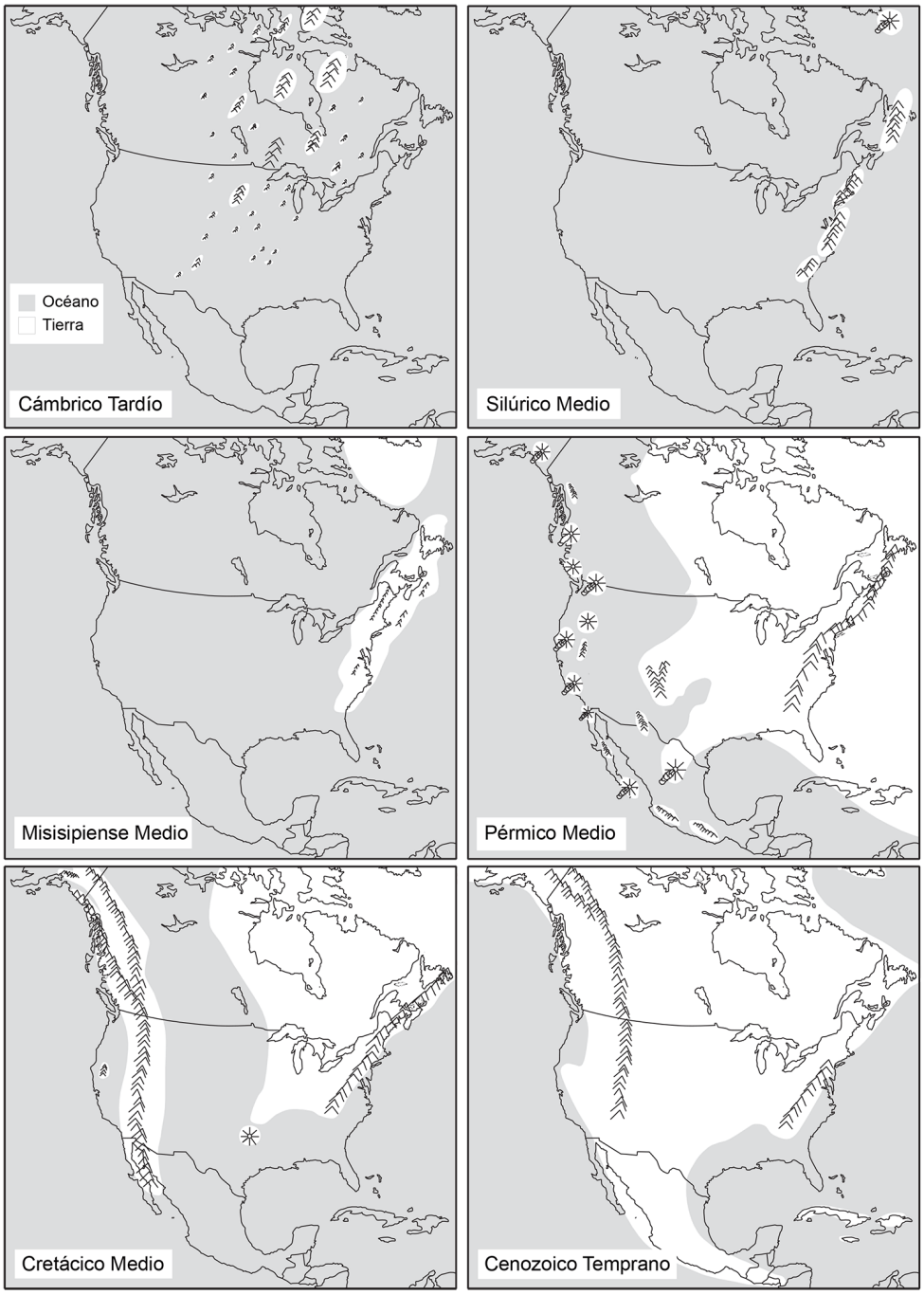


Figura 14.10. Mapas de América del Norte durante períodos geológicos sucesivos (que muestran aproximadamente período por medio). Las áreas sombreadas se interpretan como haber estado bajo agua cuando se depositaron los sedimentos (según Dott y Prothero 1994). La interpretación paleoambiental para el este de Canadá (el Escudo Canadiense) es muy especulativa, siendo que casi no tiene sedimentos después del Precámbrico. Ilustración de Leonard Brand.

Resumen 14-2

Interpretación de qué partes de los continentes estuvieron bajo agua

Datos

Los fósiles y rasgos sedimentarios en las rocas.

Interpretación

El proceso de inferir cuanta área estuvo bajo agua será similar en ambos puntos de vista.

La ciencia convencional: **Si los continentes estuvieron bajo agua, se interpreta esto como una situación no catastrófica durante una largo período de tiempo, tal como los mares epicontinentales.**

El intervencionismo: **Interpreta áreas significativas cubiertas por agua como parte de una catástrofe global de corto tiempo o un proceso de ajuste luego de la catástrofe.**

ausencia de agua sobre esta región es una conjetura. La evidencia del Cámbrico es consistente con la posibilidad de que una buena parte o toda Norteamérica estuvo bajo agua. Los mapas muestran etapas sucesivas a lo largo de la columna geológica desde las rocas más antiguas hasta las más recientes. Al pasar el tiempo, la cantidad de superficie cubierta por agua parece haber fluctuado.

En el Jurásico tardío y el Cretácico, el agua nuevamente cubrió un área mayor. Durante el Cenozoico, la evidencia de ambientes terrestres aumenta, indicando que los océanos habían retrocedido y una mayor parte de América del Norte aparecía sobre el nivel del agua, más parecido al continente que conocemos. Sin embargo, aun esos sedimentos y sus fósiles terrestres casi todos fueron depositados bajo agua. Durante el Pleistoceno, mucha agua estuvo atrapada en

forma de hielo y, por lo tanto, los niveles del océano eran más bajos apareciendo más tierra de lo que se ve ahora.

La evidencia indica que la Tierra (si América del Norte es representativa del resto del planeta) estuvo cubierta mayormente por agua en algún momento del pasado. ¿Es esto prueba de un diluvio universal? Aunque parece ajustarse a lo que la teoría de corta edad sugeriría, debemos evitar la palabra "prueba". Otras teorías de la historia de la Tierra pueden dar cuenta de estos datos, pero es justo decir que los geólogos de diferentes contextos filosóficos concuerdan que en épocas pasadas el agua cubrió una mayor superficie de nuestros continentes.

La acumulación de los depósitos sedimentarios

En un año, un río puede depositar arena nueva en una zona y al año siguiente erosionarla y depositar arena en otra parte del valle. A lo largo de los años, de manera repetida, el sedimento es transportado, erosionado y redepositado, pero con el tiempo, no hay una acumulación neta de nuevas capas de arena una sobre otra. Esto es típico de los procesos geológicos modernos por sobre el nivel del mar. ¿Qué se necesita para depositar la sucesión vertical de formaciones rocosas que vemos en el registro geológico sin que el sedimento sea erosionado nuevamente?

Si la corteza terrestre debajo de ese valle fluvial comenzó a hundirse lentamente, formando una cuenca que se va profundizando, el sedimento arrastrado podría acumular capa tras capa en una nueva cuenca (fig. 14.11). Esto es lo que requiere para una acumulación significativa de sedimento. Debe haber una fuente adecuada de nuevo sedimento proveniente de la erosión de otras rocas, suficiente flujo de agua para transportar el sedimento, y una cuenca que se vaya ahondando donde almacenarlo. La cuenca puede ser tan pequeña como el valle de un pequeño río o tan grande como el océano, pero al llenarse debe seguir hundiéndose para poder continuar acumulando más capas de sedimento. Una teoría geológica de corta edad debe incorporar este concepto y las cuencas deben hundirse más rápidamente de lo que la mayoría de los geólogos piensan que lo hacen.

La formación de montañas

Normalmente, los sedimentos se depositan en estratos (capas) horizontales. Sin embargo, las capas no siempre permanecen de esa manera. Las montañas se elevan, inclinando y plegando los estratos de sedimento.

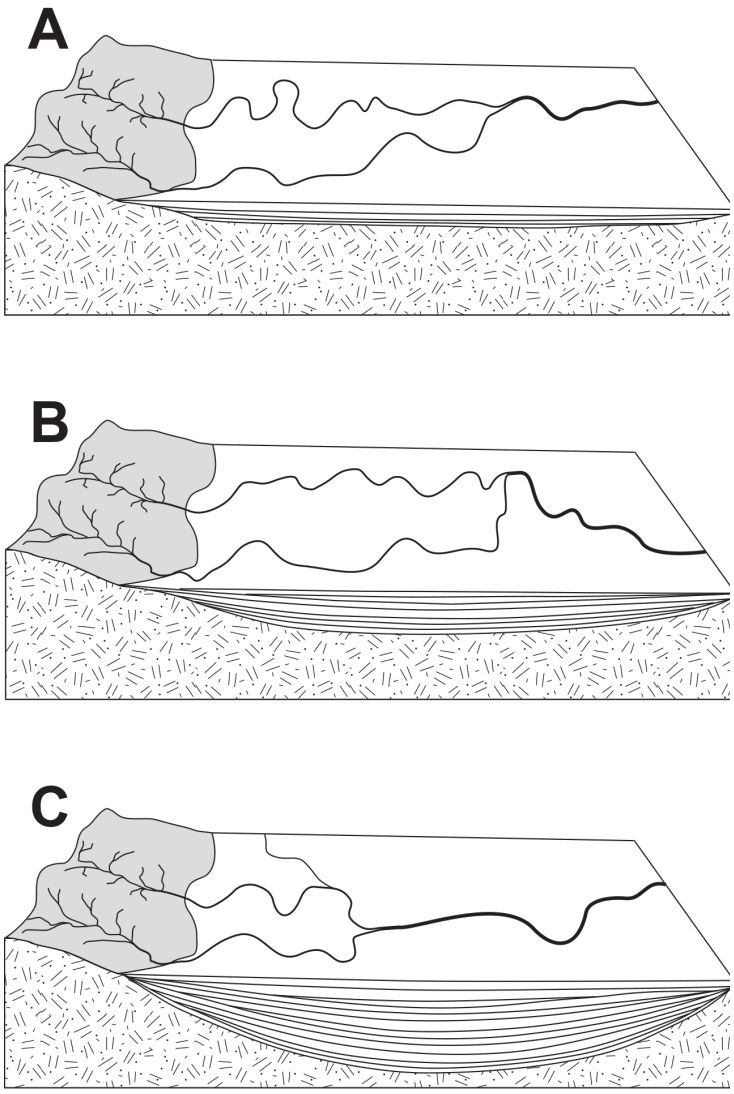


Figura 14.11. Diagrama que ilustra el hundimiento de una cuenca geológica a medida que los estratos sedimentarios de acumulan en la cuenca, desde el tiempo A al tiempo C (Brand 2006 a).

Varios procesos pueden producir montañas (fig. 14.12):

- Las montañas plegadas surgen por fuerzas de compresión en la Tierra que elevan y pliegan los sedimentos hasta formar estructuras permanentes en forma de ola.

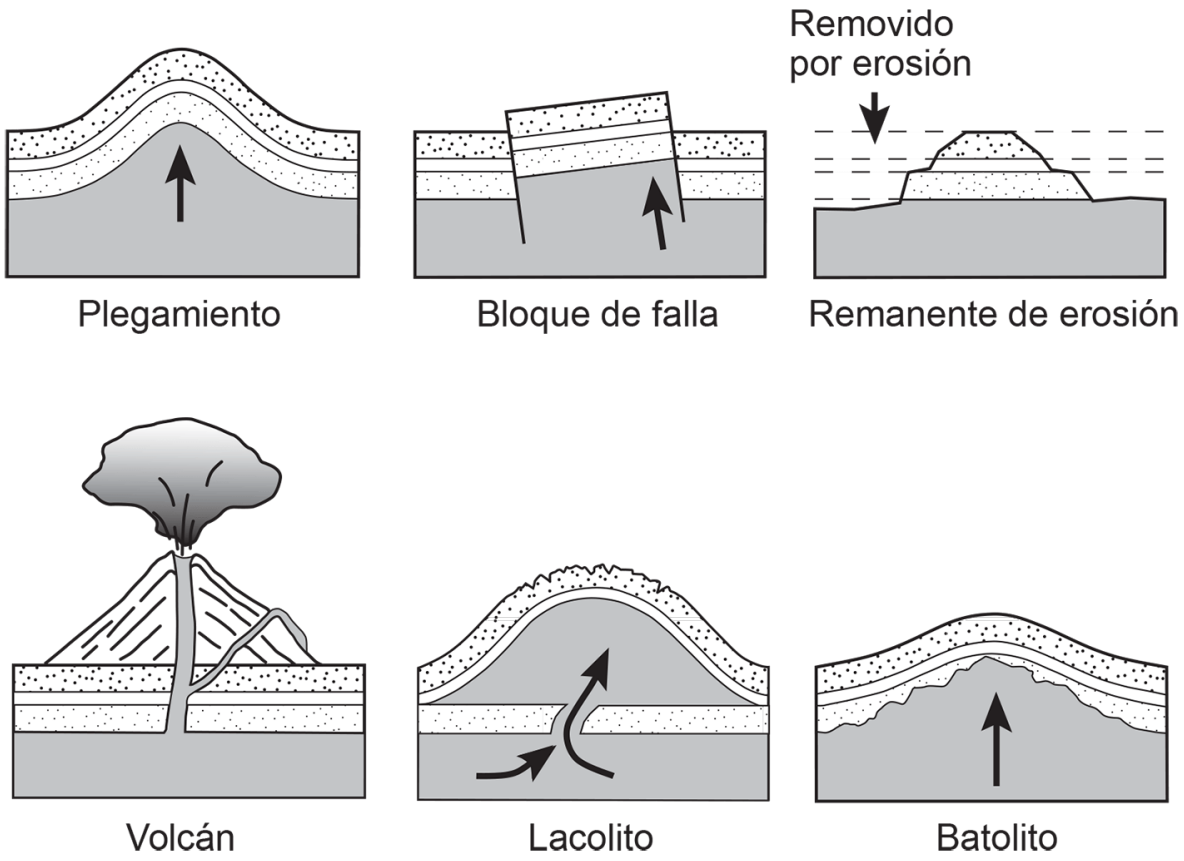


Figura 14.12. Secciones transversales de varios tipos de montañas. Ilustración de Carole Stanton.

- Las montañas de bloques de fallas se forman cuando una sección o bloque de la corteza terrestre se mueve hacia arriba o hacia abajo a lo largo de una falla.
- Los remanentes de erosión son montañas que quedan cuando partes de una gruesa secuencia de sedimentos han sido erosionadas, dejando las partes no erosionadas como montañas.
- Los volcanes forman montañas compuestas del magma que surge a través de fisuras en la corteza terrestre al fluir la lava o cuando la ceniza volcánica es arrojada al aire y cae para formar un cono volcánico.
- Las intrusiones de magma hacia adentro o a través de los sedimentos ocurre de diferentes maneras. Si el magma simplemente fluye entre las capas de rocas sedimentarias y no llega a la superficie, produce una intrusión parecida a una

ampolla o burbuja, llamada lacolito. Un batolito es una masa rocosa resultado de una intrusión que ha empujado todo lo que está por encima para formar una montaña.

En realidad, las montañas a menudo son una combinación de estos procesos. Por ejemplo, las montañas de la Sierra Nevada, en California, están compuestas de una cantidad de batolitos que se han desplazado hacia arriba a lo largo de una falla en el lado este de la cadena.

¿Cómo se relaciona la teoría de corta edad con estos procesos? Los distintos tipos de montañas son realidades geológicas respaldadas por abundante evidencia. Ciertamente hay lugar para opiniones diferentes sobre los detalles, pero cualquier teoría geológica debe incorporar estos procesos y eventos básicos de la formación de montañas dentro de su estructura. En la teoría de corta edad la tasa de formación montañosa tendrá que ser más rápida que en la geología convencional.

Las relaciones de cortes transversales se refieren a un caso donde un estrato o estructura corta a través de otra, tal como una intrusión que corta a través de estratos preexistentes. Los estratos debían estar presentes para que la intrusión los cortara. Tales relaciones estructurales pueden indicar en qué momento en una secuencia de eventos geológicos se levantó una montaña (fig. 14.13). Esto no es lo mismo que determinar la edad absoluta de una montaña en años. Esa es otra cuestión. Las relaciones de cortes transversales indican la edad relativa de diferentes estructuras: en este caso, qué rocas ya estaban allí antes de que apareciera la montaña y qué rocas se formaron después que la montaña se elevó. Estas edades relativas de las rocas en un área cualquiera indican una secuencia de eventos que toda teoría geológica debe explicar. La teoría de corta edad reconoce esta secuencia de eventos pero no está de acuerdo con el tiempo y la rapidez con que ocurrieron.

La erosión y el desarrollo del paisaje

Durante y después del levantamiento de las montañas, el agua corre bajando por las montañas y erosiona valles y cañones y da forma a la montaña con una estructura relativamente estable. El agua siempre va cuesta abajo; aun un diluvio catastrófico no cambiará esas leyes de la naturaleza. La erosión por agua labra patrones del desagüe de corrientes característicos en el paisaje cuando el agua encuentra su camino cuesta abajo y finalmente llega al océano. Cómo ocurre esto y cuánto tiempo lleva depende de la naturaleza del proceso de formación de montañas, cuán rápidamente sucedió y cuánta agua hay disponible para hacer el trabajo. Si la erosión solo resulta de la acción de la lluvia que cae a tasas normales,

mientras una montaña se eleva muy lentamente durante miles o millones de años, la erosión tarda mucho tiempo. Sin embargo, si la montaña se eleva rápidamente y/ o la cantidad de agua que corre aumenta repentina y dramáticamente, el proceso de erosión puede ocurrir rápidamente.

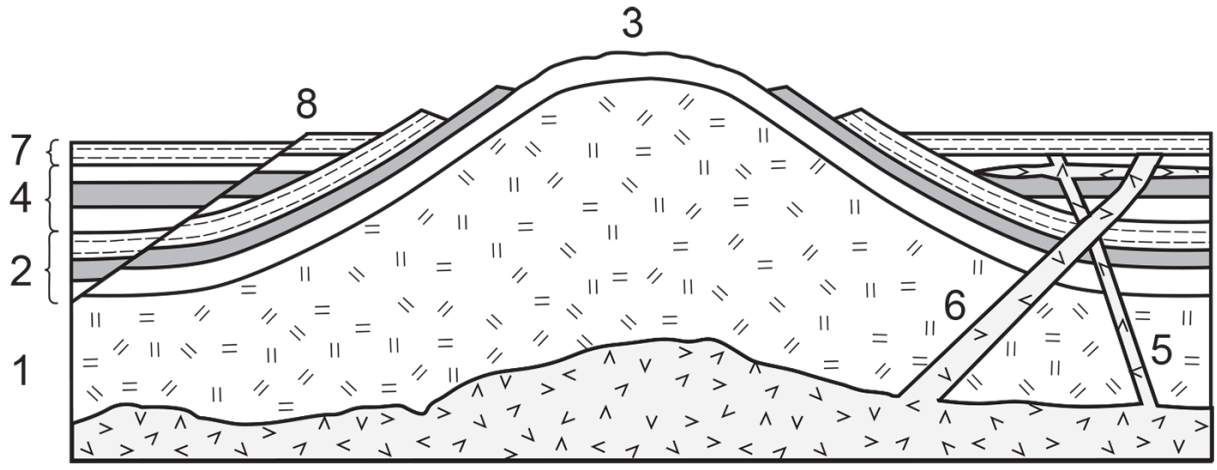


Figura 14.13. Relaciones de cortes transversales que ilustran cómo puede determinarse una secuencia de eventos geológicos. (1) Estaba presente una base de granito, luego (2) se depositaron varios estratos sedimentarios sobre la base nivelada de granito, antes que (3) un levantamiento de granito y los sedimentos produjera una montaña. Después del levantamiento se formaron sedimentos subsecuentes y como resultado son horizontales. (4) Se formaron tres de estas nuevas capas sedimentarias y luego (5) fueron cortadas por un dique de roca fundida. (6) Después, otro dique cortó a través del primer dique y los sedimentos. Luego (7) se depositó más sedimento y (8) todos los sedimentos se movieron a lo largo de una falla. Ilustración de Carole Stanton.

En tiempos modernos, se observa o infiere una erosión rápida en varias situaciones que ilustran lo que se requiere para producirla (fig. 14.2). Cuando el Monte Santa Helena entró en erupción en 1980, un gran volumen de material volcánico fue arrojado hacia afuera y depositado al norte de la montaña. El agua que drenaba del Lago Spirit atravesó esta ceniza volcánica, erosionándola rápidamente.

Resumen 14-3

Cómo se forman las montañas

Datos

Las relaciones geométricas entre los rasgos geológicos tal como se ilustran en la Figura 14.13.

Interpretación

La ciencia convencional: **Algunos de estos procesos podrían haber ocurrido rápidamente, pero la mayoría fueron muy graduales, y la secuencia completa tardó millones de años.**

El intervencionismo: **Más abierto a índices rápidos para estos procesos; la secuencia completa tardó un corto período de tiempo.**

Cuando la erosión se produce sobre la ladera de una montaña o a través de sedimento que no se erosionó previamente, continúa cortando a través del sedimento hasta que alcanza el perfil estable de un río. Arriba en la ladera, el valle del río cae abruptamente; a menor elevación, se nivela gradualmente. Este perfil del río está en equilibrio. El sedimento en el río se erosiona y deposita más o menos al mismo ritmo, dando como resultado una erosión neta mínima que ocurre solo muy lentamente. Los eventos en el Monte Santa Helena (así como en el reciente cañón cerca de mi casa) ilustran lo que sucede cuando un arroyo o río no ha alcanzado este estado de equilibrio.[13] Los arroyos que fluían sobre el nuevo sedimento del Santa Helena rápidamente excavaron cañones de treinta metros de profundidad con los típicos diseños de drenaje dendrítico. Estos cañones alcanzaron un perfil maduro muy rápidamente, en un año o mucho menos.

Un campo cerca de Walla Walla, Washington, tiene un cañón de más de treinta metros de profundidad que se excavó a través de los sedimentos en unos

pocos días cuando el agua se escapó por la ruptura de un canal de irrigación. En el este del estado de Washington, un área llamada Channeled Scablands tiene un sistema entrecruzado de grandes cañones (llamados localmente *coolies*) que tienen hasta 274 metros de profundidad. Estos se excavaron a través del duro Basalto del Río Columbia en unos pocos días durante la edad de hielo del Pleistoceno cuando se rompió un dique de hielo y liberó inundaciones gigantescas desde el lago glacial Missoula (fig. 14.14).[14]

Un importante cañón de un río en Islandia de unos cien metros de profundidad se excavó por tres eventos de inundación extrema causados por erupciones volcánicas debajo de un glaciar. Cada evento excavó hasta dos kilómetros de cañón a través de la roca madre en solo unos pocos días.[15]

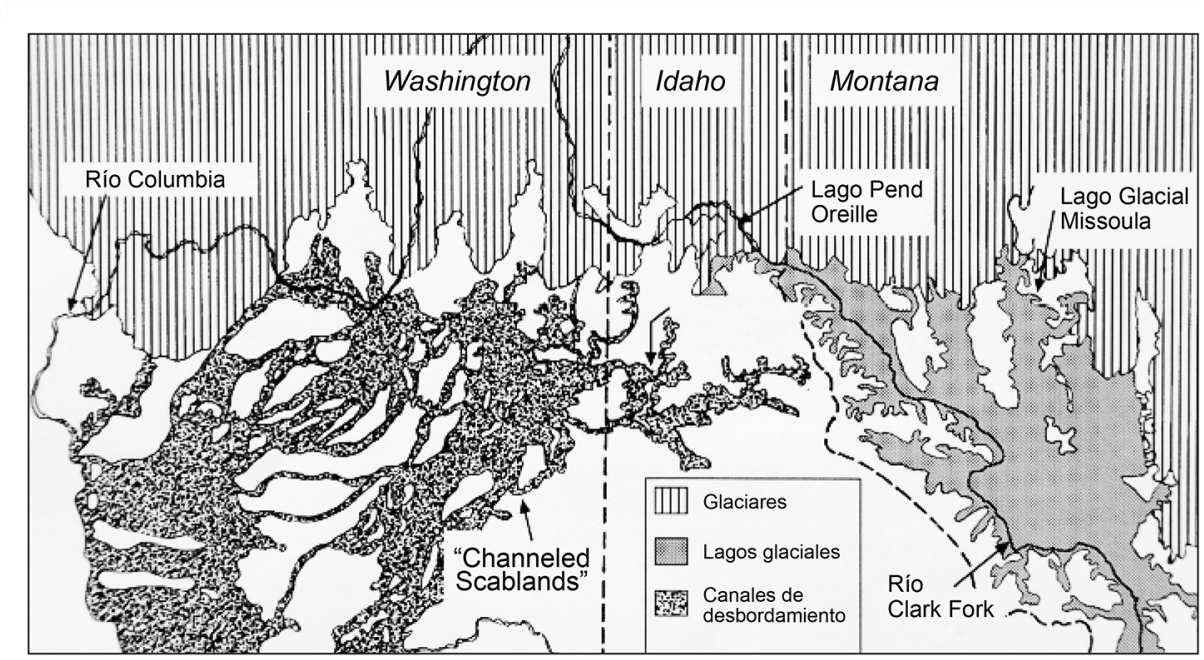


Figura 14.14. Mapa del lago glacial Missoula y los Channeled Scablands, que se excavaron por el Spokane Flood (inundación Spokane), que se inició por la ruptura de un dique glacial de hielo (según Stearn et al. 1979) Ilustración de Robert Knabenbauer.

Hoy día es posible observar los procesos de erosión que dan forma al paisaje y que han sido parte importante de la historia de la Tierra en cualquier teoría. Una teoría de corta edad difiere principalmente al sugerir que buena parte de la importante erosión que dio forma a la Tierra ocurrió durante una catástrofe mayor,

Resumen 14-4

Cómo se desarrollaron los paisajes

Datos

Las formas de los rasgos del paisaje. Las observaciones de eventos erosionales en los paisajes modernos.

Interpretación

La ciencia convencional: **La erosión se puede interpretar como algo que se produjo rápida o lentamente, pero hay un sesgo hacia procesos muy lentos y prolongados.**

El intervencionismo: **La erosión de los rasgos del paisaje varía de rápida durante una catástrofe a lenta en el mundo moderno. Simplemente pregunte: "La evidencia ¿favorece un proceso rápido o uno lento?" La expectativa es que fue rápida para la mayoría de los procesos en la antigüedad.**

y durante un período posterior de ajuste, todavía un tanto catastrófico. Un evento tal sería una situación ideal para una erosión rápida moldeando la superficie del terreno y desarrollando el paisaje y luego aminorando a medida que los sistemas de drenaje llegaban a un equilibrio hasta que alcanzaron un estado general estable y un ritmo relativamente lento de erosión que se ve en el mundo hoy. Esto se asemeja en una escala mayor a lo que observé en el pequeño cañón cerca de mi casa.

La cantidad de erosión que se ha producido es asombrosa. Se formaron cadenas montañosas que después se erosionaron en su mayor parte o completamente. Algunos cordones montañosos importantes existentes en América del Norte han experimentado mucha erosión. Antes que las capas sedimentarias fueran erosionadas de las montañas hacia los valles, las Montañas Rocallosas originales aparentemente alcanzaban como 10 mil metros (fig. 14.15) en comparación con los picos de 4500 metros de la actualidad.[16] Los Montes Apalaches en el este de Estados Unidos no tienen más de 1525 metros de altura y

generalmente menos, pero originalmente probablemente eran tan altos como las Rocallosas y se han erosionado hasta que todo lo que queda son las raíces de las montañas originales. La teoría de corta edad propone que esta significativa erosión ocurrió rápidamente durante épocas cuando el sedimento todavía estaba relativamente no consolidado y había una gran cantidad de agua disponible para la erosión.

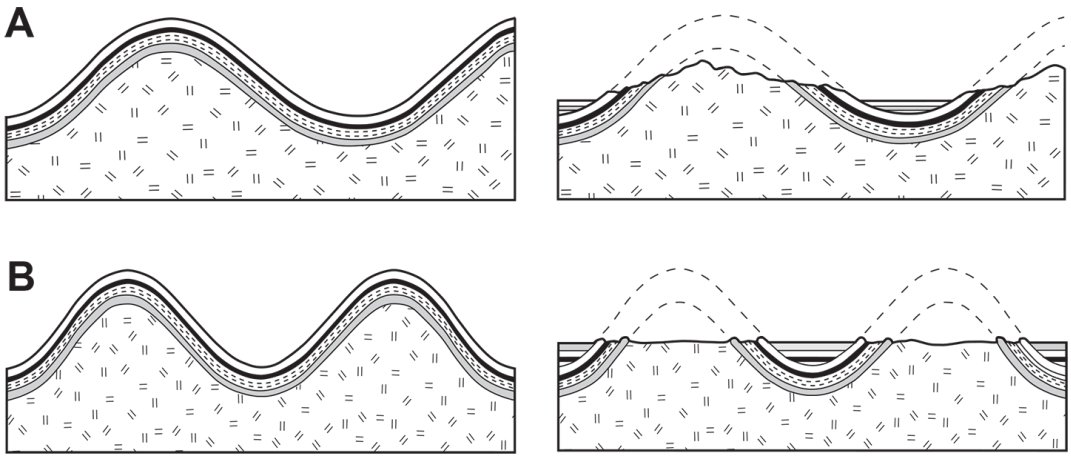


Figura 14.15. Secciones transversales a través de (A) las Montañas Rocallosas y (B) los Montes Apalaches, mostrando la aparente forma original y la forma actual de las montañas luego de la erosión. La magnitud de los levantamientos originales era aproximadamente igual, pero los Apalaches son más bajos porque se erosionaron más. Ilustración de Carole Stanton.

Esta compleja serie de eventos, ¿puede producirse rápidamente?

La discusión más arriba propone que una serie muy compleja de sedimentos se formó, cementó para formar roca, se elevó en episodios formadores de montañas y se erosionó hasta determinar nuestro paisaje actual– todo en un corto período de tiempo. ¿Es esto realista? La figura 14.16 muestra un corte transversal de un conjunto complejo de estratos sedimentarios. ¿Cuánto llevaría formar cada una de las capas horizontales inferiores y luego cada una de las capas inclinadas? Arriba hay otra serie de capas horizontales y una capa de fina fangolita por encima de esa. Cada estrato debe depositarse en una forma tal que le permita conservar su identidad. ¿Cuánto tiempo se necesita después de que cada capa se formó para que se consolide o compacte antes que se deposite la siguiente capa?

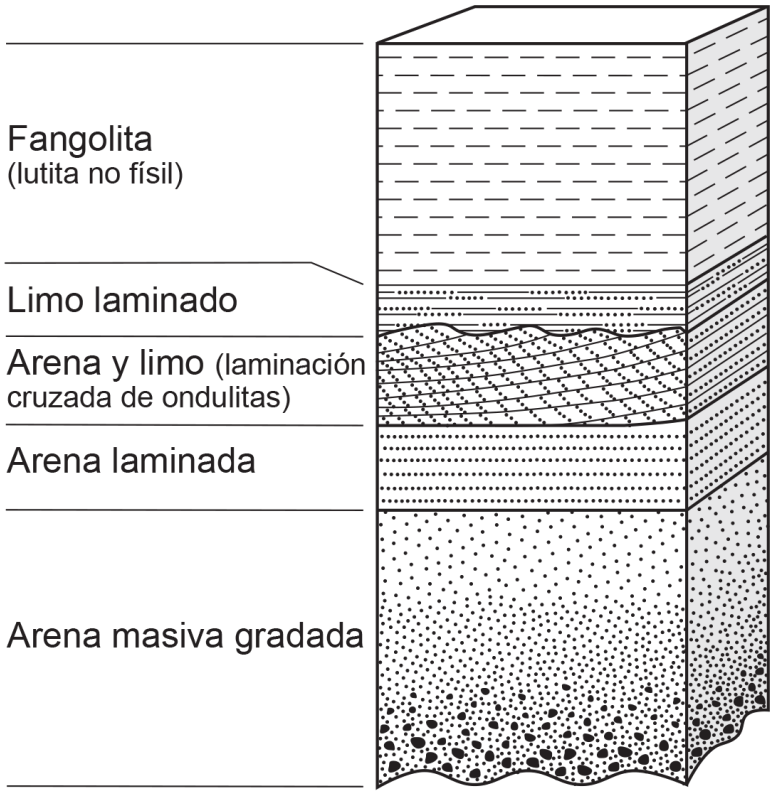


Figura 14.16. Una secuencia compleja de sedimentos, llamada una secuencia Bouma. Ilustración de Carole Stanton.

Algunos suponen que una serie de eventos sedimentarios requiere mucho tiempo. Sin embargo, la serie de depósitos que se ven en la figura 14.16 se llama una secuencia Bouma: la secuencia de unidades sedimentarias que se deposita en unos pocos segundos o minutos cuando una corriente de turbidez pasa sobre un punto determinado. Al disminuir la velocidad de la corriente, deposita un conjunto de estructuras sedimentarias en una secuencia Bouma o una parte de ella.[17] Un depósito complejo no es necesariamente una indicación de un largo transcurso de tiempo, y el sedimento no se cementa entre el depósito de capas sucesivas.

¿Cuánto tiempo lleva formar montañas? Los procesos tectónicos modernos involucran pequeños movimientos a lo largo de fallas llevarían un tiempo muy largo. ¿Tenemos alguna evidencia concreta que indique que no puede producirse rápidamente? Por ser que vivimos en un mundo moderno estable, tenemos la tendencia de suponer que los procesos geológicos siempre duraron mucho tiempo. Puede ser que esta suposición no esté justificada. Hoy en día, el proceso total de erosión ocurre lentamente, pero puede ser extremadamente rápido en una situación

geológica inestable tal como la erupción del Monte Santa Helena y sus consecuencias posteriores. Por supuesto que una catástrofe global sería un escenario de mayor inestabilidad que podría producir tasas de erosión y movimientos de tierra rápidos hasta alcanzar un nuevo equilibrio geológico.

¿Podrían los sedimentos consolidarse tan rápido como para mantener su integridad durante toda esta rápida conmoción? Se necesita más investigación sobre esta cuestión. Algunas evidencias indican la formación rápida de las rocas.[18] En el laboratorio se ha formado carbón en menos de un año,[19] y en pocos días se hacen crecer cristales de granito.[20]

Aun quedan sin responder muchas preguntas acerca de cuán rápidamente pueden ocurrir estos procesos geológicos a gran escala, especialmente ya que nunca hemos sido testigos de tales eventos. Las investigaciones en décadas recientes revelan evidencias de procesos geológicos cada vez más catastróficos. Predecimos que esta tendencia continuará. El desafío para la teoría de corta edad no parece ser el número total y la complejidad de los eventos geológicos. Sin embargo, procesos más específicos dan evidencia de requerir tiempo (por ej., la sedimentación de secuencias de ciclos de mareas, el crecimiento de arrecifes de coral y de otras estructuras biológicas en las rocas, el reciclado de fósiles y de rocas, la meteorización química, la distribución de radioisótopos, etc.). Se necesita mucho más estudio de tales procesos y su relación con el registro geológico. Volveremos a tratar este asunto.

La glaciación

Otra fuerza que ha contribuido a modelar el terreno y formar el paisaje es la glaciación.[21] Los geólogos pueden tener mayor confianza en su comprensión de los procesos glaciales de lo que es posible en otros campos de la geología. Nadie ha visto elevarse una montaña donde antes no existía nada, excepto con algunos volcanes. Actualmente las montañas modernas se elevan solo unos centímetros al año. Sin embargo, en el lejano norte o en regiones de alta montaña, se pueden observan los procesos glaciales y sus efectos. Una décima parte de la Tierra todavía está cubierta de hielo, incluyendo Groenlandia, partes de la Antártida y grandes regiones en las cadenas montañosas nórdicas. La capa de hielo antártica es cincuenta por ciento más grande que los Estados Unidos. Los glaciares, ¿eran aún mucho más extensos en el pasado? ¿Hubo realmente una Edad Glacial? Para contestar estas preguntas, repasemos el proceso de glaciación y la evidencia que dejan los glaciares. Podemos buscar esta evidencia en las áreas que supuestamente estaban cubiertas de hielo durante la Edad Glacial.

Arriba, en las frías cadenas montañosas, los bancos de nieve se acumulan y consolidad formando hielo. Cuando este banco de hielo es suficientemente pesado, la gravedad comienza a moverlo lentamente cuesta abajo en la montaña. Al moverse el hielo, su peso empuja y arrastra rocas y sedimento cortando y erosionando la roca subyacente. Esta masa desordenada de escombros se acumula sobre y en el hielo, a lo largo de los bordes del glaciar y, con el tiempo, se deposita a lo largo del costado del valle y al pie del glaciar. El hielo continúa moviéndose hacia abajo y el glaciar se hace más largo hasta que el pie del glaciar alcanza una elevación en la cual el hielo se derrite tan rápido como se mueve. No se hace más largo a menos que la acumulación de nieve y su compactación a hielo exceda la velocidad en que se derrite el hielo. En la Tabla 14.3 se hace una lista de varios de los efectos que un glaciar activo tiene sobre la superficie terrestre.

Tabla 14.3. Evidencia dejada por los glaciares.

Valles en forma de U	Cuando los ríos corren a través de zonas montañosas, tallan hacia abajo y sedimentan los desmoronamientos en el río, produciendo un valle con forma de V (fig. 14.7, izquierda). Cuando un glaciar baja por un valle, lima los costados, produciendo un valle con forma de U (fig. 14.7, derecha).
Cuencas de circos glaciares	En el punto de origen del glaciar, el hielo se mueve continuamente hacia abajo, alejándose de la alta cresta de la montaña. La nieve y el hielo llenan el espacio y se congelan en las grietas de las rocas. Esto agrieta aún más las rocas y, al moverse el glaciar, las rocas se aflojan y caen al glaciar. Este proceso labra cuencas en forma de anfiteatro llamados circos, que pueden verse a la cabeza del glaciar.
Estrías y pulido glacial	Al bajar por el valle, el glaciar arrastra una gran cantidad de detrito (restos de roca molida) y raspa la roca subyacente, puliendo la roca y excavando surcos (estrías) orientados en la dirección en que se mueve el glaciar.
Morrenas	Los restos de roca y tierra erosionados por un glaciar se acumulan sobre y dentro del glaciar o son arrastrados junto con él. Este proceso no separa los sedimentos por el tamaño de las partículas ni pule los bordes filosos de las rocas tanto como lo

hace el agua corriente. Esto resulta en una mezcla no seleccionada de sedimento fino y rocas angulares y piedras llamado “till”. El till se acumula a lo largo de los bordes del glaciar en cordones llamados morrenas laterales (fig. 14.18), al pie del glaciar en morrenas terminales, y en una morrena medial donde se encuentran dos glaciares. Estos cordones de restos de roca desordenada y arreglada en patrones espaciales específicos sobre y alrededor de un glaciar quedan con ese patrón en el valle de la montaña cuando el glaciar se derrite.

Bloques erráticos Al avanzar un glaciar, las rocas y los bloques caen sobre el glaciar y pueden ser arrastrados muy lejos de su fuente de origen antes de que el glaciar los deje sobre la superficie al derretirse. Estas grandes rocas, llamadas bloques erráticos glaciares, será un tipo de roca diferente del estrato rocoso subyacente.

Para evaluar la posibilidad de que hubieron glaciares en el pasado, podemos buscar este mismo tipo de evidencia en regiones donde no hoy no se producen glaciares. No siempre es fácil identificar glaciaciones antiguas, ya que otros procesos dejan algunas de las mismas evidencias. Depósitos de sedimentos desordenados (que se parecen al till glacial), rocas estriadas y rocas de lecho con superficie acanalada y pulida pueden producirse por mecanismos tales como barro subacuático, corrientes de detritos o impactos de objetos extraterrestres.[22] En consecuencia, se requieren múltiples líneas de evidencia para identificar con seguridad una glaciación antigua. Las más concluyentes son las formas del relieve —como el arreglo espacial de los rasgos glaciales— tales como las morrenas (fig. 14.18) y otras características en la tabla 14.3 en relación con un valle de montaña en forma de U (como se ve en el Pleistoceno y en las glaciaciones modernas; fig. 14.17).

La distribución moderna de la evidencia glacial

Durante la edad glacial del Pleistoceno, los valles de las montañas de la Sierra Nevada aparentemente contenían grandes glaciares como los que ahora se encuentran en el norte de Alaska. En los altos valles de la Sierra Nevada central hay cuencas de circos glaciares a lo largo de las crestas, tal como las producidas por glaciares.

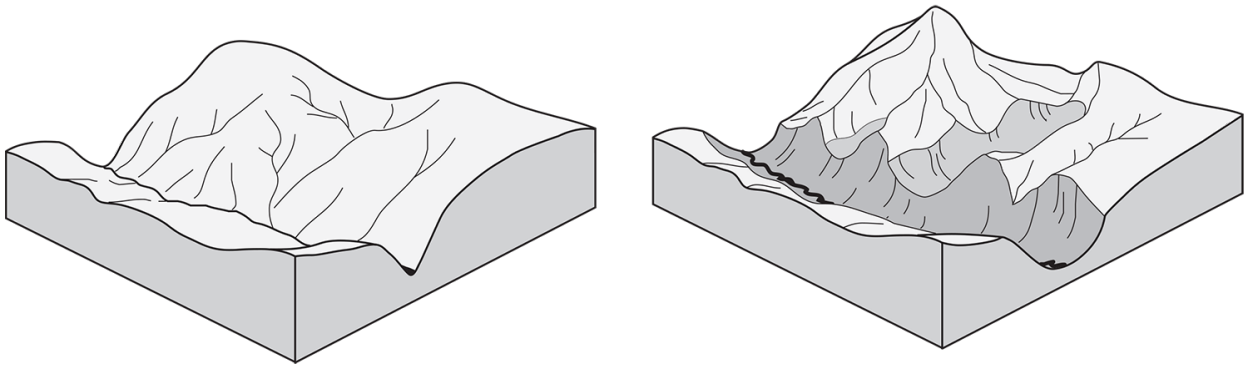


Figura 14.17. Cortes transversales que ilustran (izquierda) un valle de río en forma de V y (derecha) un valle glacial en forma de U. Ilustración de Carole Stanton.

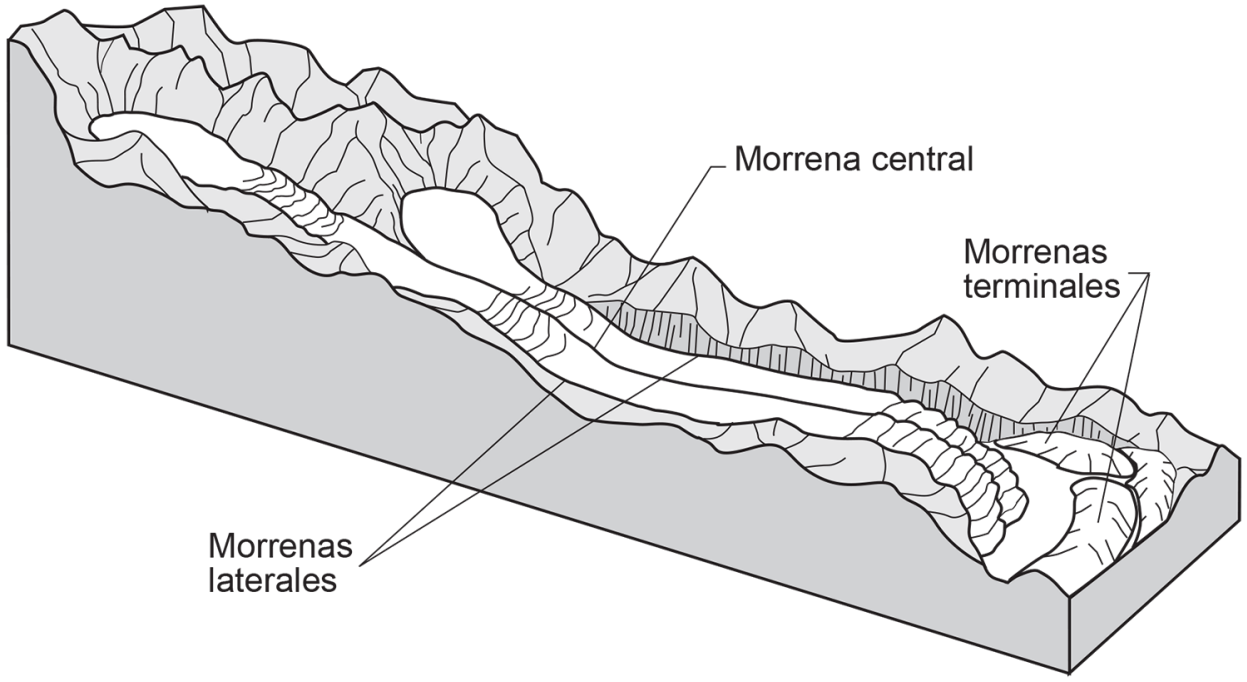


Figura 14.18. La disposición de las morrenas en un valle glacial. Cada rama glacial se origina en un circo con forma de anfiteatro. Ilustración de Leonard Brand.

Bajando por los valles en forma de U desde estos circos glaciares hay rocas pulidas y acanaladas; más abajo hay acumulaciones de sedimentos (derrubios glaciares) que concuerdan exactamente con las características de las morrenas. Estas morrenas no ocurren en pequeños valles locales, sino solo en los largos valles que se extienden hasta arriba en las montañas y contienen otras evidencias de glaciación. Las morrenas se ven más fácilmente a lo largo del lado este de la Sierra Nevada en las bocas de los cañones más grandes.

Existen evidencias convincentes que indican que las montañas de la Sierra Nevada una vez se vieron fuertemente afectadas por la glaciación. También se puede encontrar la misma evidencia en los altos cordones montañosos en otras partes del mundo, lo que indica que en una época el hielo estuvo mucho más extendido de lo que lo está ahora.

Según la teoría, la glaciación del Pleistoceno no solo afectó las montañas, sino que también cubrió extensas zonas nórdicas de los continentes, aun donde no hay montañas. ¿Apoya la evidencia esta teoría de glaciación continental? En primer lugar, recordemos que hoy en día se puede observar la glaciación continental sobre la superficie terrestre. Groenlandia y la Antártida poseen enormes mantos de hielo continental de hasta 1600 metros de espesor. En el estado de Dakota del Sur y en otros lugares pueden hallarse evidencias del mismo tipo de glaciación. Nueva Inglaterra tiene áreas de rocas estriadas y pulidas, y los surcos resultan estar orientados como se esperaría si un manto de hielo se hubiese movido desde el norte. En las regiones nórdicas pueden hallarse evidencias de la acción glacial sobre grandes extensiones (fig. 14.19). Los tipos de evidencia y su distribución geográfica señalan de manera consistente que en esencia, todo Canadá estuvo cubierto de hielo, y que el hielo se extendió a los Estados Unidos en Washington, las Dakotas y extensas regiones del noreste de Estados Unidos. Todo el norte de Europa, además de las cadenas montañosas, también estuvo cubierto de hielo.

La cantidad de glaciación ha fluctuado a lo largo de la historia, aun después de la edad glacial del Pleistoceno. Cerca del 600 d. C., los altos pasos a través de los Alpes estaban libres de hielo. Los registros históricos nos cuentan de caminos que iban a través de estos pasos desde Suiza a Italia. Hoy, estos mismos pasos están cubiertos con glaciares. Desde alrededor del 1450 al 1850, ocurrió la llamada "Pequeña Edad Glacial".[23] Los registros históricos de diversas partes de Europa documentan ese período de clima muy frío. El Río Támesis se congeló (no lo hace ahora), junto con muchos otros ríos, y los registros agrícolas y comerciales muestran que las cosechas en regiones de climas templados se movieron a zonas más bajas y hacia el sur durante esa época. A la larga, a veces el clima no es tan estable como pensamos.

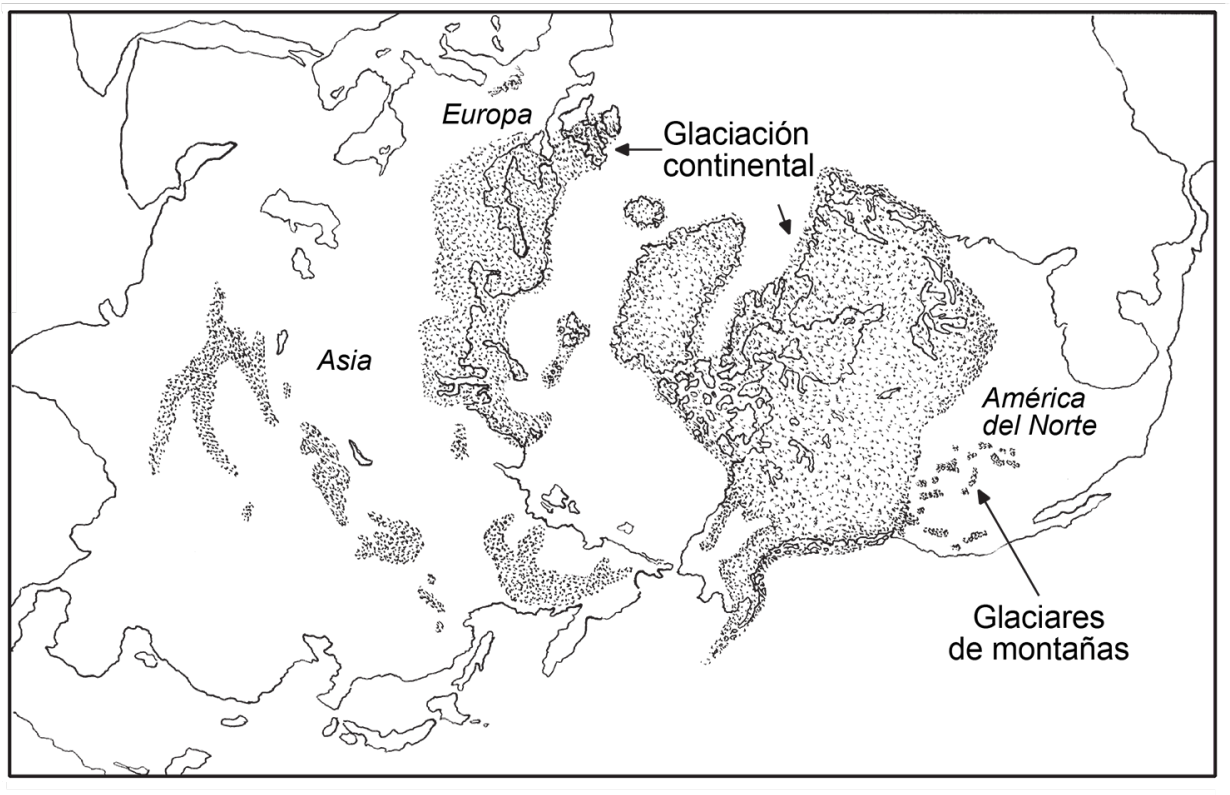


Figura 14.19. La distribución máxima de la glaciación del Pleistoceno. Ilustración de Robert Knabenbauer.

Se necesitan dos factores para iniciar una edad glacial: veranos frescos y precipitación adecuada. La mayor parte del mundo ya tiene inviernos suficientemente fríos, pero los veranos tienen ser suficientemente frescos para que los bancos de nieve del invierno no se derritan. Además, la precipitación durante el invierno debe ser suficiente para formar un manto de hielo. Extensas regiones de Siberia y Alaska no muestran evidencia de glaciación. Son suficientemente frías, pero aparentemente no recibieron suficiente precipitación para generar un manto de hielo.

Una teoría destacada señala que la causa para estas condiciones más frías está relacionada a factores que reducen la cantidad de luz solar que llega a la superficie terrestre. Durante la Pequeña Edad de Hielo, se redujo grandemente el número de manchas solares. Algunos creen que esto reduce la cantidad de radiación del sol.[24]

Los grandes volcanes pueden enviar a la atmósfera suficiente ceniza volcánica como para afectar el clima. Cuando el Monte Santa Helena entró en erupción, enormes cantidades de ceniza fueron arrojadas al aire y ni siquiera era un

Resumen 14-5

Los procesos de glaciación

Datos

Las observaciones de glaciares modernos activos y la evidencia que dejan en su paso. La evidencia en rocas que coinciden con la evidencia moderna glacial y parece ser resultado de glaciaciones antiguas. El estudio de otros procesos no glaciales que pueden producir características similares a la evidencia glacial.

Interpretación

El proceso de interpretación será muy similar en ambas cosmovisiones, pero la ciencia naturalista tendrá una menor motivación en desafiar la interpretación glacial cuando existen casos cuestionables.

volcán demasiado grande. En 1912, el Mount Katmai en Alaska erupcionó, y las estaciones meteorológicas de Europa informaron temperaturas inferiores durante un buen tiempo posterior al evento.

A veces se refiere al año 1816 como el año sin verano.[25] Ese año, Nueva Inglaterra recibió 15 centímetros de nieve en junio y, en realidad, se informó nieve cada mes del año. Algunos piensan que el clima frío fue resultado de una serie de grandes erupciones volcánicas en 1812, 1814, y 1815. Estas erupciones produjeron tanta ceniza en la atmósfera que enfriaron la Tierra lo suficiente como para ser la causa del año sin verano en 1816. Se ha calculado que una caída de unos pocos grados en la temperatura media anual de la Tierra es adecuada para producir una era glacial. Si eso es correcto, indica que si las erupciones volcánicas mencionadas más arriba se hubieran seguido por una serie continuada de erupciones, posiblemente hubiera comenzado otra era glacial.

¿Cómo se ocupa de la glaciación la geología de corta edad? La evidencia indica que en una época la glaciación fue más amplia. Una teoría de corta edad debe contemplar esto. Algunos individuos intentan desarrollar teorías para el

mecanismo que iniciaría una era glacial después del diluvio global,[26] insinuando que las condiciones durante ese tiempo eran ideales para producir ese evento.

¿Podría la extensa actividad volcánica durante el Cenozoico haber causado la era glacial? Algunos científicos han considerado esa posibilidad. Pero si el Cenozoico cubre un período de 64 millones de años antes de la glaciación (fig. 10.1), estas erupciones estarían demasiado separadas en el tiempo como para afectar en forma significativa al clima. Sin embargo, si el período fue mucho más corto, toda esta actividad volcánica pudo haber creado un volumen adecuado de ceniza en la atmósfera como para reducir la radiación solar y producir un período glacial.

Abundantes evidencias paleontológicas indican que el clima de la Tierra solía ser más cálido y más uniforme de lo que es ahora. La evidencia se encuentra en depósitos del Mesozoico y Paleozoico. Aun los depósitos del Cenozoico medio incluyen fósiles de animales y plantas tropicales en el Ártico.[27] Después de eso, la Tierra se enfrió. Una teoría de corta edad propone que la Tierra era más cálida antes del diluvio y más fría después de ese evento. Si la Tierra se comenzó a enfriar, agravado por extensa actividad volcánica, tal vez el marco sería ideal para generar un período glacial.

¿Cuánto llevaría generar una edad glacial? Nadie sabe con seguridad, pero la teoría de corta edad predice que estudios futuros podrían indicar que no requirió largos siglos. Podemos sugerir que un estado de clima inestable después de la catástrofe global podría iniciar tal evento. J.R. Bray, en un artículo titulado "Volcanic Triggering of Glaciation" ["Desencadenante volcánico de la glaciación"], declara lo siguiente:

> Flohn, Ives y otros han propuesto una teoría de glaciación instantánea para la formación de los grandes mantos de hielo del Pleistoceno. Depende del aumento repentino de una cubierta de nieve permanente sobre las mesetas subárticas […]. El evento esencial en este repentino aumento de nieve es que la nieve permanezca sobre una extensa región durante un solo verano lo cual da como resultado una serie de reacciones de retroalimentación que conducen al establecimiento de campos de nieve permanentes y posteriormente, campos de hielo. Sugiero aquí que tal permanencia pudo haber sido el resultado de una o varias erupciones masivas y sucesivas de cenizas volcánicas.[28]

Bray no propone un diluvio universal como la causa de tal evento. Sus sugerencias indican que, por lo menos, algunos científicos sienten que hay lugar

para discutir cuán rápidamente pudo comenzar un evento tal. Hay otras líneas de evidencia que son un problema para la teoría de corta edad, y se necesita mucho más estudio, especialmente en relación con las supuestas series de ciclos climáticos del Pleistoceno con múltiples eventos de glaciación[29] y la larga serie de láminas que se interpretan como capas anuales de los testigos en el hielo del Ártico y la Antártida.[30] Sin embargo, aparentemente existen considerables dificultades al interpretar los registros de los testigos de hielo.[31]

Estratigrafía: la columna geológica

El resultado de los procesos que hemos examinado es una secuencia de formaciones de rocas denominada la "columna geológica" (fig. 10.1; 11.14). Aunque no hay un solo lugar en la Tierra donde todas las rocas que representan cada parte de la columna geológica se encuentren en la misma ubicación, una sobre la otra, en un número de lugares en diferentes partes del mundo se observa una buena muestra de la columna. Una de esas regiones se encuentra en Arizona y el sur de Utah (fig. 14.20). Las rocas visibles en el fondo del Gran Cañón, en la garganta interior, son Precámbricas. En la región central del Gran Cañón, los estratos en la parte superior de la garganta interna son las primeras rocas del Cámbrico. Comenzando con el Cámbrico, en todas partes las rocas paleozoicas contienen una gran diversidad de fósiles, incluyendo todos los filos (tipos) principales de animales fácilmente fosilizados. La mayoría de los animales fósiles del Cámbrico son invertebrados marinos, pero los primeros peces también son del Cámbrico inferior.[32] El Ordovícico y el Silúrico también contienen peces y animales invertebrados, pero los peces son abundantes primero en el Devónico, que a veces se suele llamar la edad de los peces. Los trilobites son una porción muy diversa, generalizada y única de la fauna de los sedimentos Paleozoicos.

Más arriba de las formaciones del Cámbrico en la parte central del Gran Cañón existe una brecha sin Ordovícico o Silúrico y solo un poco de Devónico (sedimentos que representan las secciones faltantes se encuentran más al noreste en Utah y Nevada). Por sobre éstas, hay formaciones que representan el Misisípico, Pensilvánico y el Pérmico. Las formaciones del Pensilvánico y del Pérmico contienen más invertebrados, anfibios (que se encuentran primero en el Devónico), reptiles (representados por sus pisadas fósiles) y plantas terrestres fósiles.

Todas las rocas del Gran Cañón son del Precámbrico o del Paleozoico. Pero al norte del cañón, donde los depósitos del Paleozoico se inclinan para abajo hacia el norte, los depósitos del Triásico están presentes por sobre ellos. Estos incluyen la Formación Moenkopi (marrón-rojiza) y la muy colorida Formación Chinle en los Acantilados Bermejos. Los depósitos del Triásico contienen dinosaurios y otros

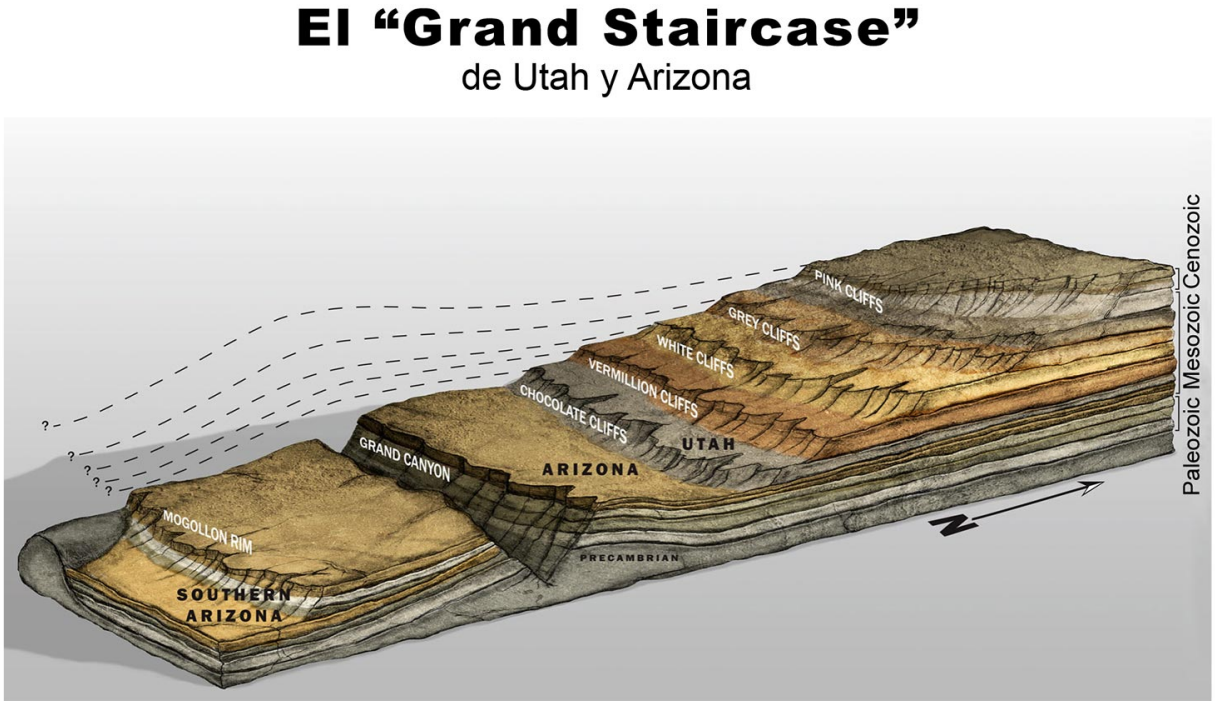


Figura 14.20. Corte transversal norte-sur a través del norte de Arizona y el sur de Utah, mostrando las rocas sedimentarias que forman la columna geológica en esa zona. Ilustración de Doug Oliver.

fósiles que no están presentes en las rocas del Paleozoico. Un poco más al norte, las rocas del Jurásico aparecen por sobre el Triásico. La Arenisca Navajo es una formación prominente del Jurásico, bellamente expuesta en el Parque Nacional Zion, formando parte de los acantilados de hasta 600 metros de altura. Más arriba hay otras capas del Jurásico y del Cretácico. Los dinosaurios y una cantidad de otros reptiles extinguidos se encuentran solo en estratos del Mesozoico. En algunos lugares, también se encuentran los primeros fósiles de mamíferos y aves en la parte inferior y media del Mesozoico. Los fósiles de aves y mamíferos del Mesozoico no son comunes y todos representan grupos extintos. Por supuesto, el Mesozoico también contiene muchos fósiles de invertebrados y plantas, y los primeros fósiles de plantas con flores aparecen abruptamente en el Cretácico medio.

Por sobre las capas del Cretácico en Utah, está representada una porción del Cenozoico, incluyendo la Formación Claron del Eoceno que forma los coloridos acantilados y cuchillas en el Parque Nacional Bryce Canyon. Los sedimentos más recientes son depósitos localizados del Pleistoceno y del Holoceno (Reciente).

Los depósitos del Cenozoico, incluyendo la Formación Claron, contienen muchos fósiles de plantas, invertebrados y vertebrados (incluyendo aves y

mamíferos), que representan filos que no se encuentran más abajo. Los fósiles humanos se encuentran solo en depósitos del Pleistoceno en la parte superior de la columna geológica.

En el Gran Cañón y en otras regiones se observan algunas tendencias generales del registro fósil. Sobre los continentes, el Paleozoico (especialmente el Paleozoico inferior) representa ambientes predominantemente marinos, el Mesozoico es una mezcla de marino y terrestre, y el Cenozoico representa ambientes mayormente terrestres. Un alto porcentaje de fósiles en el Paleozoico es de grupos extintos y el porcentaje de grupos modernos aumenta hacia la parte superior del registro fósil (fig. 11.14). También aparecen tendencias en la abundancia de tipos de rocas. Por ejemplo, la roca caliza es abundante en Paleozoico y Mesozoico, pero su cantidad decrece al ascender en la columna. En la actualidad se forman muy pocas calizas de este tipo.

La figura 14.20 es una sección transversal a través de la región de Arizona-Utah en capas que se inclinan para abajo y hacia el norte. Cada capa se extiende por debajo del siguiente afloramiento que se aprecia por encima y hacia el norte del mismo. El orden de los estratos de rocas evidentes en afloramientos de la superficie se confirma en las perforaciones de pozos de petróleo. Cuando se excava un pozo de petróleo, suben trozos de roca o testigos del pozo. El estudio de estos fragmentos revela que las capas de roca están bajo tierra tal como estaba previsto.

En la región del Gran Cañón y en otros lugares, las partes principales de la columna geológica están expuestas en orden, capa sobre capa. En otros lugares, solo está presente parte de la columna. Donde están representadas porciones más completas de la columna, las capas con los fósiles se encuentran en una secuencia consistente, a menos que fallas y sobrecorrimientos (o cabalgamientos) hayan movido las capas. En lugares donde solo se encuentra una porción de la columna, su posición en la columna geológica se determina por datación radiométrica y por el tipo de fósiles presentes.

Aparentemente, la secuencia de fósiles en las rocas es real. Ya sea que prefiramos la geología de corta edad o la geología convencional, la columna geológica sigue siendo una descripción válida del libro de historia de la naturaleza. De hecho, el estudio original y la descripción de las divisiones de la columna geológica fueron hechas mayormente por creacionistas. Más tarde, cuando las teorías científicas cambiaron luego de las obras de Lyell y Charles Darwin, la descripción original permaneció esencialmente correcta. Lo que cambió fue la interpretación de cómo llegaron las rocas y fósiles a estar en esa forma y posición.[33] La geología convencional dice que la parte Fanerozoica de la columna (Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico) es el registro de 541 millones de años de actividad geológica y evolución biológica, desde la parte inferior del Cámbrico hasta el presente. El geólogo de corta edad dice que, por lo menos desde el

Resumen 14-6

Interpretación de las relaciones estratigráficas en la columna geológica

Datos

La descripción de cada estrato de rocas, sus fósiles y sus relaciones con los otros estratos de rocas.

Interpretación

La ciencia convencional: **La suposición del naturalismo requiere que la secuencia fósil represente un proceso evolutivo que produjo los organismos desde el Cámbrico hasta el presente, a lo largo de millones de años de tiempo.**

El intervencionismo: **La mayoría de la secuencia fósil resulta de algunos procesos diferentes a la macroevolución. Algunas partes de la secuencia pueden resultar de la microevolución y la especiación después (y a lo mejor antes) del diluvio global. Trata de idear maneras para inferir la diferencia entre secuencias resultantes de procesos en un diluvio global y de procesos evolutivos después de la catástrofe.**

comienzo del Cámbrico, el registro geológico se formó muy rápidamente, no con la larga escala de tiempo evolucionista. Parte del mismo es el registro de actividad durante una catástrofe global.

Los fósiles: el registro de la vida

¿Cómo se conservan los fósiles? ¿Por qué algunos organismos se descomponen y desaparecen mientras que otros se transforman en fósiles? En el océano, muchos organismos (incluyendo conchas de moluscos, corales, peces y plancton flotante con partes duras) mueren y caen al piso oceánico. Otros organismos mueren en

lagos, ríos y ambientes terrestres. Si se produce sedimentación que los cubre suficientemente rápido, es probable que se conserven siempre que ese sedimento no sea erosionado otra vez. La sedimentación que los entierra debe ser rápida ya que la mayoría de los animales y plantas se descomponen y desintegran si no se conservan rápidamente. Aún si están en un ambiente sin oxígeno, las bacterias anaerobias producen descomposición, a menos que los especímenes sean enterrados rápidamente.[34] No se forman fósiles de animales de cuerpo blando o plantas a menos que sean cubiertos y mineralizados en horas o pocos días. Se puede estimar cuán pronto después de la muerte se enterraron los organismos fósiles por la naturaleza del fósil.[35] Un animal vertebrado con su esqueleto todavía articulado debe haber sido enterrado antes que la descomposición progresara lo suficiente como para separar las partes del cuerpo; por lo menos dentro de semanas o meses, dependiendo del animal y las condiciones. La mayoría de los fósiles que tienen conservados los tejidos blandos deben haber sido sepultados en solo horas después de su muerte. Los fósiles de huesos intactos pero desarticulados indican que los animales se descompusieron y los huesos fueron transportados de su lugar original antes de su entierro, pero no fueron sometidos a una profunda erosión o daño físico. Los huesos o conchas que están muy rotos o excoriados indican una exposición extendida y un transporte significativo.

El estudio de los procesos entre la muerte y la fosilización de los organismos se llama tafonomía. Todos concuerdan en cuanto a los procesos básicos, no importa cuál sea su filosofía. Cuanto mejor esté conservado un fósil, tanto más rápidamente fue sacado de su ambiente biótico por entierro y mineralización rápida. Sin embargo, un modelo de corta edad sugiere que existen tantos fósiles porque mucho del registro geológico se formó durante una secuencia rápida y catastrófica de eventos, en contraste con los procesos lentos y graduales que ocurren hoy.

---

[1] F.M. Gradstein et al., *The Geologic Time Scale 2012* [*La escala del tiempo geológico 2012*] (Boston: Elsevier, 2012).

[2] C. Lyell y G.P. Deshayes, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation* [*Principios de geología: un intento de explicar los cambios anteriores de la superficie de la Tierra, en referencia a causas que operan en la actualidad*] 3 vols. (London: John Murray, 1830-1833).

[3] S.J. Gould, "Toward the Vindication of Punctuational Change" ["Hacia una vindicación del cambio punteado"], en *Catastrophes and Earth History: The New Uniformitarianism* [*Catástrofes en la historia de la Tierra: el nuevo uniformismo*], ed. W.A. Berggren y J.A. Van Couvering (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984), 9-34.

[4] D.V. Ager, *The Nature of the Stratigraphical Record* [*La naturaleza del registro estratigráfico*], 2a. ed. (New York: John Wiley and Sons, 1981); W.A. Berggren and J.A. Van Couvering, eds., *Catastrophes and Earth History: The New Uniformitarianism* [*Catástrofes y la historia de la Tierra: el nuevo uniformismo*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984); C. Albritton, *Catastrophic Episodes in Earth History* [*Episodios catastróficos en la historia de la Tierra*] (New York: Chapman & Hall, 1989); R.J. Huggett, *Catastrophism: Systems in Earth History* [*El catastrofismo: sistemas en la historia de la Tierra*] (New York: Edward Arnold, 1990); C. Koeberl y K.G. MacLeod, *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* [*Eventos catastróficos y extinciones en masa: Impactos y más allá*] (Boulder, CO: Geological Society of America, 2002).

[5] J.R.L. Allen, *Principles of Physical Sedimentology* [*Principios de sedimentología física*] (London: Allen & Unwin, 1985).

[6] H.E. Reineck e I.B. Singh, *Depositional Sedimentary Environments, with Reference to Terrigenous Clastics* [*Ambientes sedimentarios de deposición, con referencia a la clástica terrígena*], 2a. ed. (New York: Springer, 1980).

[7] W.J. Fritz y J.N. Moore, *Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology* [*Lo básico de la estratigrafía física y la sedimentología*] (New York: John Wiley and Sons, 1988), 15-20. J.S. Monroe y R. Wicander, *Physical Geology: Exploring the Earth* [*Geología física: explorando la Tierra*] (New York: West, 1992), cap. 6 y 7.

[8] L. Grande, *Paleontology of the Green River Formation, with a Review of the Fish Fauna* [*Paleontología de la Formación Green River, con una revisión de la fauna de peces fósiles*], 2a. ed. (Laramie, WY: Geological Survey of Wyoming, 1984); B.H. Breithaupt, "Eocene Mammals from the Fossil Butte Member of the Green River Formation, Fossil Basin, Wyoming: Chronological and Environmental Implications" ["Mamíferos del Eoceno del Fossil Butte Member de la Formación Green River, Fossil Basin, Wyoming: Implicaciones cronológicas y ambientales"], resumen, *Geological Society of America, Rocky Mountain Section, 43rd Annual Meeting, Jackson, WY, May 21-23, Meeting Abstracts with Programs* 22, no. 6 (1990): 4.

[9] H.P. Buchheim, "Paleoenvironments, Lithofacies and Varves of the Fossil Butte Member of the Eocene Green River Formation, Southwestern Wyoming" ["Paleoambientes, litofacies y varves del Fossil Butte Member de la Formación Green River, suroeste de Wyoming"], *Rocky Mountain Geology* 30 (1994): 3-14; H.P. Buchheim, "Eocene Fossil Lake, Green River Formation, Wyoming: A History of Fluctuating Salinity" ["El lago Fossil Lake del Eoceno, Formación Green River, Wyoming: Una historia de salinidad fluctuante"], en *Sedimentology and Geochemistry of Modern and Ancient Saline Lakes* [*Sedimentología y geoquímica de lagos salinos modernos y antiguos*], ed. B.L. Garces y J.G. Aquilar (Tulsa, OK: Society of Sedimentary Geology, 1994), 239-47; L. Grande y H.P. Buchheim, "Paleontological and Sedimentological Variation in Early Eocene Fossil Lake" ["Variación paleontológica y sedimentológica en el lago Fossil Lake del Eoceno temprano"], *Contributions to Geology* 30 (1994): 33-56.

[10] R.E. Biaggi, "Paleoecology, Taphonomy and Paleoenvironments of a Unique Littoral Ecosystem within the Eocene Green River Formation of Wyoming" ["Paleoecología, tafonomía y paleoambientes de un ecosistema litoral singular en la Formación Green River del Eoceno de Wyoming"], (Disertación doctoral, Loma Linda University, 2001).

[11] R.F. Dubiel, “Triassic Deposystems, Paleogeography, and Paleoclimate of the Western Interior” [“Deposistemas del Triásico, paleogeografía y paleoclima del interior occidental”], en *Mesozoic Systems of the Rocky Mountain Region, USA* [*Sistemas del Mesozoico de la región de las Rocallosas, USA*], ed. J.A. Peterson, M.V. Caputo, y K.J. Franczyk (Denver, CO: Rocky Mountain Section, Society for Sedimentary Geology, 1994), 133-68.

[12] R.H. Dott y D.R. Prothero, *Evolution of the Earth* [*Evolución de la Tierra*], 5a ed. (New York: McGraw-Hill, 1994).

[13] S.A. Austin, “Rapid Erosion at Mount St. Helens” [“Rápida erosión en el Mount St. Helens”], *Origins* 11 (1984): 90-98.

[14] J.H. Bretz, “The Channeled Scablands of the Columbia Plateau” [“Los Channeled Scablands de la meseta Columbia”], *Journal of Geology* 31 (1923): 617-49; J.H. Bretz, “Channeled Scabland and the Spokane Flood” [“El Channeled Scabland y la inundación Spokane”], *Journal of Washington Academy of Science* 17 (1927): 200-211; V.R. Baker, “The Spokane Flood Controversy and the Martian Outflow Channels” [“La controversia de la inundación de Spokane y los canales marcianos de derrame”], *Science* 202 (1978): 1249-56, doi:101126/science.202.4374.1249; V. Baker, “Joseph Thomas Pardee and the Spokane Flood Controversy” [“Joseph Thomas Pardee y la controversia de la inundación de Spokane”], *GSA Today* 5 (1995): 170-76; J.R. Soennichsen, *Bretz’s Flood: The Remarkable Story of a Rebel Geologist and the World’s Greatest Flood* [*La inundación de Bretz: La historia extraordinaria de un geólogo rebelde y la inundación más grande del mundo*] (Seattle, WA: Sasquatch Books, 2008).

[15] E.R. Baynes et al., “Erosion during Extreme Flood Events Dominates Holocene Canyon Evolution in Northeast Iceland” [“La erosion durante eventos extremos de inundación domina la evolución de cañones en el Holoceno en el noreste de Islandia”], *Proceedings of the National Academy of Science USA* 112 (2015): 2355-60, doi:10.1073/pnas.1415443112.

[16] J. Love, “Cenozoic Sedimentation and Crustal Movement in Wyoming” [“La sedimentación del Cenozoico y el movimiento de la corteza en Wyoming”], *American Journal of Science* 258-A (1960): 204-14.

[17] Fritz y Moore, *Physical Stratigraphy and Sedimentology,* 258-65.

[18] K. Wise, “How Fast Do Rocks Form?” [“¿Cuán rápido se forman las rocas?”], en *Proceedings of the First International Conference on Creationism,* eds. C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1986), 197-203.

[19] J. Larsen, “Synthetic Fuels: From Lignin to Coal in a Year” [“Combustibles sintéticos: De lignina a carbón en un año”], *Nature* 314 (1985): 316.

[20] S.E. Swanson, “Relation of Nucleation and Crystal-Growth Rate to the Development of Granitic Textures” [“La relación de la nucleación y la tasa de crecimiento de cristales con el desarrollo de texturas graníticas”], *American Mineralogy* 62 (1977): 966-78.

[21] J.I. Imbrie y K.P. Imbrie, *Ice Ages: Solving the Mystery* [*Las eras de hielo: resolviendo el misterio*] (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979).

[22] J.C. Crowell, "Origin of Pebbly Mudstones" ["El origen de fangolitas pedregosas"], *Geological Society of America Bulletin* 68 (1957): 993-1110; R.H. Dott, "Squantum Tillite, Massachusetts– Evidence of Glaciation or Subaqueous Mass Movements?" ["La tillita de Squantum, Massachusetts– ¿evidencia de glaciación o de movimientos subacuáticos masivos?"], *Geological Society of America Bulletin* 72 (1961): 1289-1306; L.J.G. Schermerhorn y W.I. Stanton, "Tilloids in the West Congo Syncline" ["Tilloides en el sinclinal del oeste del Congo"], *Quarterly Journal of the Geological Society, London* 119 (1963): 201-41; J.C. Crowell y L.A. Frakes, "Late Paleozoic Glaciation: Part IV, Australia" ["La glaciación del Paleozoico tardío: Parte IV, Australia"], *Geological Society of America Bulletin* 82 (1971): 2515-40; V.R. Oberbeck, J.R. Marshall, y H. Aggarwal, "Impacts, Tillites, and the Breakup of Gondwanaland" ["Impactos, tillitas y la ruptura de Gondwana"], *Journal of Geology* 101 (1993): 1-19; N. Eyles y N. Januszczak, "Syntectonic Subaqueous Mass Flows of the Neoproterozoic Otavi Group, Namibia: Where Is the Evidence of Global Glaciation?" ["Flujos sintectónicos subacuáticos masivos del Grupo Otavi del Neoproterozoico de Namibia: ¿dónde está la evidencia de glaciación global?"], *Basin Research* 19 (2007): 179-98.

[23] R. Tkachuck, "The Little Ice Age" ["La Pequeña Edad Glacial"], *Origins* 10 (1983): 51-65; J.M. Grove, *The Little Ice Age* [*La Pequeña Edad de Hielo*] (New York: Methuen, 1988); C.W. Montgomery, *Physical Geology* [*Geología física*], 2a ed. (Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1990, 367; B.M. Fagan, *The Little Ice Age: How Climate Made History, 1300-1850* [*La Pequeña Edad de Hielo: como el clima hizo historia 1300-1850*] (New York: Basic Books, 2000).

[24] Fagan, *Little Ice Age.*

[25] H. Stommel y E. Stommel, "The Year without a Summer" ["El año sin verano"], *Scientific American* 240 (1979): 176-86.

[26] M. Oard, "A Post-flood Ice-Age Model Can Account for Quaternary Features" ["Un modelo de edad glacial posdiluvial puede dar cuenta de los caracteres del Cuaternario"], *Origins* 17 (1990): 8-26.

[27] J.E. Francis, "Arctic Eden" ["El Edén del ártico"], *Natural History* 100 (1991): 56-63.

[28] J.R. Bray, "Volcanic Triggering of Glaciation" ["Desencadenante volcánico de la glaciación"], *Nature* 260 (1976): 414-15.

[29] Imbrie e Imbrie, *Ice Ages;* Anónimo, "Devil's Hole Plays Devil's Advocate" ["El Devil's Hole juega a defensor del diablo"], *Geotimes* 37 (1992): 7; R.A. Kerr, "A Revisionist Timetable for the Ice Ages" ["Una línea de tiempo revisionista para las edades glaciales"], *Science* 258 (1992): 220-21; I.J. Winograd et al., "Continuous 500,000-Year Climate Record from Vein Calcite in Devils Hole, Nevada" ["Un registro continuo de 500.000 años de una veta de calcita en Devils Hole, Nevada"], *Science* 258 (1992): 255-60.

[30] R.B. Alley, *The Two-Mile Time Machine: Ice Cores, Abrupt Climate Change, and Our Future* [*La máquina del tiempo de dos millas: testigos de hielo, cambio climático abrupto, y nuestro futuro*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000).

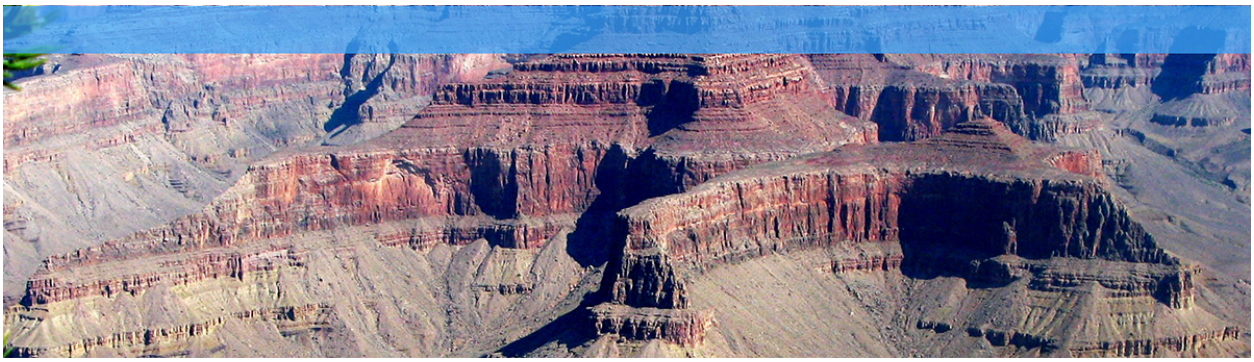
[31] Z. Jaworowski, "Ancient Atmosphere– Validity of Ice Records" ["La atmósfera antigua– la validez de los registros del hielo"], *Environmental Science and Pollution Research International* 1 (1994): 161-71, doi:10.1007/bf02986939.

[32] D.G. Shu et al., “Lower Cambrian Vertebrates from South China” [“Vertebrados del Cámbrico inferior del sur de China”], *Nature* 402 (1999): 42-46; D.G. Shu et al., “Head and Backbone of the Early Cambrian Vertebrate *Haikouichthys*” [“Cabeza y columna vertebral del vertebrado *Haikouichthys* del Cámbrico temprano”], *Nature* 421 (2003): 526-29; S. Conway Morris y J.B. Caron, “A Primitive Fish from the Cambrian of North America” [“Un pez primitivo del Cámbrico de Norteamérica”], *Nature* 512 (2014): 419-22.

[33] D. Raup, “The Geological and Paleontological Arguments of Creationism” [“Los argumentos geológicos y paleontológicos del Creacionismo”], en *Scientists Confront Creationism* [Los científicos enfrentan al creacionismo”], ed. L.R. Godfrey (New York: Norton, 1983), 147-62.

[34] P.A. Allison y D.E.G. Briggs, *Taphonomy: Releasing the Data locked in the Fossil Record* [*Tafonomía: liberando los datos encerrados en el registro fósil*] (New York: Plenum, 1991), 29-58.

[35] Allison y Briggs, *Taphonomy;* P.A. Allison y D.J. Bottjer, *Taphonomy: Process and Bias through Time* [*Tafonomía: proceso y sesgo a lo largo del tiempo*], 2a ed. (Dordrecht, Netherlands: Springer, 2011).



Capítulo 15

¿Por qué importa lo que creemos sobre el tiempo geológico?

Reseña

Si los cristianos aceptan los millones de años del tiempo geológico ¿afecta eso su teología? Cuando examinamos la naturaleza de la teología cristiana, especialmente en relación con el origen y causa del mal y la muerte, importa mucho si aceptamos los largos períodos de tiempo de la evolución. Determina si Dios es responsable del mal o si el mal resultó de la rebelión humana. Esta es una razón importante por la cual vale la pena discutir los temas de este libro. Y si hacemos de la ciencia moderna un estándar para determinar nuestra teología, esto trae la posibilidad de que la ciencia proseguirá con nuevos descubrimientos y nuestra teología quedará sin fundamentos.

La evolución, el Gran Conflicto y el mal

Si la evidencia nos dice que la macroevolución no ocurre por medio de medios naturales, ¿dice esto que Dios tuvo que estar involucrado para hacer que la evolución de todas las formas de vida funcione? Si fuera así, esto tiene consecuencias sobre quién es Dios y sobre qué clase de persona tiene que ser.

¿No sería más fácil simplemente aceptar la larga escala de tiempo geológico y acomodar la creación en ese escenario? Probablemente. Eso es lo que la mayoría de los teólogos cristianos y otros eruditos están haciendo.[1] Pero la razón principal

para proponer una teoría alternativa es mantener una consistencia interna en la cosmovisión de la intervención informada, especialmente al explicar la distribución estratigráfica de un número de grupos de fósiles en el registro fósil (fig. 11.14), incluyendo los vertebrados, y en mantener una coherencia teológica. La Biblia no dice cuántos años han transcurrido desde la creación, pero mostraremos por qué creemos que la historia bíblica es compatible con un período corto desde la semana de la creación, de solo unos miles en lugar de millones de años.

Antes de llegar al asunto de cuánto tiempo representa el registro fósil, consideraremos algunos temas fundamentales que afectan la cuestión del tiempo. Si las formas de vida fueron el resultado de la evolución a lo largo de millones de años, esto entra en conflicto con la Biblia y la teología cristianas.[2] Por un lado, si la creación del Génesis no fuera literalmente verdadera, entonces ¿qué razón lógica habría para creer que la salvación y la segunda venida serán reales (2 Pedro 3,3-7)? Tal vez también sean solo alegorías. Éxodo 31 declara que Dios escribió los diez mandamientos con su propio dedo, incluida la parte que dice que la vida fue creada en seis días. ¿Es esto verdad? Si no, ¿podemos creer en el resto de la Biblia? También es evidente que muchos escritores bíblicos en el Nuevo Testamento, y también Jesús, aceptaron una creación y diluvio reales, así que el asunto es mucho más amplio que si realmente podemos confiar en la primera parte del Génesis.

En segundo lugar, el cristianismo se basa en una serie de eventos interconectados (el Gran Conflicto entre Cristo y Satanás). Un ser creado, muy inteligente y capaz, Satanás, se rebeló contra Dios. Ya que Dios desea que sus criaturas le sirvan por amor y no por temor, se le permitió a Satanás mostrar si sus caminos eran superiores a los caminos de Dios. Los seres humanos fueron creados inocentes y perfectos en su amor y confianza en Dios. Entonces eligieron creer las mentiras de Satanás y también cayeron en un estado pecaminoso de rebelión contra Dios. El resultado de su caída habría sido la muerte, pero Jesús vino a la tierra para vivir entre nosotros y morir en nuestro lugar (Romanos 5). Si al pecar quebrantamos la ley divina, esa ley no puede ser puesta a un lado para que no cosechemos los resultados. Pero la muerte de Jesús fue un sustituto por nuestro justo castigo y le permite redimirnos para vida eterna.

Si la vida evolucionó a través de cientos de millones de años, entonces los humanos no fueron creados sin pecado, sino que evolucionaron de otros primates. Si eso fuera así, entonces no hubo un primer pecado y una caída. Y si no hubo caída, entonces la salvación del pecado pierde su significado. Llevando esto a su conclusión lógica, si Jesús no murió para salvarnos del pecado, entonces el cristianismo no tiene significado. Además, si los humanos son el resultado de la evolución, entonces la explicación bíblica coherente del origen y significado del mal queda destruida. Charles Darwin y otros en su tiempo tuvieron gran dificultad

en explicar la maldad en este mundo.[3] ¿Cómo podría un Dios bueno permitir que existiera tanta maldad? Para muchas personas esto permanece hasta el día de hoy como una pregunta importante, sin respuesta.

La teología cristiana conservadora, con el Gran Conflicto entre Cristo y Satanás, proveen la única respuesta satisfactoria a esta pregunta tan antigua. Según la Biblia, Dios creó la tierra y a los seres humanos perfectos. No había pecado ni maldad en esta nueva creación hasta que Adán y Eva eligieron pecar. Después de su pecado, Satanás reclamó y usurpó el derecho de gobernar esta tierra. Podía entonces tentar a los seres humanos, que no son ni por lejos tan listos como él, a pecar y hacer cosas malas (el mal moral). Satanás también tuvo entonces la libertad (y tiene el poder) de influir en la naturaleza en formas que dieron por resultado males naturales como los accidentes, las enfermedades, los tornados y muchos otros eventos calamitosos. El mal no estaba en el plan de Dios o en su creación original, sino que fue el resultado de Satanás y el pecado. El mal no fue el castigo por el pecado, sino que fue el resultado natural del pecado, así como la muerte es el resultado natural de saltar desde un acantilado. Entender esto no impide que lamentemos la muerte de un ser querido, pero esta explicación sí tiene sentido, y podemos mirar hacia el futuro y esperar el fin del mal que Dios promete.

Por otro lado, si las formas vivientes, incluyendo los seres humanos, fueron el resultado de la evolución a lo largo de las edades, entonces esa explicación del mal desaparece. Si la evolución fue el medio de Dios para crear (como en la evolución teísta), entonces el dolor, el sufrimiento, la enfermedad, la depredación y la muerte son todos parte del plan de Dios, y Dios es responsable por ellas. El registro fósil contiene abundante evidencia de enfermedad,[4] y la depredación y la muerte estaban en todas partes. En este escenario, el mal no podría ser resultado del pecado humano, porque los humanos no aparecieron en el registro fósil hasta muy recientemente, después de más de 500 millones de años de maldad. Un número de teólogos, que aceptan la explicación evolutiva de la ciencia para el origen de la vida y los seres humanos, discuten francamente estas implicaciones teológicas.[5] Su explicación para el mal es que Dios permitió que la naturaleza se "hiciera a sí misma" a través de la evolución, y tanto el bien como el mal fueron una parte natural del proceso, que ni siquiera Dios podía impedir.[6] Su dios puede simpatizar con nosotros, pero era impotente para impedir el mal, el dolor y el sufrimiento. Por contraste, la historia bíblica de la creación, la caída y la redención es una respuesta coherente, llena de significado, de la causa y del final último y seguro del mal. Es una cosmovisión cristiana integrada, mientras que la evolución teísta o conceptos similares son una mezcla de unos pocos conceptos cristianos aislados dentro de la cosmovisión secular que no se sostiene lógicamente.

Hasta aquí hemos considerado la relación entre los orígenes de los seres humanos y las consideraciones teológicas, pero ¿qué tiene que ver eso con el

tiempo geológico? Para contestar eso tenemos que pensar acerca de la explicación para la secuencia de fósiles. Al comienzo del Fanerozoico, el registro mayormente contiene invertebrados. Luego aparecen los vertebrados terrestres, un grupo a la vez, en lo que generalmente se interpreta como una secuencia evolutiva, con la evolución de los humanos al final de la historia geológica. Si cuestionamos la explicación evolutiva del origen de los grupos principales de animales y plantas, debemos proporcionar una alternativa. Esa alternativa podría ser factible si el registro fósil se formó rápidamente, luego del evento creativo descrito en Génesis, porque entonces hay posibilidades de explicar la secuencia de fósiles en el registro, como resultado de los procesos de selección que enterraron algunos grupos de organismos antes que otros.

Los dos enfoques internamente coherentes son (1) la macroevolución a lo largo de millones de años (junto con una filosofía que no toma en serio el relato del Génesis), y (2) la creación bíblica literal y una geología de corta edad. Hay razones tanto religiosas como científicas para pensar que vale la pena ocuparse seriamente de la segunda opción. Es coherente con una aceptación de la Biblia como una autoridad en teología, ciencia e historia cuando trata esos asuntos.[7] ¿Puede ser también congruente con la evidencia física? Este será un tema principal en las próximas páginas. La respuesta corta es que puede ser más coherente de lo que se cree comúnmente, pero todavía tenemos muchas preguntas sin resolver.

Los genes del chimpancé y la historia teológica

Para el 2005, los genomas de humanos y del chimpancé ya se habían secuenciado, y se hizo evidente que los genes del chimpancé y del ser humano eran 98 a 99 por ciento similares entre los genes que se compararon. Somos apenas diferentes que un chimpancé, y esto se interpretó como que era obvio que los humanos y los chimpancés eran descendientes de un antepasado común. ¿Cómo podríamos argumentar en contra de la evidencia? Aun antes de que estuviera disponible el último genoma de chimpancé, ya se habían publicado libros que discutían las implicaciones de este 98 porciento de similitud.[8] ¿Cómo podría un creyente en la Biblia entender esto? Es un estudio de caso instructivo con respecto a nuestra reacción ante evidencia problemática. Muchos cristianos aceptaron esto como más evidencia en contra del creacionismo bíblico.

A veces es sabio tratar con tal evidencia simplemente esperando ver qué se va a encontrar a continuación porque la ciencia a menudo nos sorprende. En este caso, este fue un abordaje sabio. La primera clave viene al considerar el contexto de esa similitud de 98 porciento. Los genomas de animales contienen una gran cantidad de ADN no codificante, a veces llamado ADN silencioso (silencioso

porque parece no hacer nada). No codifica para la fabricación de proteínas, sino que brinda instrucciones para la secuencia de aminoácidos en la proteína. El ADN humano es prácticamente 98 por ciento ADN no codificante, y el hecho de que es silencioso se interpretó que significaba que no parecía tener ninguna función. Se interpretó que era "ADN basura", genes sin función, inactivos y viejos resultado del proceso evolutivo. Solo como 2 porciento del ADN humano codifica las proteínas, o podríamos decir, provee los "ladrillos" para construir nuestro cuerpo. Ese 98 por ciento de similitud se refiere principalmente al ADN codificante de proteínas. Por supuesto que si el 98 porciento de nuestro genoma fuera basura sin función, entonces el 2 por ciento de genes codificantes sería todo lo que importaría.

A lo largo de los años, dispersos trabajos de investigación aparecieron informando que algunas partes del "ADN basura" en realidad sí tienen una función, como parte del sistema regulador que controla la actividad de los genes codificantes. Algunos de esos genes reguladores están involucrados en la administración de diferencias bioquímicas entre humanos y chimpancés.[9] Entonces, en septiembre del 2012, se completó y publicó un proyecto masivo de investigación genética, que informaba que por lo menos 70 a 80 por ciento de los genes no codificantes humanos no eran basura, sino que tenían una función.[10] Se sabe ahora que muchos de estos son parte de un sistema masivo de regulación o control con sus proteínas complejas y varios tipos de ARN, con etiquetas epigenéticas, que dirigen la actividad de los genes que codifican las proteínas. Estos genes especifican cuándo, dónde, y cuánto de cada proteína debe producirse y cómo se conectarán unas con otras para hacer las partes de las células y de los cuerpos animales. Cuán ingenuo de nuestra parte no habernos dado cuenta hace mucho tiempo que tal sistema de control era esencial. Esa ingenuidad fue el resultado directo del pensamiento naturalista. Si la vida no tuviera un Diseñador inteligente, no esperaríamos una complejidad tan arrolladora.

Los mismos ladrillos pueden usarse para construir una casa de perros o un palacio, y las proteínas pueden usarse para hacer un humano o un chimpancé o un ratón, dependiendo de las instrucciones provistas por los genes reguladores. Esto probablemente sería verdad, aunque nuestros genes codificadores fueran ciento por ciento similares a los del chimpancé, lo que no es así. Más estudios de los genes de chimpancé y de humanos han reducido el nivel de similitud, y todavía hay mucha investigación por realizar. En particular, el cromosoma sexual humano (cromosoma Y) difiere radicalmente en la estructura de la secuencia y en el contenido de genes con el cromosoma Y del chimpancé.[11]

En este caso hay una lección significativa para la teología. En el 2005, basados en la evidencia genética conocida, podíamos decidir que nuestra teología debía acomodar la evolución humana y de los chimpancés a partir de antepasados comunes. O podríamos basar nuestra teología en la Biblia, mantenernos con el

registro del Génesis, y predecir que nuevos descubrimientos científicos resolverían más de nuestras incertidumbres.

Si hacemos de la ciencia contemporánea nuestro estándar para la teología, la ciencia probablemente proseguiría hacia adelante dejando nuestra teología apoyada en arena movediza, como lo hizo con el ADN del chimpancé. Eso es lo que pasó, en los días de Darwin cuando el pensamiento cristiano sobre el fijismo de las especies era una idea que no se basaba en la Biblia sino en la ciencia griega. Por supuesto, al comprender los orígenes del ser humano, todavía estamos esperando un entendimiento adecuado sobre un grupo de fósiles que se interpretan como eslabones entre los simios y los humanos. Tal vez sería sabio continuar en la espera de mejores respuestas a esta evidencia, y así mantener nuestra teología fuera de la arena movediza.

¿Nos está engañando Dios?

Hay muchas personas que argumentan que si la Biblia realmente intenta decir que la vida sobre la tierra es joven (solo unos miles de años), entonces Dios nos está engañando. Continuarían diciendo que la vida multicelular en realidad data de hace millones de años, y que Dios nos dio información falsa en la Biblia. Sugerimos una manera diferente de pesar sobre esta cuestión. Sin importar cuáles sean tus creencias personales sobre la edad de la vida, imaginemos por ahora que la explosión del Cámbrico ocurrió hace miles de años atrás, y que luego realmente hubo un diluvio catastrófico global. Imaginemos que para poder realizar esto, Dios interactuó con la tierra en maneras que dejaron evidencias (por ej., materiales radioactivos en las rocas) que serían confusos para nosotros y difíciles de explicar. En consecuencia, nos dijo lo que él hizo para que no nos confundamos. Si esto es así, entonces el problema no es que Dios nos engañó. El problema es que no creemos lo que él nos dijo.

---

[1] L. Brand, "A Biblical Perspective on the Philosophy of Science" ["Una perspectiva bíblica sobre la filosofía de la ciencia"], *Origins* 59 (2006): 6-42; L. Brand y R.M. Davidson, *Choose You This Day: Why It Matters What You Believe about Creation* [*Elige tú este día: por qué importa lo que creas sobre la creación*] (Nampa, ID: Pacific, 2013).

[2] Brand, "Biblical Perspective".

[3] C.G. Hunter, *Darwin's God: Evolution and the Problem of Evil* [*El dios de Darwin y el problema del mal*] (Grand Rapids, MI: Brazos, 2001); C.G. Hunter, *Science's Blind Spot: The Unseen Religion of Scientific Naturalism* [*El punto ciego de la ciencia: la religión no visible del naturalism científico*] (Grand Rapids, MI: Brazos, 2007).

[4] D. Evans y P.L. Larson, “Tumors, Tears, Fusion, Decalcification, Fractures and Infection– Tough Times for a Tyranosaur” [“Tumores, lágrimas, fusión, decalcificación, fracturas e infección– tiempos duros para un Tiranosaurio”], *Journal of Vertebrate Paleontology* 23 (2003): 48A; B.M. Rothschild y G.W. Storrs, “Decompression Syndrome in Plesiosaurs (*Sauropterygia: Reptilia*)” [“Síndrome de descompresión en Plesiosaurios (*Sauropterygia: Reptilia*)”], *Journal of Vertebrate Paleontology* 23 (2003): 324-28; B.M. Rothschild et al., “Epidemiologic Study of Tumors in Dinosaurs” [“Estudio epidemiológico de tumores en dinosaurios”], *Naturwissenschaften* 90 (2003): 495-500, doi:10.1007/s00114-003-0473-9; J. Whitfield, “Dinosaurs Got Cancer” [“Los dinosaurios tuvieron cáncer”], *Nature Science Update,* October 21, 2003, http://www.nature.com/news/2003/031021/full/news031020-2.html, doi:10.1038/news031020-2.

[5] I.G. Barbour, *Myths, Models, and Paradigms: a Comparative Study in Science and Religion* [*Mitos, modelos y paradigmas: un estudio comparativo en ciencia y religión*] (New York: Harper & Row, 1974); I.G. Barbour, *Religion in an Age of Science* [*Religión en una edad de ciencia*] (San Francisco: Harper & Row, 1990); N.C. Murphy, *Theology in the Age of Scientific Reasoning* [*La teología en la edad del razonamiento científico*] (Ithaca, NY: Cornell University Press, 1990); N.C. Murphy, *Reconciling Theology and Science: A Radical Reformation Perspective* [*Reconciliando la teología y la ciencia: Una perspectiva reformadora radical*] (Kitchener, Canada: Pandora, 1997); N.C. Murphy, *Religion and Science: God, Evolution, and the Soul* [*La religión y la ciencia: Dios, la evolución y el alma*] (Kitchener, Canada: Pandora, 2002); A.R. Peacocke, *Theology for a Scientific Age: Being and Becoming– Natural, Divine, and Human* [*Teología para una edad científica: Ser y llegar a ser–natural, divino, y humano*] (Minneapolis, MN: Fortress, 1993); J.C. Polkinghorne, *Quarks, Chaos, and Christianity: Questions to Science and Religion* [*Quarks, caos, y el cristianismo: preguntas a la ciencia y la religión*] (New York: Crossroad, 1994); J.C. Polkinghorne, *Science and Theology: An Introduction* [*Ciencia y teología: una introducción*] (Minneapolis, MN: Fortress, 1998); J.C. Polkinghorne, *Faith, Science and Understanding* [*Fe, ciencia y el entendimiento*] (New Haven, CT: Yale University Press, 2000).

[6] Véase Brand, “Biblical Perspective”.

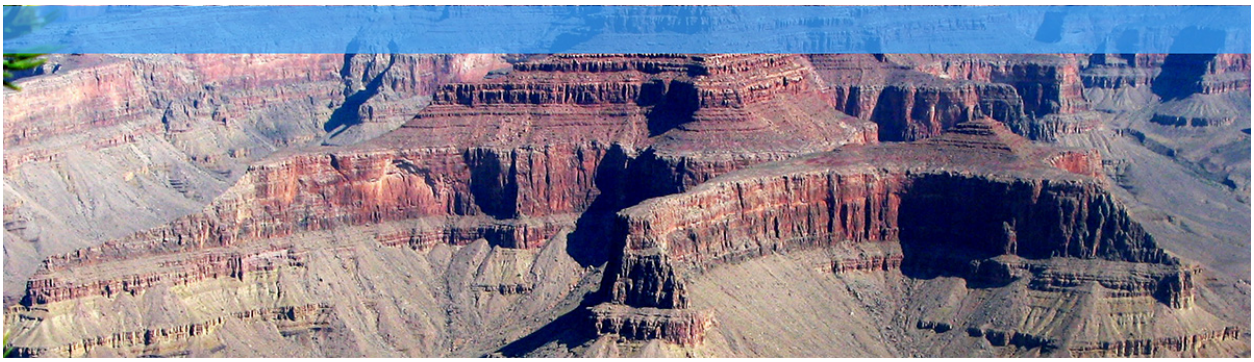
[7] G.F. Hasel, “The Meaning of the Chronogeneologies of Genesis 5 and 11” [“El significado de las cronogenealogías de Génesis 5 y 11”], *Origins* 7 (1980): 53-70, 68.

[8] J. Marks, *What It Means to be 98% Chimpanzee: Apes, People, and Their Genes* [*Lo que significa ser 98% chimpancé: Los simios, la gente, y sus genes*] (Berkeley: University of California Press, 2002).

[9] E. Check, “It’s the Junk That Makes Us Human” [“La basura es lo que nos hace humanos”], *Nature* 444 (2006): 130-31.

[10] El proyecto ENCODE incluye treinta artículos publicados al mismo tiempo en revistas científicas, incluyendo ocho artículos en el journal *Nature; Nature* 489 (2012): 45-113. Vea especialmente, ENCODE Project Consortium [El Consorcio del proyecto ENCODE], “An Integrated Encyclopedia of DNA Elements in the Human Genome” [“Una enciclopedia integrada de elementos de ADN en el genoma humano”], *Nature* 489 (2012): 57-74, doi:10.1038/nature11247; Fu, X., “Non-coding RNA: A New Frontier in Regulatory Biology” [“ARN no codificante: una nueva frontera en la biología de la regulación”], *National Science Review* 1 no.2 (2014): 190-204, doi:10.1093/nsr/nwu008.

[11] J.F. Hughes et al., “Chimpanzee and Human Y Chromosomes Are Remarkably Divergent in Structure and Gene Content” [“Los cromosomas Y de chimpancés y humanos son notablemente divergentes en estructura y contenido de genes”], *Nature* 463 (2010): 536-39.



Capítulo 16

Dos teorías geológicas

Reseña

Antes que nada, describimos brevemente la teoría de la geología convencional de la historia de la tierra. Luego se describe una teoría tentativa para los eventos y procesos del diluvio catastrófico global. ¿Cómo puede haber sido este evento? No podemos saber con certeza, pero el conocimiento bíblico en combinación con la evidencia geológica existente nos ayuda a formar un bosquejo de una teoría general para este evento. Basados en esta evidencia, describimos factores que posiblemente influyeron en la formación del registro fósil y de las rocas que lo contienen. Estos incluyen lo que podemos saber sobre la tierra original, cómo y por qué cambió, cómo se habría inundado la tierra para luego reaparecer por sobre el agua, y la secuencia de cambios posteriores a la catástrofe. La corteza de la tierra fue cambiada completamente. Aparecieron nuevas montañas y otras antiguas desaparecieron, procesos a través de los continentes gradualmente dieron lugar a los procesos locales, y la tierra se fue secando y pareciéndose más a su estado actual. Concluimos con algunas sugerencias de futuras investigaciones.

Múltiples hipótesis, incluso escandalosas

Este capítulo describe una teoría intervencionista de corta edad para la historia de la tierra y la compara con la teoría convencional de largas edades. Para nosotros, la realidad de un diluvio global no es simplemente una teoría, pero nuestras ideas

Resumen 16-1
Evaluación de dos teorías geológicas

Datos

Mediciones discretas, datos producidos por instrumentos que, por ejemplo, identifican minerales o cuantifican isótopos. Fósiles y su localidad geográfica original y las rocas específicas en las que se encontraron. Relaciones geométricas observables entre las rocas, las fallas y los fósiles, entre otros. Para los intervencionistas, las declaraciones bíblicas sobre los orígenes son datos.

Interpretación

General: **Debido a que no observamos los eventos históricos antiguos, virtualmente cualquier descripción de cómo o cuándo ocurrieron tales eventos es una interpretación.**

La ciencia convencional: **La suposición es que el naturalismo metodológico (NM) se acepta por fe y prescribe que todas las interpretaciones tienen que negar cualquier evento o proceso que implique acciones o influencias sobrenaturales. Aun si la evidencia biológica pareciera decir que la macroevolución no funciona, esto predice que se encontrará evidencia que muestre cómo la macroevolución sí funciona a lo largo del tiempo geológico. Esto también interpreta los datos en maneras consecuentes con el NM y predice que se encontrarán procesos que expliquen que el total de la columna geológica se formó durante la escala radiométrica de tiempo.**

El intervencionismo: **La suposición es que la creación bíblica y la historia de la vida en la tierra por unos pocos miles de años se acepta por fe y provee unos pocos conceptos clave sobre los cuales se puede construir una teoría geológica. Se usan conceptos de corta edad al interpretar los datos y predecir qué descubrimientos futuros alterarán el significado de los "fechados" radiométricos y proveerán una mejor interpretación de los datos geológicos.**

geológicas de cómo ocurrió sí constituyen una teoría, y en ese espíritu presentamos el material que sigue. Aquí presentamos tanto los conceptos filosóficos y teológicos que apoyan esta teoría no convencional y los conceptos científicos y la secuencia de eventos que la teoría debe poder explicar. Los capítulos 17 y 18 resumirán los tipos más significativos de evidencia que favorecen cada una de las teorías.

En 1926, el presidente de la Geological Society of America (Sociedad Geológica de América) publicó un artículo esclarecedor titulado "The Value of Outrageous Hypotheses" ["El valor de hipótesis escandalosas"].[1] Puede ser que cualquier idea nueva parezca escandalosa cuando se sugiere al comienzo, pero "podemos estar bastante seguros que los avances que están por delante en la geología primero serán considerados como escandalosos frente a la acumulación de las convicciones de hoy, que somos demasiado propensos a considerar como geológicamente sagradas."[2] Ampliamos el concepto de Davis aún más para sugerir que la geología de corta edad es también una "hipótesis escandalosa" para aquellos dispuestos a cuestionar el naturalismo.

Siempre que sean también responsables, esas hipótesis escandalosas en la geología de corta edad pueden mejorar las posibilidades de encontrar explicaciones que sean consistentes tanto con la revelación como la geología. Seguimos el enfoque de múltiples hipótesis de trabajo recomendado por Thomas Chamberlin,[3] él mismo un geólogo. Si proponemos todas las hipótesis (o teorías) que podemos imaginar para un fenómeno particular, tenemos menos posibilidades de decidir demasiado rápido en la primera que parezca satisfactoria. Aquí, comparamos la teoría geológica convencional de largas edades con una teoría de corta edad, tratando únicamente con los aspectos amplios y globales de los procesos geológicos. Cualquiera de los detalles que sugerimos para los procesos geológicos de corta edad deben tomarse como hipótesis que deben verificarse.

Es especialmente importante notar, para ser justos con los autores citados en estos tres capítulos, que muchos de estos autores no interpretan los datos en términos del intervencionismo o de la teoría de corta edad. Las referencias se citan para datos o conceptos específicos. Estamos en la búsqueda de una interpretación diferente que sea consistente con los datos.

El Precámbrico

Los procesos geológicos han estado operando en los planetas vecinos y en la Tierra y su luna desde que fueron creados. Los meteoritos han chocado con la luna y han formado cráteres con diferentes edades. Algunos tienen bordes erosionados, irregulares; otros tienen bordes muy abruptos, lisos que indican que deben ser de

un origen más reciente. Algunos de los viejos cráteres erosionados tienen cráteres más jóvenes, sin erosionar dentro de ellos. Esta evidencia indica una secuencia de eventos geológicos, pero no nos dice la cantidad de tiempo involucrada.

Los depósitos del Precámbrico en la Tierra también contienen evidencia de procesos geológicos, incluyendo cementación, metamorfismo, impactos de meteoritos, plegamientos y retorcimientos provenientes de la formación de montañas y la posterior erosión de esas montañas. Procesos geológicos dinámicos han dejado sus marcas sobre estas primeras rocas, procesos que los científicos generalmente interpretan como que ocuparon miles de millones de años.

Los mismos tipos básicos de sedimento componen los depósitos del Precámbrico y del Paleozoico, pero la diferencia obvia es la relativa escasez de fósiles en el Precámbrico mientras que el Paleozoico contiene una cantidad abundante de organismos estructuralmente complejos. No seguiremos discutiendo el Precámbrico, sino que nos concentraremos en el Fanerozoico (desde el Cámbrico al Reciente), porque las rocas que contienen restos de vida compleja son de mayor importancia para los asuntos teológicos discutidos en este libro. Ahora presentaremos dos teorías muy diferentes.

La teoría geológica convencional de largas edades

En esta teoría, a lo largo de la historia de la tierra se han producido la formación de los depósitos geológicos, así como también su alteración y erosión. La tierra no siempre fue la misma, pero varió en relación a la posición de los continentes, hasta qué punto los continentes actuales estuvieron cubiertos por agua, el tipo de clima, y otros factores. Sin embargo, los procesos geológicos básicos descritos en el capítulo 14 siempre han estado en operación.

El comienzo del Cámbrico ocurrió hace aproximadamente 541 millones de años. Justo antes de eso, se preservaron las primeras formas complejas de vida, la fauna de Ediacara. Luego, en las rocas del Cámbrico temprano se encuentran los primeros fósiles de casi todos los filos (tipos) de organismos con partes duras que podían fosilizarse fácilmente: la explosión del Cámbrico. Debió existir una historia de la evolución de estos filos antes de eso, pero se encuentran primero sus fósiles en esta explosión del Cámbrico. El origen de las primeras células vivas se produjo mucho antes, hace como 3800 millones de años, con algunas bacterias que se conservaron en las rocas del Precámbrico.

En el proceso de la tectónica de placas, las placas continentales han cambiado lentamente su posición en la tierra desde aquella época hasta ahora. No se conoce la naturaleza de las rocas originales que formaban el piso del océano temprano, siendo que el piso oceánico más antiguo tiene una edad de un tercio de

lo que es el Cámbrico temprano. Las tasas de acumulación de sedimento, formación de montañas, erosión, y demás, han sido muy lentas, puntuadas por épocas de actividad catastrófica. El tema general ha sido uno de lentitud y constancia.

Por millones de años, los continentes estaban cubiertos mayor o parcialmente por mares epicontinentales someros (no muy profundos), que produjeron abundantes depósitos de fósiles de invertebrados marinos que ahora se encuentran en nuestros continentes. Gradualmente la tierra fue cambiando. A través del Mesozoico y hasta el Cenozoico, los continentes llegaron a estar más expuestos por sobre el océano. Durante la época de expansiva glaciación, la edad de hielo del Pleistoceno, el nivel del océano era unos cien metros más bajo que en el presente, y finalmente llegó a su nivel actual luego de la glaciación.

A medida que los procesos geológicos progresaron, los animales y las plantas lentamente evolucionaron con la acumulación de impredecibles mutaciones aleatorias, adaptándose a las condiciones cambiantes de la tierra y evolucionando nuevas adaptaciones para moverse oportunísticamente hacia nuevos ambientes. Nuevos taxones evolucionaron y otros se extinguieron a través de toda esta historia, pero en varias ocasiones durante el Fanerozoico (Cámbrico hasta el reciente), hubo crisis catastróficas que resultaron en la extinción de porcentajes significativos de diferentes grupos de organismos.

Los lentos, y usualmente constantes procesos geológicos y evolución biológica continúan hasta el presente.

La teoría de la geología de corta edad

Introducción

La tierra se creó como un maravilloso sistema de soporte vital, con características de ingeniería que solo podemos tratar de imaginar. Entonces, hace unos miles de años una catástrofe global rompió en pedazos este sistema, probablemente comenzando con los movimientos iniciales de la tectónica de placas de los continentes. Luego, en una rápida pero sorprendentemente ordenada sucesión, los continentes de movieron, las montañas se destruyeron, los sedimentos sobre las rocas ígneas del basamento se removieron y redepositaron en otro lugar, y se formaron nuevas montañas. Mientras tanto los meteoritos impactaron la tierra, los volcanes arrojaron cenizas, y la lava fluyó en nuevos depósitos masivos llamados basaltos de inundación. Mientras los eventos se desplegaban, muchos animales y plantas se enterraron y fosilizaron, no todos al mismo tiempo, pero en una secuencialmente a medida que los procesos los afectaban. Esto suena muy caótico,

pero la evidencia indica depósitos sedimentarios ordenados e intervalos frecuentes con bajo nivel de agua o superficies de tierra desnudas con algunos animales que dejaban huellas o ponían huevos antes de ser arrastrados a otro lugar. Finalmente, el drama fue aminorando gradualmente a un estado más amigable para los animales y la vida reanudó su curso sobre y en la nueva superficie terrestre o en cuerpos de agua. El resto del capítulo discutirá con más detalle algunas partes de esta historia.

La tierra después de la semana de la creación

Durante la semana de la creación, se preparó la superficie de la tierra para la vida, con tierra seca y cuerpos de agua diseñados para una eficiencia máxima en el soporte de la vida. Entonces, los nuevos ambientes se llenaron de formas vivientes representando todos los filos (tipos), clases, y probablemente muchas familias de organismos que están vivos hoy, o se conocen como fósiles. En esa época, existía una variedad más abundante de ambientes de lo que existe hoy, y los hábitats que se extinguieron parecen estar representados por los muchos grupos extintos de organismos del Paleozoico y del Mesozoico.

¿Cómo era la superficie de la tierra después de la semana de la creación? No tenemos evidencia directa para contestar esta pregunta. Pero las pocas pistas disponibles de los escritos inspirados y la evidencia geológica sugieren las siguientes ideas.

Si miramos el mundo a nuestro alrededor, observamos que los seres vivos están diseñados en forma muy intrincada con todas sus partes hermosamente estructuradas para cumplir con sus funciones esperadas. Sin embargo, la corteza de la tierra y su sistema de soporte vital en ciertos aspectos parecen casi desorganizados. Grandes zonas de la tierra no reciben suficiente lluvia y pueden mantener solo una pequeña cantidad de vida. La tierra no parece bien diseñada. Parece que la tierra en su estado cambiado actual es la ruina de un planeta ahogado– los restos de lo que quedó después de una catástrofe geológica.

Tal vez, después de la semana de la creación, la corteza terrestre estaba casi tan intrincadamente diseñada como lo son las cosas vivas actuales, creando un clima más uniforme y un sistema de soporte vital superior. El rico registro fósil puede interpretarse como indicando que antes de la catástrofe, la vida sobre la tierra era mucho más abundante de lo que la tierra puede mantener ahora. Los fósiles indican que, aún en la mitad del Cenozoico, animales y plantas tropicales vivían mucho más cerca de las regiones polares de lo que lo hacen ahora,[4] apoyando la idea de que la tierra tenía un clima más uniforme al principio de su historia.

Catástrofe

La catástrofe sobre la tierra realmente comenzó muy pronto después de la creación, cuando Adán y Eva, seres creados perfectos, cayeron de su estado sin pecado, al darle esencialmente permiso a Satanás de ejercer su influencia sobre ellos y sobre la tierra como parte de su rebelión contra Dios. La vida comenzó a cambiar a causa de las mutaciones y a lo mejor otros tipos de alteraciones genéticas. La cultura humana se volvió cada vez más violenta y rebelde, al punto que el plan de Satanás de eliminar todos los humanos temerosos de Dios y reclamar el dominio sobre la tierra estuvo peligrosamente muy cerca de concretarse. Entonces Dios arruinó su plan al traer una catástrofe geológica repentina sobre la tierra. Para muchas personas, esto podría parecer no científico, pero la Escritura describe un evento muy real, un conflicto cósmico en vivo entre seres personales inteligentes que se está llevando a cabo en este planeta. Dios eligió una embarcación elegantemente diseñada como el medio para salvar el remanente humano y animal.

Desafortunadamente, Noé no estaba tomando notas durante su épico viaje, así que no sabemos los detalles de lo que ocurrió geológicamente durante ese tiempo. Nuestro único abordaje es intentar aprender una parte de la historia por medio de la investigación geológica.

Las hipótesis sobre la dinámica del diluvio

¿Qué debería ocurrir para desencadenar una catástrofe geológica global y luego restaurar la tierra a una condición habitable? ¿Cómo está hecha la corteza de la tierra? ¿De dónde provino toda el agua? ¿Dónde se fue? ¿Cómo llegaron los fósiles a los lugares donde se los encuentra ahora? Basados en lo que se sabe sobre la tierra, sugeriremos algunas respuestas a estas preguntas.

La figura 16.1 ilustra la relación entre los continentes, los pisos oceánicos, y el manto por debajo de la corteza. La superficie terrestre queda sobre el nivel del mar por la misma razón que un corcho flota en el agua. No solemos pensar de las rocas como que flotan, pero miremos otra vez el diagrama de la corteza de la tierra. Todos los continentes tienen un fundamento granítico con una densidad de alrededor de 2.7 en comparación con la densidad o gravedad específica de 1 del agua. Las rocas basálticas que forman el piso del océano (una densidad cerca de 3) y el manto por debajo de ellas (una densidad cerca de 3.3) son mucho más densas.[5] Los continentes, formados por rocas más livianas, flotan sobre el más denso fondo oceánico por debajo. Este sistema bien equilibrado explica por qué nuestros continentes no se hunden y quedan bajo agua.

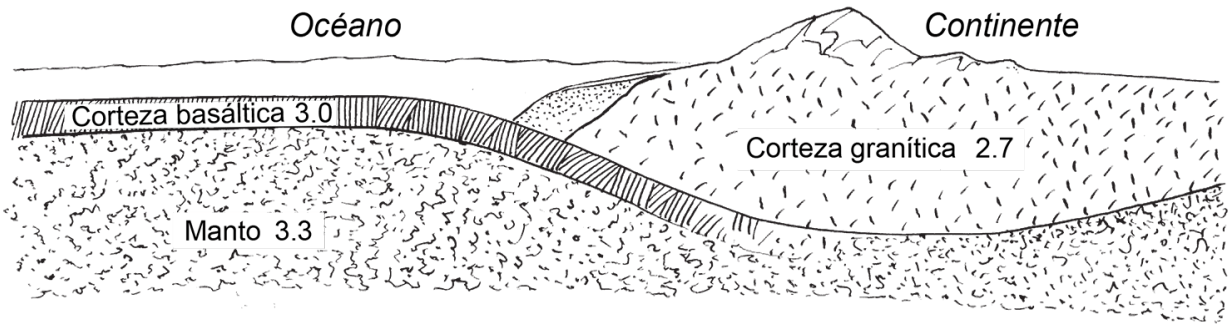


Figura 16.1. Las relaciones estructurales entre los continentes y los océanos. Los números indican la densidad de las rocas (según Hamblin y Christiansen 1995). Ilustración de Robert Knabenbauer

La fuente del agua del diluvio, su destino posdiluvial, y la historia de los continentes

Si ocurrió una catástrofe geológica de escala global en esta tierra, ¿cómo podría el agua cubrir las montañas más altas? No hay suficiente agua para hacer esto a menos que la estructura de la tierra fuera alterada considerablemente. Aun si consideramos que las montañas del mundo prediluvial hayan sido más bajas que algunas de las montañas actuales, el agua que existía en la tierra solo cubriría la superficie terrestre si los continentes se hubieran hundido en relación con los fondos oceánicos. También parece posible que las montañas prediluviales se destruyeron, y que las montañas que vemos hoy se formaron durante o después de la catástrofe. Debido a que las montañas antiguas se estaban erosionando, esto podría explicar cómo podría ser que se cubrieron con agua. Durante este proceso, en algunas áreas hubieran surgido nuevas montañas, mientras que en otros lugares las montañas antiguas todavía aparecían por sobre el agua.

Quitar el agua de la superficie terrestre después de la catástrofe también depende de los cambios en la corteza terrestre. El agua no pudo simplemente evaporarse. La atmósfera solo pudo contener una pequeña fracción del agua necesaria para inundar el mundo completo. Se necesitan algunos procesos globales, tales como el levantamiento de los continentes y/o el hundimiento de las cuencas oceánicas, para que el agua fluya hacia las nuevas cuencas oceánicas.

Resumen 16-2

Modelos de diluvio

Datos

La composición documentada de las rocas de los continentes y del fondo marino. Las edades relativas de las rocas de los fondos marinos y de los continentes tales como lo indican los fechados radiométricos. La presencia y distribución de los fósiles marinos y terrestres en las rocas sedimentarias. Muchos otros factores observables y medibles en la rocas y los fósiles.

Interpretación

La ciencia convencional: **La suposición es que la Biblia es una colección de mitos, y no existió un diluvio global.**

El intervencionismo: **La suposición es que la Biblia presenta un registro literal y real de la historia biológica y de la tierra, pero no nos da detalles geológicos.**

Existen múltiples hipótesis de trabajo sobre los procesos diluviales. Más abajo enumeramos algunos modelos, algunas de las ideas que se han propuesto. Los autores de este trabajo no están atados a un modelo específico, pero los hemos examinado y presentamos los conceptos que ahora creemos son los más coherentes con la evidencia actual. Invitamos a los lectores que hagan su propia evaluación.

Si ocurriera un diluvio catastrófico global hoy y removiera el suelo y otros materiales sueltos sobre la tierra, ¿dónde los depositaría? ¿Sobre tierra firme o en los océanos? Intuitivamente, parecería que la mayoría de los sedimentos, especialmente los sedimentos marinos, se depositaría en el océano. Pero el mayor

Resumen 16-2 (Cont.)

Modelos diluviales (continuación)

1. **La mayoría o todo el Paleozoico, Mesozoico y el Cenozoico más temprano se formaron durante el diluvio. El resto del Cenozoico se formó después del diluvio. Este concepto se acepta comúnmente y es el más cercano a nuestro enfoque.**

2. **Algo, o a lo mejor parte del Paleozoico, fue formado en los océanos antes del comienzo de los eventos del diluvio descritos en la Biblia. El resto del Fanerozoico se formó durante y después del diluvio, a lo mejor como se describe en el modelo 1.**

3. **Casi todo el Fanerozoico, hasta una parte del Pleistoceno, se formó durante el evento principal del diluvio. La última parte del Pleistoceno vino después del diluvio.**

4. **El diluvio formó una parte menor del registro del Fanerozoico.**

5. **Se han propuesto otras variantes.**

volumen de estratos sedimentarios con fósiles (incluyendo cantidades masivas de depósitos marinos) se encuentran en los continentes. Así que es claro que los continentes presentes una vez estaban cubiertos por agua (Génesis 7,20). La teoría geológica convencional propone una explicación para esa evidencia. Cualquier

teoría de corta edad también tiene que dar cuenta de la misma evidencia.

La mayor parte de las rocas sedimentarias, incluyendo los depósitos marinos, están sobre la corteza continental. Y el sedimento en los océanos actuales es todo Jurásico o más joven. Se podrían dar tres explicaciones posibles para estas observaciones (a lo mejor las tres son verdaderas): (1) grandes áreas de los continentes debieron estar a una elevación baja durante la catástrofe, formando cuencas hundidas donde se acumulaba el sedimento, y estas cuencas llenas de sedimento se elevaron luego del diluvio para formar tierra firme, con nuevas montañas; (2) la roca que compone los fondos marinos actuales no se formó sino hasta bastante tarde en el diluvio; o (3) los fondos marinos más antiguos fueron subducidos al manto. Mirando hacia atrás desde nuestro mundo estable con océanos que permanecen en el mismo lugar siglo tras siglo, es difícil visualizar o entender cambios de esta magnitud.

A lo mejor los cambios dramáticos al iniciar el diluvio involucraron tectónica de placas, la ruptura de parte de la corteza de la tierra con una subducción rápida de algunas áreas viejas de los continentes, como lo sugiere John Baumgardner,[6] o la pérdida de áreas continentales por medio de otros procesos. Puede ser que la destrucción de algunos continentes prediluvianos haya sido el evento principal del diluvio y no encontramos nada o muy poco de su destino en el registro geológico. Podrías preguntarte cómo pudo ocurrir un evento así y no dejar ninguna evidencia. Eso podría no ser tan difícil como parece. Los fondos oceánicos existentes generalmente no son más viejos que el Jurásico. ¿Qué había allí antes del Jurásico? Hay abundante lugar para misterios a gran escala, más allá de nuestra comprensión, que están escondidos en esas antiguas masas de la corteza subducidas. Nuestra tierra actual es el remanente reducido de un planeta destrozado. Hay evidencias de grandes placas de roca en lo profundo del manto que son demasiado frías (3000°C más frías que el material del manto que las rodea)[7] como para haber estado allí por millones de años.

Es necesario contestar a otra objeción a la subducción de los continentes. Ahora los continentes tienen una base de roca granítica, que es demasiado liviana como para hundirse en el material basáltico más denso debajo de ellos. ¿Niega esto la posibilidad de que continentes previos pueden haberse subducido en el manto y que alguna vez existían océanos sobre lo que actualmente es la corteza continental? A lo mejor no, si por lo menos una parte de los continentes originales estaban compuestos de basalto vesicular con abundantes poros para el movimiento del agua, que resultara en una gravedad específica neta más baja que la de la roca basáltica sólida. Recordemos que la piedra pómez, un ejemplo extremo, la cual flota en el agua, se forma del basalto que tiene una consistencia espumosa debido a los gases que atrapa. Solo una leve porosidad (alrededor del 20 por ciento) sería suficiente para reducir la gravedad específica del basalto por debajo de la del

granito. Un continente con esta composición sería lo suficientemente liviano como para quedarse por sobre el nivel del agua. Pero si el sistema acuoso colapsara como para formar basalto sólido, entonces podría ser subducido en el manto. Esto es especulación, pero parece estar dentro del ámbito de la posibilidad, y nos ayuda a explicar parte de la evidencia geológica.

La relación entre los dominios marinos y terrestres conservados

Los fósiles marinos están presentes en muchas de las rocas del Paleozoico Inferior de Norteamérica y otros lugares (fig. 16.2).[8] Debido a que estamos postulando un registro sedimentario que se acumula rápidamente, una vez que comienza la catástrofe no hay suficiente tiempo como para que la habitación de los animales y plantas se pueda restablecer. Desde que los continentes se cubrieron con sedimentos marinos por primera vez, en muchas partes del mundo, estos lugares no pueden estar donde vivían los organismos no marinos que ahora son fósiles en las capas superiores, incluyendo los vertebrados y plantas que encontramos como fósiles del Mesozoico en Norteamérica. Esos organismos deben haber vivido en otro lugar. Aún así, encontramos sus restos en los estratos por sobre el registro mayormente marino del Paleozoico. Razonando a partir de estos datos, esto nos lleva a concluir que durante el diluvio ocurrió una gran cantidad de transporte, trayendo los sedimentos y fósiles en algunos casos a través de continentes enteros para depositarlos por sobre los estratos que ya se habían depositado. De manera que, ¿de dónde vinieron esos animales?

Las paleocorrientes (indicadores direccionales conservados en las rocas) parecen sugerir que mucho de los sedimentos y posiblemente los fósiles que contienen del Paleozoico se derivaron desde el Este en Norteamérica, aun cuando muchas de las formas marinas pudieron enterrarse donde vivían en las diversas zonas de vida del océano. Pero las plantas y animales del Mesozoico y los sedimentos que los acompañan mayormente se derivaron desde el Oeste.

Resumen 16-3

Relaciones entre los continentes, los océanos y los procesos del diluvio

Datos

La composición documentada de las rocas de los continentes y del fondo marino. Las edades relativas de las rocas de los fondos marinos y de los continentes tales como lo indican los fechados radiométricos. La presencia y distribución de los fósiles marinos y terrestres en las rocas sedimentarias.

Interpretación

La ciencia convencional: **Durante mucho de la historia de la tierra, el nivel del mar era lo suficientemente elevado como para cubrir los continentes con mares epicontinentales someros (poca profundidad), que depositaron sedimentos marinos sobre los continentes. No se conoce la naturaleza del fondo marino pre-Jurásico. No es claro por qué los sedimentos de los fondos marinos durante y después del Jurásico no tienen abundantes fósiles marinos.**

El intervencionismo: **Durante el diluvio, los continentes que existían eran la zona más baja, y los fósiles marinos se depositaron en los nuevos sedimentos sobre esas regiones hundidas. A lo mejor esas áreas eran mares antes del diluvio. No se conoce la naturaleza de los fondos oceánicos del pre-Jurásico. Durante el diluvio los fondos marinos que existían se elevaron por sobre los continentes existentes. Esta es la razón por la cual los océanos actuales no tienen abundante sedimento con fósiles marinos durante el Jurásico y la mayor parte del tiempo después del Jurásico.**

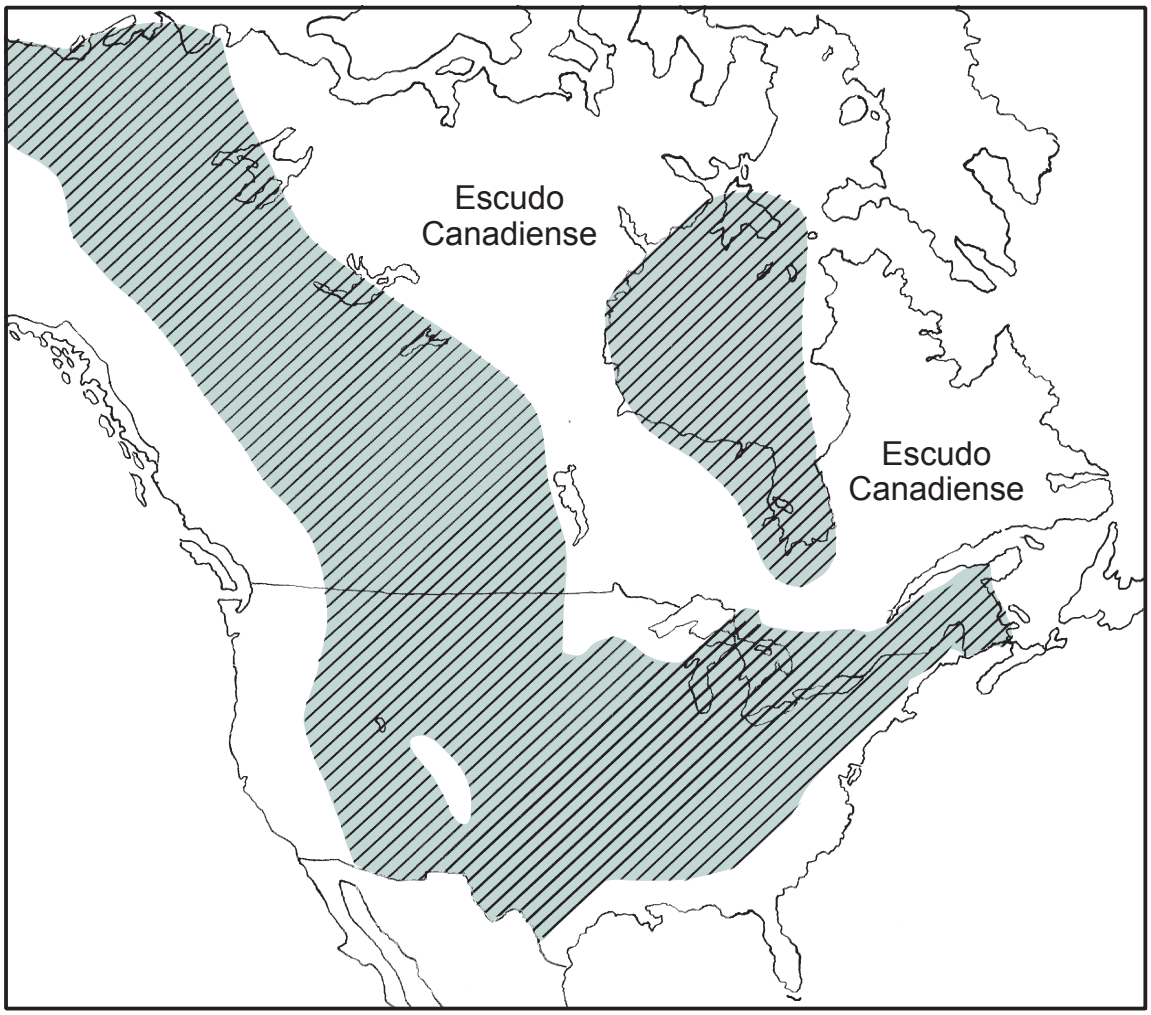


Figura 16.2. El área de Norteamérica que estuvo cubierta por sedimentos marinos (zona rayada) para el final del Paleozoico. El Escudo Canadiense consiste en rocas expuestas del Precámbrico. Ilustración de Leonard Brand.

Presumiblemente, en algún lugar al oeste de las Rocallosas está la zona terrestre de donde se originaron los dinosaurios y otras formas del Mesozoico. Una crítica a esta idea es la dificultad en imaginar el transporte de dinosaurios y otros animales desde una distancia tan grande en un diluvio con algunos de ellos todavía estando vivos lo suficiente como para dejar huellas en el sedimento. Siendo que nunca presenciamos un evento así, es difícil visualizar un proceso tal.

La formación de las montañas y los cabalgamientos

En Norteamérica, las Rocallosas comenzaron a formarse en el Jurásico, pero el proceso continuó a medida que producían los depósitos del Cretácico y del Cenozoico Temprano. Mientras se elevaban las Rocallosas, se formaban cuencas entre los cordones montañosos (fig. 16.3). Entonces ocurrió sedimentación en estas cuencas y en otras zonas localizadas en lugar de sobre vastas áreas tal como ocurrió en el Paleozoico y Mesozoico (fig. 16.3 A). Durante el levantamiento de los cordones montañosos, la erosión removió los sedimentos que formaban las partes superiores de las montañas, exponiendo el granito que ahora forma los elevados picos de los cordones. Los remanentes de estas formaciones de rocas que una vez cubrían toda el área están inclinados sobre las laderas de las montañas que se elevaron (fig. 16.4).

En algunos lugares, una formación o una serie de formaciones evidentemente fue quebrada en una zona de falla y luego los estratos de un lado fueron empujados hacia arriba y por sobre la porción superior del mismo estrato del otro lado de la falla (fig. 16.5) para formar cabalgamientos (o sobrecorrimientos).[9] Un resultado de un cabalgamiento es que las rocas más antiguas están dispuestas por sobre las rocas más jóvenes. Estos existen en varios lugares alrededor del mundo, y una gran parte de las Montañas Rocosas de Canadá es un cordón de cabalgamiento gigantesco (fig. 16.6). En una catástrofe global en la cual los continentes realmente se están moviendo alrededor de la tierra, no es ninguna sorpresa que algunos estratos de rocas se hayan deslizado por sobre la cima de otras rocas a través de muchos kilómetros. Parece más fácil que esto ocurra rápidamente mientras los sedimentos están sumergidos como en un modelo catastrófico.

La formación del paisaje

Durante el período de transición después de la catástrofe, una gran cantidad de agua se movía sobre la tierra. El recién formado paisaje todavía no estaba en equilibrio, y se podía producir una tremenda cantidad de erosión rápidamente. Probablemente una buena parte de las escenas espectaculares actuales —como el Gran Cañón, los meandros del Río San Juan, la Grand Staircase, y muchos otros cañones y acantilados— fueron tallados durante el tiempo después de la catástrofe principal.

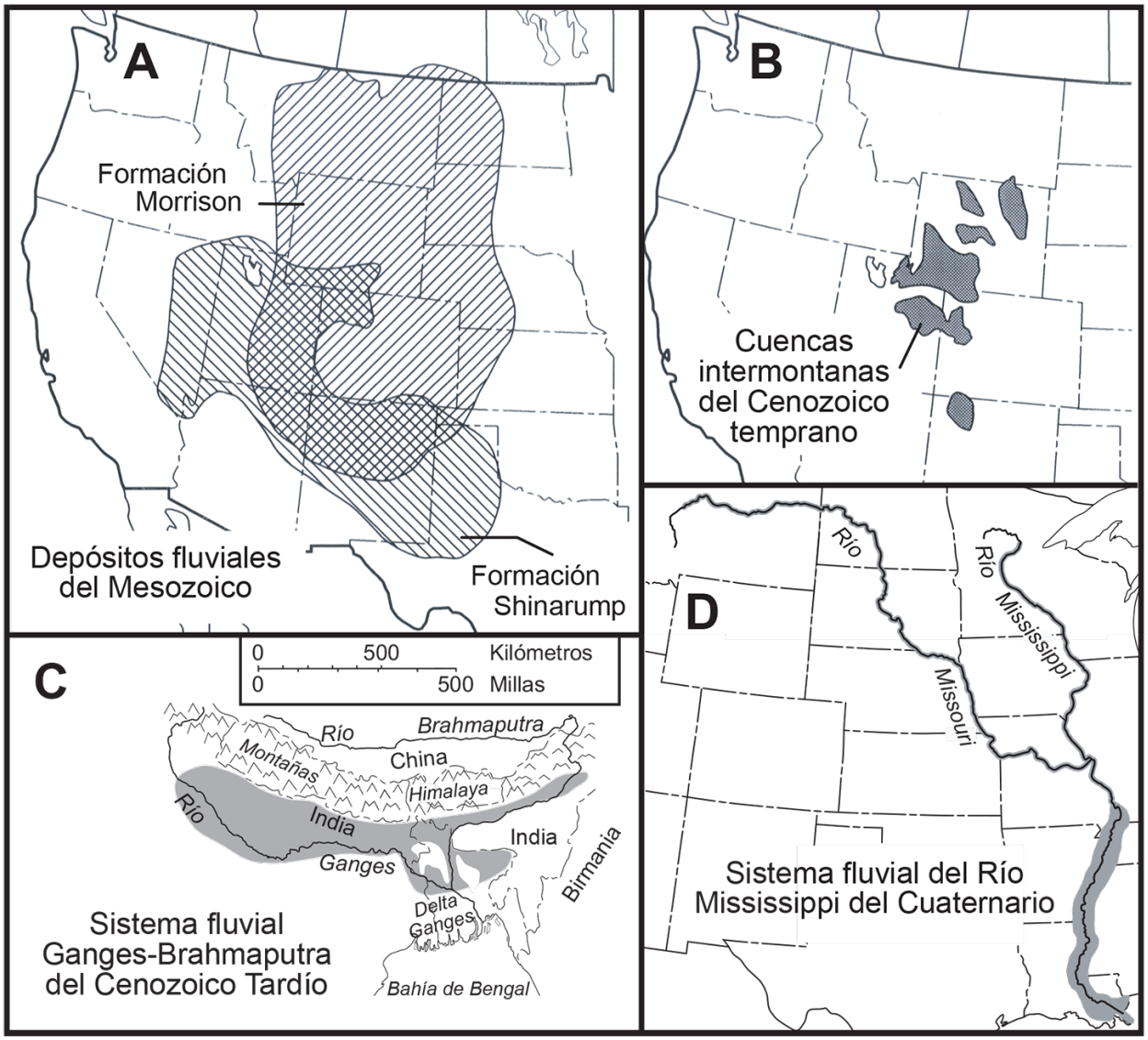


Figura 16.3. Distribución de (A) algunas formaciones muy extendidas del Paleozoico, (B) algunas de las cuencas sedimentarias del Cenozoico de Wyoming (según Cook et al. 1975; Cooper et al. 1990; Dodson et al. 1980; Dubiel 1994), y (C, D) dos cuencas sedimentarias fluviales modernas. Todos a la misma escala. Ilustración de Leonard Brand.

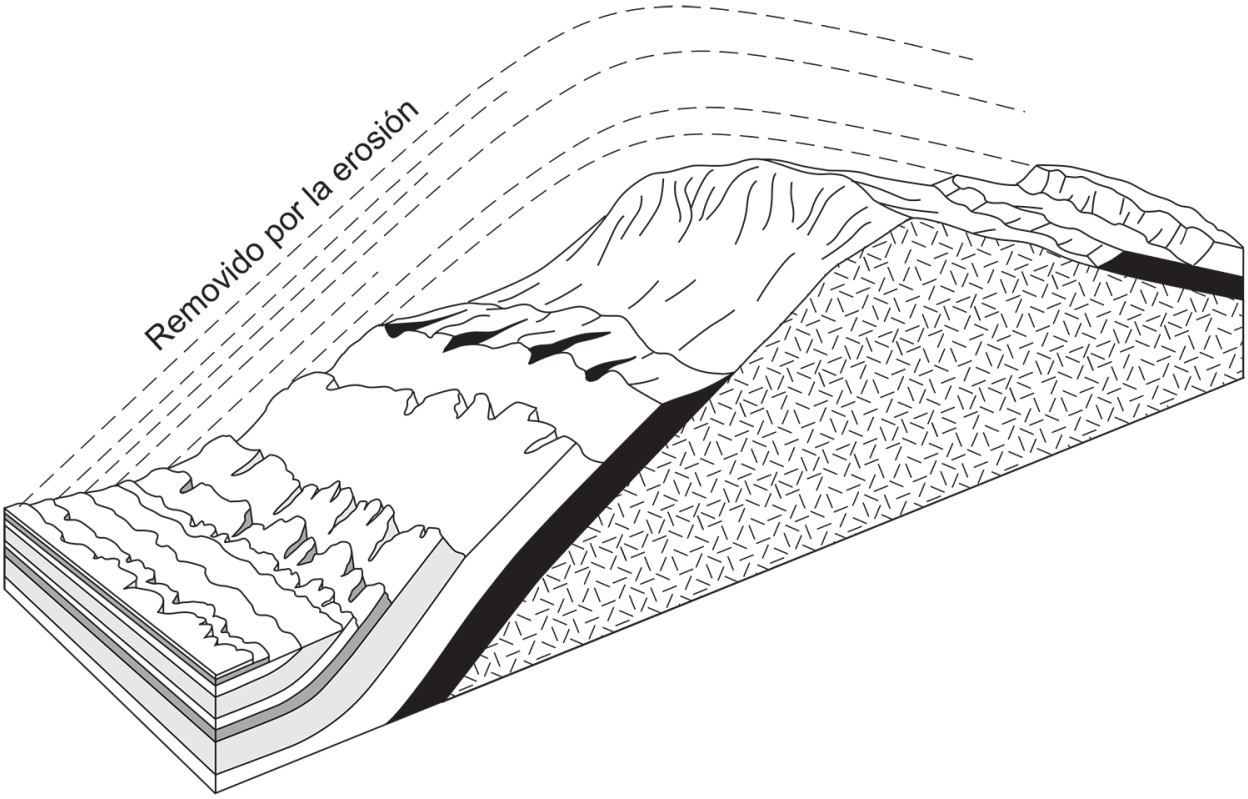


Figura 16.4. Estratos sedimentarios inclinados sobre y a lo largo de las laderas de una montaña plegada. Ilustración de Carole Stanton.

Steve Austin ha propuesto una hipótesis para la excavación del Gran Cañón a través de un desagüe catastrófico de un gran lago en el interior.[10] Experimentos realizados por John Koss y sus colegas indican que cuando un área continental está bajo agua y el nivel del agua desciende para exponer la tierra, un resultado es el excavado de cañones o valles.[11] En su discusión no invocaron una teoría catastrófica, pero una catástrofe global explicaría de dónde vino toda esa agua. Parte de esa erosión se produjo después de los eventos erosivos principales asociados directamente con el diluvio, siendo que encontramos en muchos lugares superficies erosionadas cubiertas por flujos volcánicos más recientes. Donde ocurre esto, la erosión que interrumpe la continuidad de los flujos de basalto tienen que haberse producido justo después del flujo y por lo tanto después de la erosión de la superficie sobre la cual descansa el basalto. En algunos lugares la evidencia erosional parece explicarse mejor con un segundo episodio posterior de erosión en conexión con las glaciaciones del Pleistoceno más al norte.

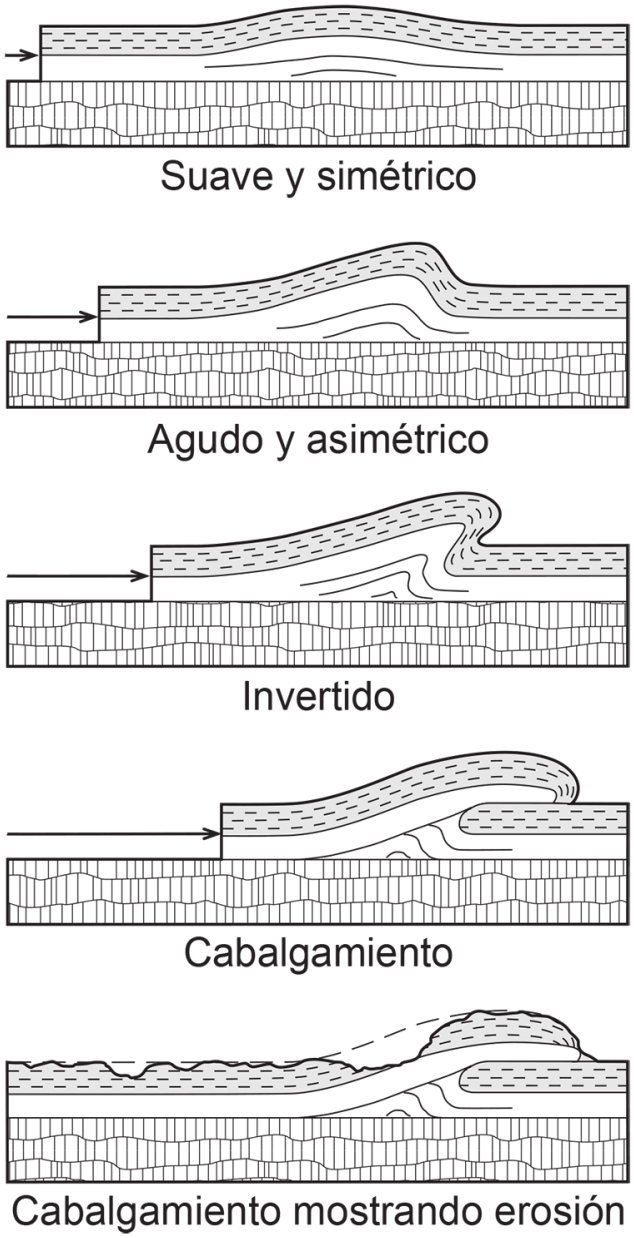


Figura 16.5. Corte transversal que ilustra la formación de un cabalgamiento. Los estratos sedimentarios se empujan desde la izquierda, se pliegan para formar una montaña con cabalgamiento, y se erosiona para formar la montaña moderna (ver la fig. 16.6; según Eardley 1965). Ilustración de Carole Stanton.

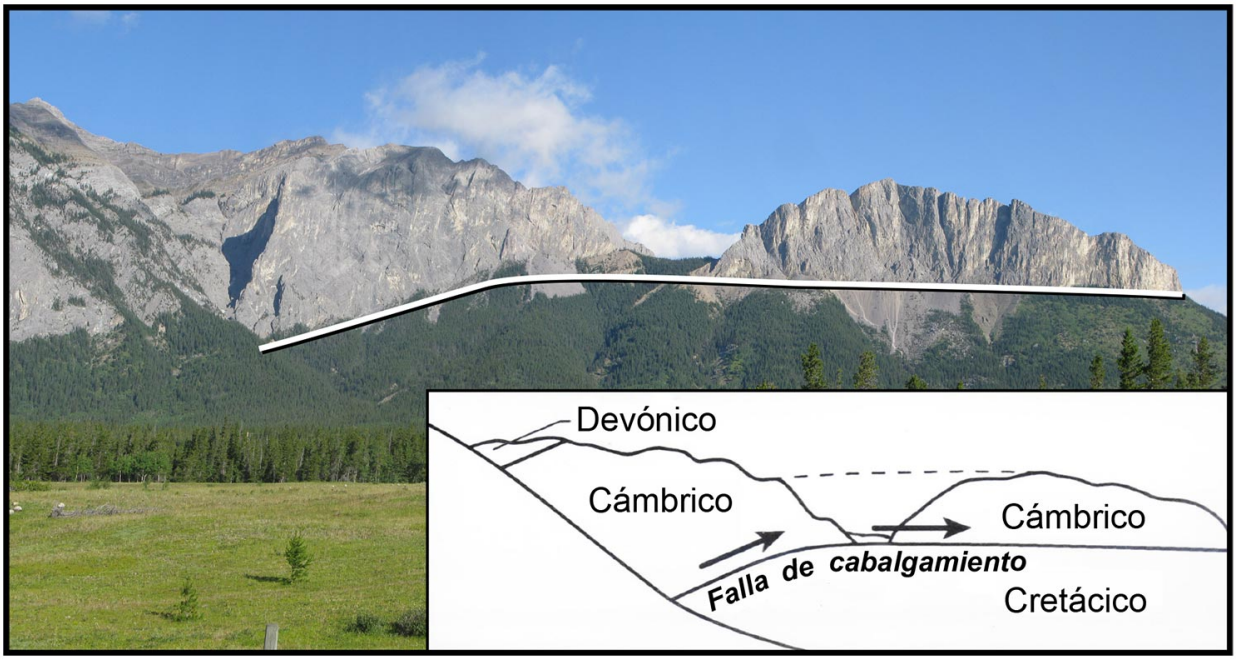


Figura 16.6. Fotografía de estratos de cabalgamiento en las Montañas Rocosas de Canadá. Los sedimentos por sobre la falla de cabalgamiento se han movido hacia la derecha, por sobre estratos más jóvenes debajo de la falla. La subsecuente erosión ha removido parte del sedimento, dejando esos remanentes. Ilustración de Leonard Brand.

La secuencia de vertebrados y de plantas en el registro fósil

Como discutimos en los capítulos 11 y 12, los fósiles de invertebrados y de vertebrados parecidos a peces aparecen en el Cámbrico Temprano, un poco más tarde aparecen otros peces, luego anfibios, reptiles, mamíferos, aves, y plantas con flores, en ese orden. Esa secuencia de fósiles constituye los datos, y nuestro blanco es interpretar los datos como una secuencia de eventos durante la catástrofe en lugar de como una secuencia evolutiva. Si un diluvio masivo se produjera hoy, esperaríamos, como una regla general, ver una sucesión de formas de diferentes hábitats enterrados unos tras otros a medida que los sedimentos de la catástrofe llena las cuencas marinas y comienza a cubrir la superficie terrestre. Por ejemplo, a una escala continental, esperaríamos que los primeros depósitos en el océano contuviesen invertebrados marinos, pero no tetrápodos (fig. 16.7). Otros factores influirían también cuando cada grupo vertebrado comenzaran a enterrarse (tabla

16.1). Los tres factores en la tabla tienden a apoyarse uno al otro. Siendo que todos trabajan juntos, es probablemente más factible sugerir que los tres factores combinados contribuirían a producir la secuencia general que vemos en el registro fósil.

Figura 16.7. El modelo de la zonación ecológica (o de sucesión de biomas), que muestra la relación entre un paisaje prediluvial hipotético y la secuencia en que se conservaron los fósiles en la columna geológica (según Clark 1946). Ilustración de Robert Knabenbauer.

El registro fósil de hecho presenta esta secuencia esperada de formas marinas primero, luego sedimentos con un porcentaje creciente de formas terrestres. Sin embargo, hay dificultades que debemos considerar. Por ejemplo, ¿por qué no hay polen de plantas con flores por debajo del Cretácico Medio? El polen se transporta fácilmente largas distancias por el viento o el agua. ¿Por qué no hay por lo menos unos pocos ratones o gorriones en los depósitos del Paleozoico o del Mesozoico?

Tabla 16.1. Factores que, se espera, influyan cuando los primeros ejemplos de cada clase de vertebrados fueron devastados por la catástrofe global.

	Ecología	Conducta	Movilidad	Promedio
Aves	4	4	4	4.0
Mamíferos	4	5	3	4.0
Reptiles	3	3	2	2.7
Anfibios	2	2	1	1.7
Peces	1	1	-	0.7

Ecología = las elevaciones sucesivas (sobre el nivel del mar) en una ecología prediluvial hipotética; Conducta = la inteligencia y la adaptabilidad de la conducta. La movilidad de los peces no se considera porque la movilidad de los animales acuáticos y terrestres no puede ser comparada directamente en este contexto.

En otras palabras, ¿por qué los animales y plantas de las “zonas habitables a mayor elevación” no se mezclaron con aquellos de las “zonas más bajas” durante la inundación masiva de ríos y valles que presumiblemente estaba ocurriendo? Nuestra comprensión actual de este modelo deja muchas preguntas sin responder. Pero en trazos generales, ofrece un comienzo sobre el cual se pueden construir mejores respuestas.

A lo mejor otros factores pudieron haber influido significativamente el momento en que muchos grupos llegaron a su destrucción. A medida que la destrucción catastrófica progresaba, esperaríamos cambios en la temperatura del agua; cambios en la química de los mares y lagos, debido a la mezcla de agua dulce y salada; y la contaminación por la lixiviación de otros productos químicos hacia el agua. Cada especie de un organismo acuático tendría su propia tolerancia para estos cambios. El resultado podría ser una secuencia de mortalidades en masa de diferentes grupos a medida que la calidad del agua cambiaba. Los cambios en la turbidez del agua, la contaminación del aire por la ceniza volcánica, o cambios en la temperatura del aire podrían tener efectos similares.

En los sedimentos del Cenozoico existe una gran diversidad de fósiles de aves, mamíferos, y de plantas con flores (fig. 11.14). A lo mejor estos grupos en general habitaban las regiones de tierras altas (mayor elevación sobre el nivel del mar) y no fueron alcanzados sino hasta bastante tarde por la catástrofe geológica. En el mundo posdiluvial, estos grupos pudieron sobrevivir, pero muchos otros grupos de animales y plantas no sobrevivieron mucho tiempo en el mundo posdiluvial más fresco.

Existen varios cambios mayores a medida que subimos por el registro fósil que involucran extinciones en masa y la entrada de nuevos tipos de organismos en el registro fósil. En la parte superior del Pérmico hubo una extinción masiva de muchos animales (fig. 10.1), y un nuevo espectro muy diferente de animales y plantas aparecen en el registro fósil del Mesozoico. Todavía hay invertebrados y vertebrados marinos, pero se introducen muchas nuevas formas terrestres, incluyendo reptiles, dinosaurios, mamíferos, y plantas terrestres. Finalmente, en el Cretácico, por primera vez aparecen ampliamente distribuidas en las rocas las plantas con flores, pero no ocurren más abajo. Una flor perfecta de angiosperma se encontró recientemente en el Jurásico.[12]

En las rocas del final del Cretácico, se documenta otra extinción principal en la que desaparecen del registro fósil los dinosaurios y muchas otras formas de reptiles marinos y cefalópodos. Por sobre estos depósitos, las rocas del Cenozoico registran una gran diversidad de mamíferos y de aves, junto con las plantas con flores. En el mundo marino existe una profusión de tipos modernos de corales, equinodermos, moluscos, peces, y mamíferos marinos. Estos animales y plantas del Cenozoico son las formas con las que estamos familiarizados en nuestros ambientes actuales. Estos cambios en los fósiles no representan la aparición de organismos nuevos creados. Son el resultado de la sucesiva destrucción final de algunos hábitats y la muerte y entierro de los organismos de cada uno de los hábitats a medida que se desarrollaba la catástrofe. Para datos e interpretaciones, véase “Interpretación de la secuencia de fósiles en el registro de rocas” en el Resumen 12-5 de la página 289.

Un modelo bíblico de la historia de la tierra que comienza con una creación literal y luego la introducción del mal debido al pecado humano requiere que los humanos y otros animales modernos hayan existido desde el comienzo, aun durante las etapas tempranas de la columna geológica (fig. 16.8). ¿Cómo podrían estar allí y no encontrarse como fósiles en esos estratos inferiores de sedimento?

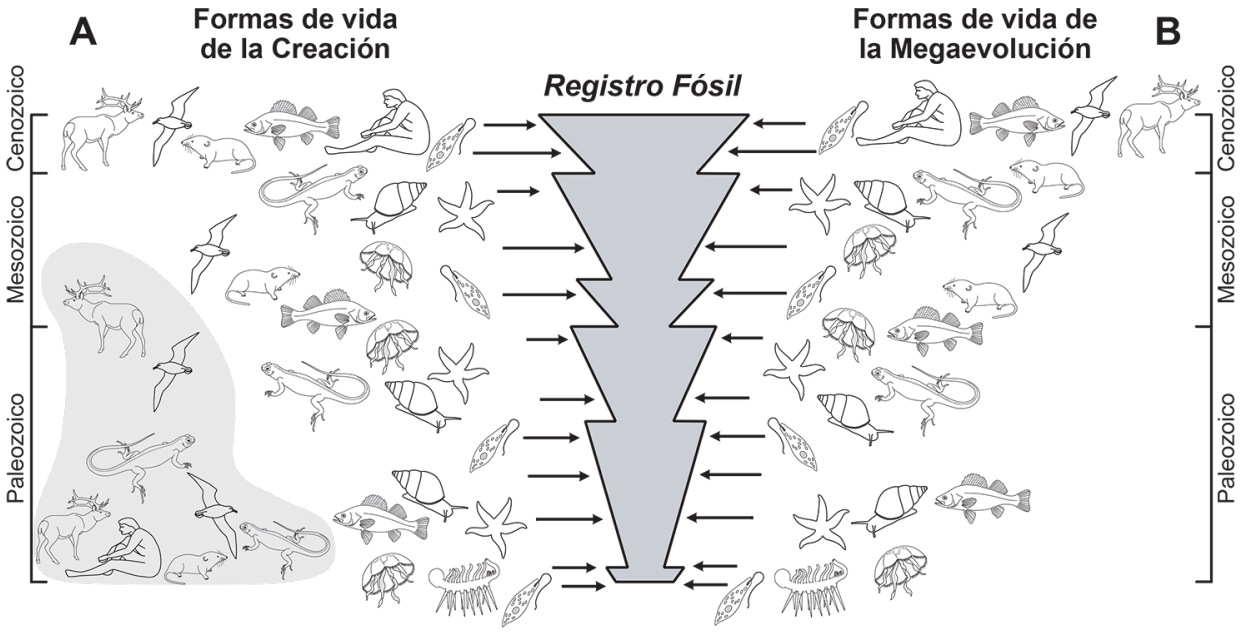


Figura 16.8. Tipos representativos de animales y de plantas, que muestran su propuesta presencia o ausencia en diferentes momentos de la historia de la tierra de acuerdo con (A) la teoría intervencionista con todos los tipos básicos de seres vivos presentes desde el evento de la creación y (B) la teoría geológica convencional. El área sombreada incluye tipos de animales presentes temprano en la historia de la tierra pero que no se conservaron en el registro fósil en ese momento. La figura es diagramática y no implica que cualquier tipo animal determinado fuera siempre el mismo a lo largo de la historia (Brand 2006a).

Una analogía puede ayudar a explicar este concepto.[13] Una tormenta deposita una capa de barro en su patio. Esto ocurre cinco veces antes de que usted tenga tiempo de limpiarlo. Las cinco capas son una secuencia en el tiempo, donde la capa de más abajo se formó primero. A medida que excavas entre las capas encuentras algunas cosas fascinantes. Hay carozos de damasco, solo en la capa de más abajo. También hay algunos excrementos de perro, pero solo en la quinta capa, la de más arriba. De estos datos, podemos idear una teoría para explicar la secuencia de eventos. Debe haber existido por lo menos un árbol de damasco, pero solo durante la primera tormenta. Usando el ADN, relacionamos el excremento de perro a Lassie, que vive algunas casas más abajo en la calle. Lassie no debe haber estado allí sino hasta la quinta tormenta.

Al evaluar la teoría, tenemos una ventaja que falta en la investigación normal de la paleontología: estuvimos allí durante las cinco tormentas y tenemos acceso a un registro confiable de lo que pasó. Sabemos que de hecho había un árbol de damasco, y que fue arrancado por la primera tormenta. Hasta aquí vamos bien. Sin embargo, también sabemos que Lassie estuvo allí durante y antes de las cinco tormentas. ¿Cómo puede ser que la evidencia nos haya engañado tanto? Con más excavación, que levanta sospechas entre los vecinos, encontramos respuestas a nuestras preguntas. Encontramos que el quinto flujo de barro siguió un camino un poco diferente, y fue el único aluvión de barro que atravesó el patio de Lassie. Lassie estuvo allí durante los primeros cuatro flujos de barro, pero no en una situación que pudiera conservar la evidencia de su presencia.

El registro fósil es como nuestros cinco flujos de barro en el fondo de la casa, pero mucho más grande (fig. 16.9). Durante el Paleozoico, Mesozoico y en el Cenozoico temprano, los humanos y otros tipos de animales modernos deben haber vivido en otro lugar donde no se estaban formando fósiles. Esto es un tanto análogo al pez celacanto, que se pensó que había estado extinto durante 65 millones de años, hasta que se encontraron especímenes vivos en 1939. No estaban viviendo en situaciones que conducían a la fosilización durante el Cenozoico.

La única manera de encontrar respuestas totalmente confiables a nuestras preguntas sobre cuándo y dónde vivían los seres humanos a lo largo de la historia provendrían del informe de un testigo, tal como en el caso del estudio de Lassie. En el estudio del registro fósil no estuvimos allí, así que no tenemos acceso a la evidencia de un testigo. La única fuente que afirma proveer tal evidencia es la Biblia, pero la mayoría de los científicos no la acepta como evidencia. Todo se reduce a esto: ¿Tenemos más confianza en la Palabra de Dios, inspirada por el que observó la formación del registro fósil, o tenemos más confianza en las opiniones de los humanos, que no estuvieron allí?

Otra característica del registro fósil son las detalladas secuencias de diferentes tipos de algunos organismos en el registro, tal como los foraminíferos (organismos unicelulares), amonites (fig. 16.10) y trilobites en los depósitos marinos. Estos se presentan en una serie de zonas, con pequeñas diferencias en la composición de especies en cada zona sucesiva. La teoría de corta edad propone que estas zonas —por lo menos en el Paleozoico y Mesozoico— resultaron de un proceso de clasificación en el diluvio en lugar de la evolución. Por ejemplo, a medida que las aguas del diluvio alcanzaron progresivamente zonas ecológicas (o biomas) a mayor elevación, mataron y fosilizaron los diferentes tipos de organismos encontrados en cada zona ecológica. Una alternativa es que la química o temperatura o turbidez cambiante pudo matar diferentes tipos de organismos en diferentes momentos.

Véase “Interpretación de la secuencia de fósiles en el registro de rocas” (Resumen 12-5, p. 289) para evaluar esta cuestión.

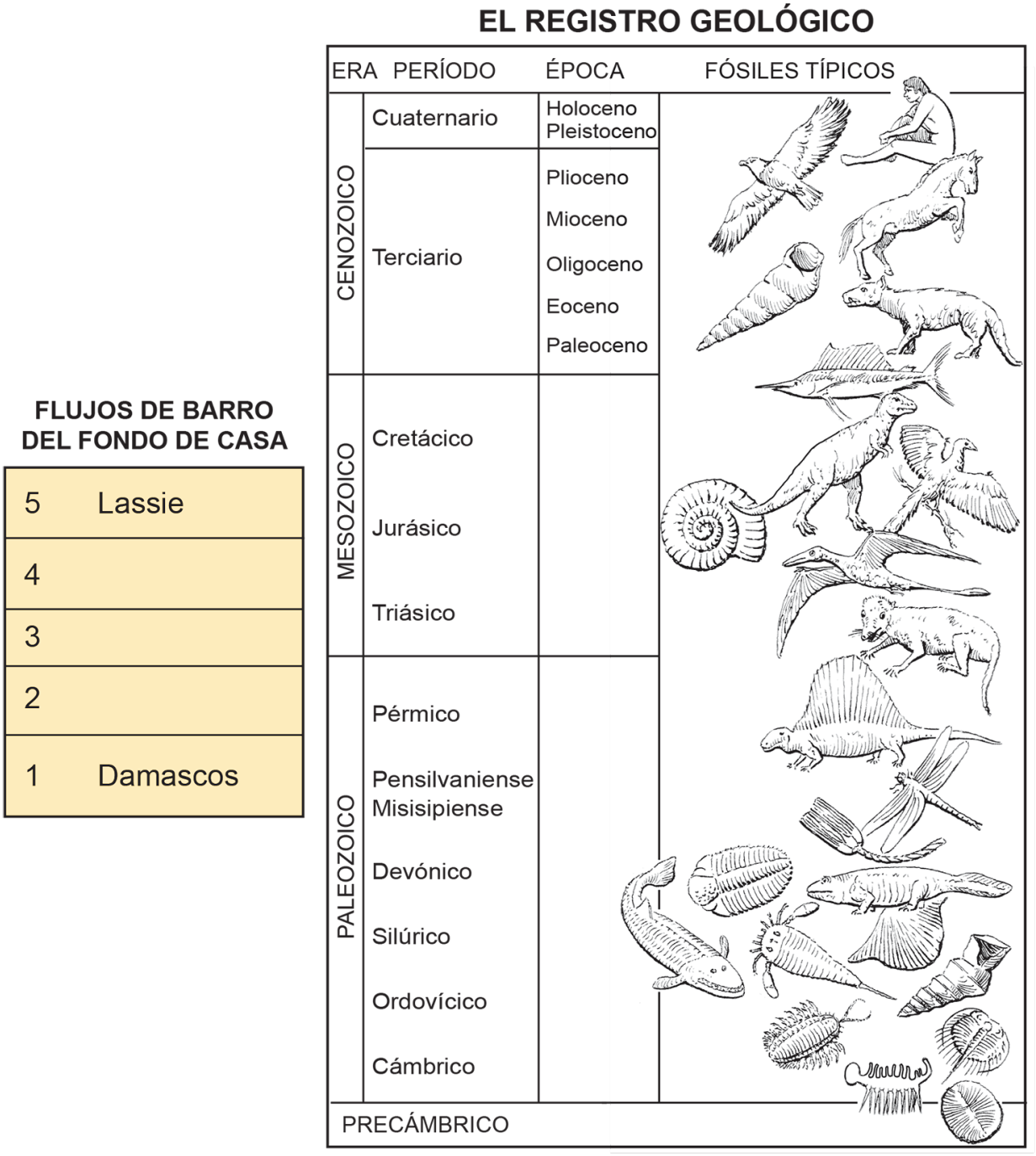


Figura 16.9. Cinco flujos de barro en el patio del fondo de la casa y la columna geológica. Ilustración de Robert Knabenbauer y Leonard Brand.

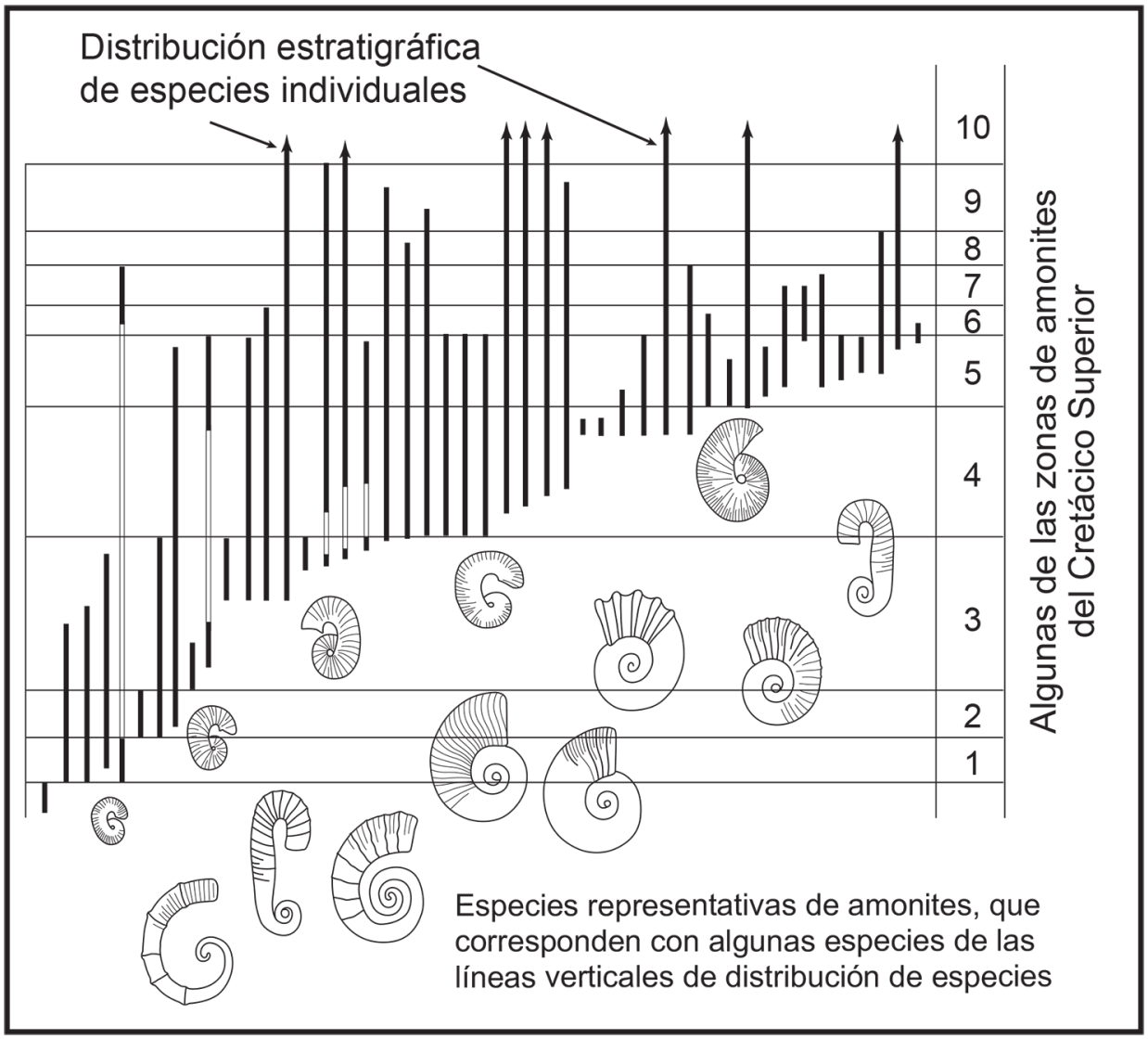


Figura 16.10. Un ejemplo de zonación de fósiles: varias zonas de amonites arbitrariamente enumeradas del Cretácico Superior. Las líneas verticales representan la extensión de las especies, mostrando el comienzo y el final de la extensión de esa especie en el registro fósil. Las líneas con puntas de flecha en la parte superior son especies cuyas extensiones estratigráficas se extienden hacia niveles más altos. Cada zona se caracteriza por la presencia de una o más especies específicas de amonites y la ausencia de otras especies (según Cobban 1951; Wiedeman 1969; y Kauffman et al. 1993). Ilustración de Leonard Brand.

Supervivencia al diluvio y la biogeografía posdiluvial

En algún punto durante el proceso de depósitos de las formaciones del Cenozoico, los animales comenzaron a extenderse sobre la tierra y establecerse sobre el nuevo paisaje. ¿Cómo llegaron hasta donde están ahora? ¿Salieron todos del arca y encontraron su camino a sus nuevos hogares? Este tema incluye algunos desafíos significativos que los teóricos de la corta edad deben considerar. En primer lugar, deberíamos reconocer que la historia del arca involucra solo una pequeña porción de los animales, específicamente los animales terrestres que respiran aire. La expansión de las plantas aparentemente dependió de las semillas que fueron transportadas ampliamente por el agua y luego cayeron sobre la superficie terrestre, brotaron y sobrevivieron en áreas donde el ambiente era favorable para ellas. Podría ser que algún vástago de planta u otras plantas también sobrevivieron suficiente tiempo en el agua o en objetos flotantes como para luego posarse en el barro y crecer.

Los animales marinos tuvieron que forjar su propio camino. Estaban en el agua, su propio elemento, y la supervivencia y la extensión geográfica dependió de su habilidad de tolerar tales condiciones en el agua como la turbidez, los cambios químicos, cambios de temperatura, y la destrucción de lugares específicos para la reproducción que eran críticamente necesarios.

Los organismos de agua dulce se enfrentaron a un tipo diferente de desafío siendo que parece que algunos de pronto se encontraron en un cuerpo de agua salada. En el mundo moderno hay un proceso que les puede haber reducido este problema. A medida que el agua dulce de grandes ríos hoy se vuelca sobre el océano, el agua dulce menos densa no se mezcla rápidamente con el agua salada. Durante el diluvio, el agua dulce puede haber quedado en la parte superior durante suficiente tiempo como para proveer un refugio para los organismos de agua dulce. A lo mejor, también, muchos animales tienen un potencial mucho mayor para la adaptación a las condiciones cambiantes del agua de lo que hemos reconocido (o lo hicieron en esa época).

Los invertebrados terrestres probablemente tuvieron más opciones para sobrevivir. Una enorme cantidad de restos flotantes de plantas, tal vez islas flotantes, significaría que los animales podrían vivir por un buen tiempo durante la catástrofe hasta que se posaron sobre una nueva superficie terrestre. Esto sería especialmente verdadero para los invertebrados de regiones altas cuyos ambientes fueron los últimos en destruirse durante la catástrofe. Los grupos de organismos que fueron afectados en último lugar durante el diluvio pasaron la menor cantidad de tiempo en el agua antes de encontrar nuevos hogares. Estos serían los grupos con mayor probabilidad de sobrevivir en un nuevo mundo posdiluvial.

La secuencia de eventos en el registro geológico sugiere que antes que se destruyera completamente la antigua superficie terrestre, ya estaban apareciendo nuevas montañas. El diluvio fue un evento complejo. Por tanto, aun cuando las montañas prediluviales estaban cubiertas (y sin duda destruidas), no podemos necesariamente asumir que toda la superficie terrestre estuvo cubierta al mismo tiempo. Esto favorecería la supervivencia de muchos invertebrados que podrían encontrar refugio en la superficie terrestre disponible.

Las preguntas más importantes involucran los vertebrados terrestres. Estos parecen ser los animales descritos como que sobrevivieron el diluvio sobre el arca y fueron luego liberados sobre la superficie terrestre posdiluvial. La distribución biogeográfica moderna de los vertebrados terrestres ¿resultó de la propagación de todos estos grupos desde el arca en Asia Menor hacia su presente ubicación? No sería muy difícil explicarlo para los caballos, elefantes, conejos, y una variedad de otros animales, pero ¿qué acerca de los canguros y una cantidad de otros marsupiales de Australia, los perezosos que viven en los árboles en Sudamérica (no pueden caminar muy bien sobre el suelo), o las tuzas que viven solo en Norteamérica? El complejo de familias de roedores de parentesco cercano que solo se encuentran en Sudamérica ¿se mantuvieron unidos a medida que evitaban otros continentes y se encaminaron hacia, y solo hacia, Sudamérica? Esta situación se complica aún más por el hecho de que sus parientes fósiles también se encuentran solo en Sudamérica.

Un gran número de familias de mamíferos tienen un registro fósil y una distribución moderna limitada a solo un continente. ¿Viajaron desde el arca y regresaron solo a su hogar original sin siquiera dejar algún fósil a lo largo del camino? Esto podría ocurrir por azar para unas pocas familias, especialmente si su hogar fue un continente fácilmente accesible desde Asia Menor. Sin embargo, 59 familias de mamíferos encajan en este patrón (tabla 16.2), y los continentes con el mayor porcentaje de familias endémicas (que son únicas a ese continente) son Australia y Sudamérica, dos continentes que son los más alejados de Asia Menor y los más difíciles de alcanzar desde allí. Este enigma se reduce considerablemente si todo o la mayoría del registro fósil del Cenozoico se hubiera formado después del diluvio, pero es una de las más importantes preguntas sin resolver para la geología de corta edad.

La distribución de los animales y las plantas a sus localidades actuales en una época era explicada principalmente con la biogeografía vicariante. Según esa teoría, su distribución se explica por los movimientos de los continentes, llevando grupos de organismos con ellos. De esta manera, por ejemplo, los primates del Nuevo Mundo se separaron de los primates del Viejo Mundo y los dos grupos divergieron.

Tabla 16.2. Número de familias endémicas de mamíferos en seis regiones paleogeográficas (comparado con el número total de familias de mamíferos).

Región paleogeográfica	Total de Familias	Familias Endémicas	
		No.	% del total
Neotropical (Sud y Centroamérica)	39	24	62
Australiana	16	14	88
Neoártica (Norteamérica)	23	2	9
Etiópica (África)	37	13	35
Oriental (Sureste de Asia)	31	4	13
Paleártica (Europa y Asia)	32	2	6
Total	**101**	**59**	**58**

Sin embargo, desde aproximadamente el 2004, los biogeógrafos han estado dispuestos a reconocer que la biogeografía vicariante no explica las distribuciones actuales. Mucho de la evidencia puede explicarse con balsas de restos flotantes que se movían por los océanos.[14] Esta explicación es muy compatible con la geología diluvial, siendo que durante y después de un diluvio catastrófico global se esperaría una gran cantidad de restos de plantas flotantes. En los tiempos modernos se ha sabido de islas flotantes, y estas también podrían haber sido muy comunes.

Resumen 16-4

Biogeografía: la expansión de los organismos sobre la tierra

Datos

Las distribuciones geográficas documentadas de los animales y plantas vivientes. La distribución geográfica de los fósiles y lo localización verificable en las unidades de rocas.

Interpretación

La ciencia convencional: **La distribución geográfica de organismos fósiles fue el resultado de sus movimientos a medida que evolucionaban y se adaptaban a los diferentes hábitats a lo largo de millones de años. La distribución moderna de los organismos es simplemente el resultado del proceso descrito más arriba.**

El intervencionismo: **La distribución geográfica de por lo menos los fósiles marinos del Paleozoico Inferior probablemente indica el lugar de vida original. La distribución geográfica de muchos otros fósiles resultaron principalmente de procesos de transporte durante el diluvio. Los procesos biogeográficos después del diluvio esencialmente fueron los mismos que en la biogeografía convencional, pero a lo largo de un período menor de tiempo. Se sabe que la expansión de los animales y plantas por medio de balsas flotantes es importante en la biogeografía convencional, y sin duda sería aún más importante durante y después de un diluvio catastrófico global.**

Recuperación de la catástrofe: después del diluvio

De una geología muy extendida a depósitos localizados

No es probable que la catástrofe global haya concluido repentinamente, sino que más bien con una transición a condiciones menos catastróficas, progresivamente más parecidas a las relativamente más estables de la tierra que conocemos. También hubo un cambio gradual de procesos geológicos a gran escala hacia unos de escala más pequeña. Los depósitos sedimentarios del Paleozoico y del Mesozoico generalmente cubren áreas bien extensas, con depósitos individuales que se extienden sobre áreas de 390 mil kilómetros cuadrados o más. Luego, en el Cenozoico, hay un cambio a depósitos de relleno de cuencas más localizados entre los nuevos cordones montañosos que se estaban formando (fig. 16.3). En los tiempos modernos, el tamaño de las áreas de sedimentación es aún mucho menor, como en los valles de ríos en lugar de extensos depósitos fluviales.

Vulcanismo

Se produjo mucha actividad volcánica durante y después del proceso del diluvio. Los volcanes produjeron depósitos de ceniza, flujos de lava, o depósitos de brecha volcánica. El Parque Nacional Yellowstone contiene primariamente depósitos de brecha volcánica y ceniza. Durante el Eoceno, los árboles de los bosques petrificados de Yellowstone se enterraron con flujos de brecha.[15] Tal vez se depositaron cuando esta área todavía estaba bajo agua, o por lo menos cuando había suficiente lluvia y agua estancada para producir corrientes de barro bajando por las laderas de los volcanes, y enterrando los árboles tal como sucedió en el Monte Santa Helena.

En otras áreas, fluyeron grandes cantidades de lava fundida desde largas fisuras y formaron enormes depósitos llamados basaltos de inundación, que formaron extensas mesetas (tabla 16.3).[16] Un ejemplo notable es el Basalto del Río Columbia, una serie de gruesos estratos de basalto que cubren el este de Washington y Oregón (fig. 16.11). Este enorme depósito de lava empequeñece cualquier cosa que vemos hoy, pero es pequeño en comparación a otros basaltos de inundación. El único lugar donde este tipo de depósito todavía se está formando hoy es Islandia.

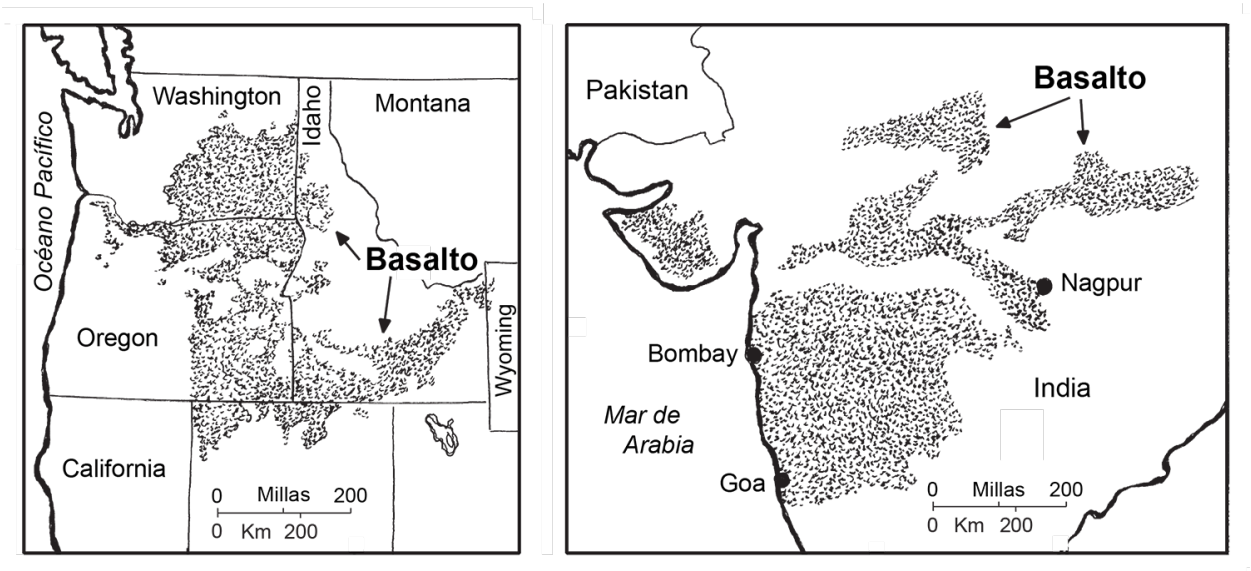


Figura 16.11. La distribución de (izquierda) el Basalto del Río Columbia en el noroeste de los Estados Unidos y (derecha) de un gran campo de basalto en la Meseta del Decán en la India (según Longwell et al. 1969). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Tabla 16.3. Mesetas de basalto (basaltos de inundación) (Datos de Monroe y Wicander 1992).

Meseta de basalto	Área (km^2)	Espesor promedio (m)
Planicie del Río Snake, Idaho	50.000	
Basalto del Río Columbia, noroeste EE.UU.	164.000	1.000
Traps del Decán, India	500.000	650
Cuenca del Paraná, Brasil	1.200.000	650
Basaltos del Karoo, Sudáfrica	2.000.000	700
Plataforma Siberiana, Rusia	2.500.000	360
Norte de Australia	400.000	1.000
Región Grandes Lagos, EE.UU. y Canadá	100.000	hasta 5.000

Se reduce el tamaño de los lagos, los depósitos de minerales y los desiertos que se secan

En los depósitos de lagos se puede ver la tendencia desde la sedimentación en áreas bien extensas a depósitos más pequeños y localizados. Existe una evidencia convincente en la existencia de muchas grandes cuencas que se llenaron con lagos en la época justo después del diluvio y que luego se secaron. Un ejemplo es el antiguo Lago Gosiute en Wyoming, que formó la Formación Green River del Eoceno de Wyoming, Utah y Colorado, con sus calizas y millones de peces fósiles, arrecifes costeros formados por estromatolitos, y otros fósiles (fig. 16.12A).[17] Mientras tanto, sedimentos volcánicos de grano fino y otros sedimentos de grano más grueso que se erosionaron de montañas adyacentes fueron formando las Formaciones Wasatch y Bridger, los depósitos de planicies de inundación asociados con el Lago Gosiute (fig. 16.12B). Finalmente, todo el sistema deposicional cambió a los valles secos que existen allí ahora.

Más adelante, en el Pleistoceno, hubo un episodio de grandes lagos temporarios en el oeste de Norteamérica. En Utah y las áreas circundantes, uno de esos lagos fue el gigante Lago Bonneville del Pleistoceno. A su nivel más alto el Lago Bonneville cubrió la mayor parte de la mitad oeste de Utah y partes de Idaho y Nevada. Tenía unos 523 kilómetros de largo y más de 300 metros de profundidad en la parte central. Sus costas antiguas son rasgos prominentes en muchas partes de la parte central de Utah hoy. Aparentemente, en algún punto durante el Pleistoceno, el lago irrumpió a través de un dique de bloques de piedra y escombros en Idaho y se vació catastróficamente. Durante momentos de flujo máximo, la velocidad con la que se vació igualó el flujo combinado de todos los ríos del mundo. Hoy, por contraste, todo lo que queda son el Gran Lago Salado y el cercano Lago Bear, cerca de Salt Lake City, Utah. Muchos valles desérticos en California, Nevada, y Utah también estuvieron llenos de agua (fig. 16.13).[18] En el este del estado de Washington, los Channeled Scablands resultaron del drenaje catastrófico de otro lago, el Lago Missoula del Pleistoceno (fig. 14.14). Todos estos lagos se redujeron en tamaño o terminaron siendo planicies secas de sal en los valles del desierto. Al repasar esta sección, notemos que hay dos ocasiones cuando antiguos lagos ocuparon parte del oeste de Estados Unidos, primero los extensos lagos del Eoceno que depositaron la Formación Green River, y luego los grandes lagos del Pleistoceno un poco más hacia el oeste.

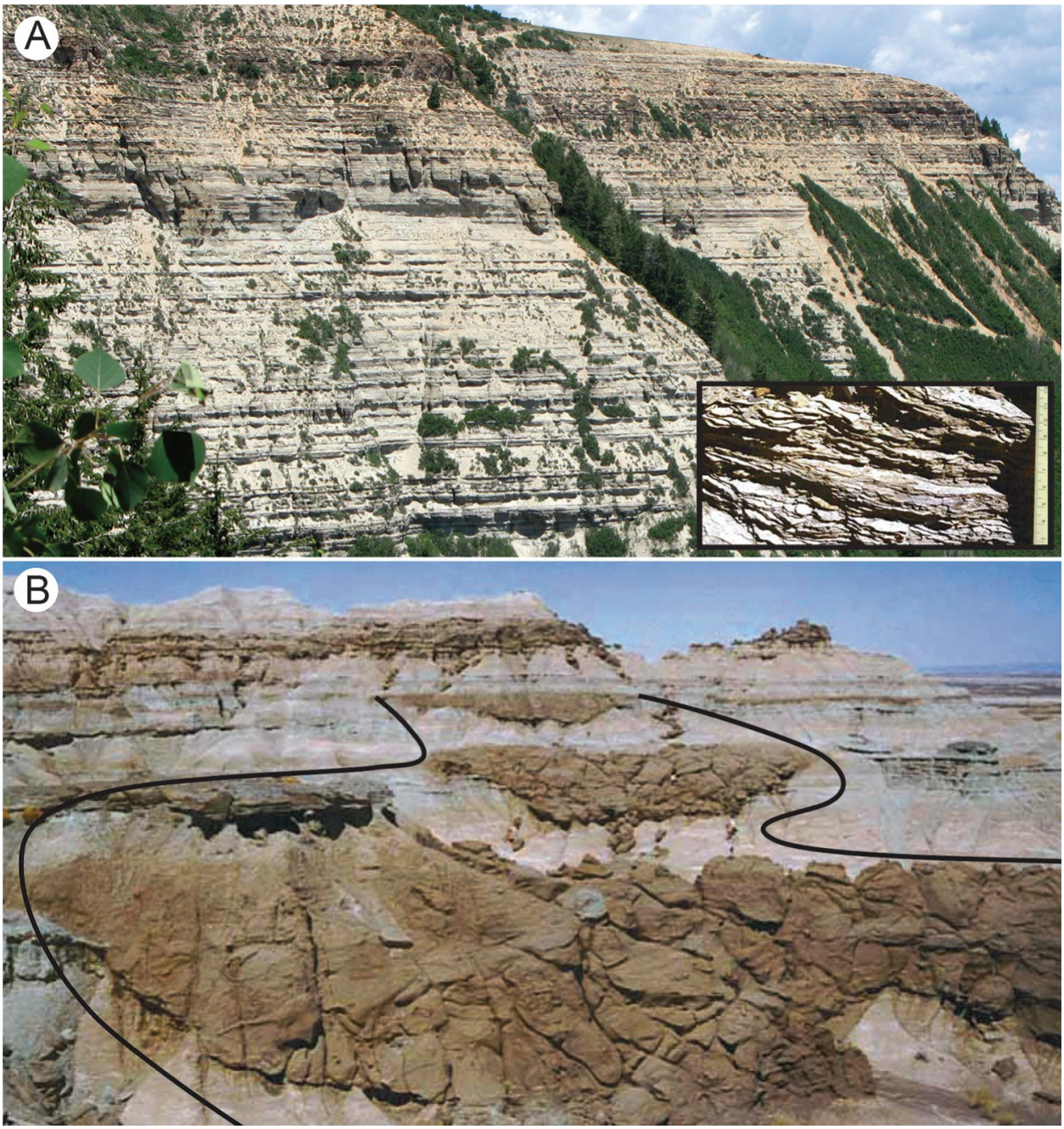


Figura 16.12. (A) La Formación Green River del Eoceno, que mayormente consiste en delgadas capas de sedimentos lacustres, que contienen millones de peces fósiles y otros vertebrados y fósiles. Recuadro: acercamiento de las delgadas láminas de sedimento (escala en cm). (B) La Formación Bridger del Eoceno, que contiene numerosos vertebrados e invertebrados fósiles. Las líneas curvas delinean del límite aproximado de un antiguo canal de río. Tres secciones transversales del canal todavía están en su lugar, rodeadas de depósitos de planicie de inundación. Ilustración de Leonard Brand.

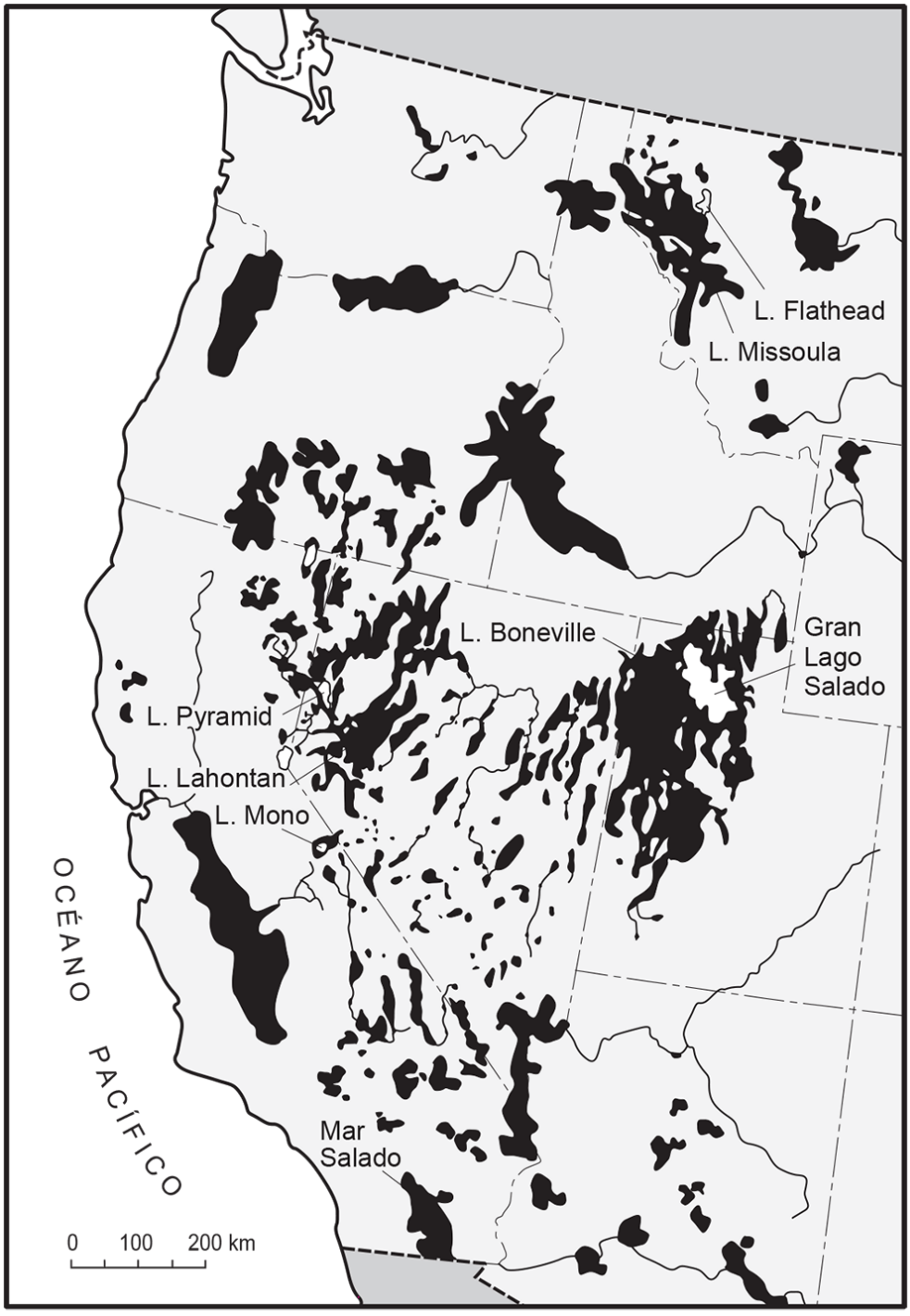


Figura 16.13. Lagos del Pleistoceno que llenaron cuencas en el oeste de Estados Unidos al final de la era glacial (según Foster 1969). Ilustración de Carole Stanton.

Un depósito de una vertiente mineral en el Valle de la Muerte, en California, ilustra a una escala menor la misma tendencia hacia depósitos cada vez más locales al finalizar el Cenozoico (fig. 16.14). En el Pleistoceno, una lámina de agua de una gran vertiente de agua mineral fluía sobre un amplio trecho de la ladera de un cerro, depositando capas de tufa (fig. 16.14A). A través del tiempo, la vertiente se fue reduciendo, mientras parte de la tufa original se erosionó y un flujo muy reducido de agua de la misma vertiente depositó tufa sobre un cerro más pequeño un poco más abajo (fig. 16.14B). Hoy, se ha erosionado más de los depósitos de tufa, y la pequeña vertiente que queda se ha movido más abajo en una quebrada erosionada recientemente (fig. 16.14 C). El pequeño arroyuelo de la vertiente recubre plantas y rocas con el mismo mineral que formó los grandes depósitos de tufa.

Durante el Pleistoceno, el Desierto de Mojave en el sur de California gradualmente cambió de un bosque mésico de pino piñón y juníperos al desierto que conocemos hoy. Este cambio se documenta en depósitos secuenciales de polen, restos de plantas, y huesos que se encuentran en antiguos muladares de ratones cambalacheros del desierto. La región ha pasado de una con grandes lagos, a desiertos húmedos, a los desiertos secos y desolados de ahora.

Los vertebrados fósiles y los rastros

Mientras los procesos del Cenozoico cambiaban hacia depósitos más pequeños y localizados, los sedimentos que depositaban contienen abundantes fósiles de diversos mamíferos y aves, los que son raros en el Mesozoico. El Cenozoico Superior también presenta una evidencia más directa de actividades de mamíferos y de aves que debieron ser luego del diluvio. En los depósitos del Cenozoico (especialmente el Cenozoico Superior) se encuentran muchos tipos de rastros de mamíferos. Casi todos fueron hechos por carnívoros, ungulados (mamíferos con pezuñas), o elefantes, pero también incluyen madrigueras con forma espiralada de castores gigantes extintos.

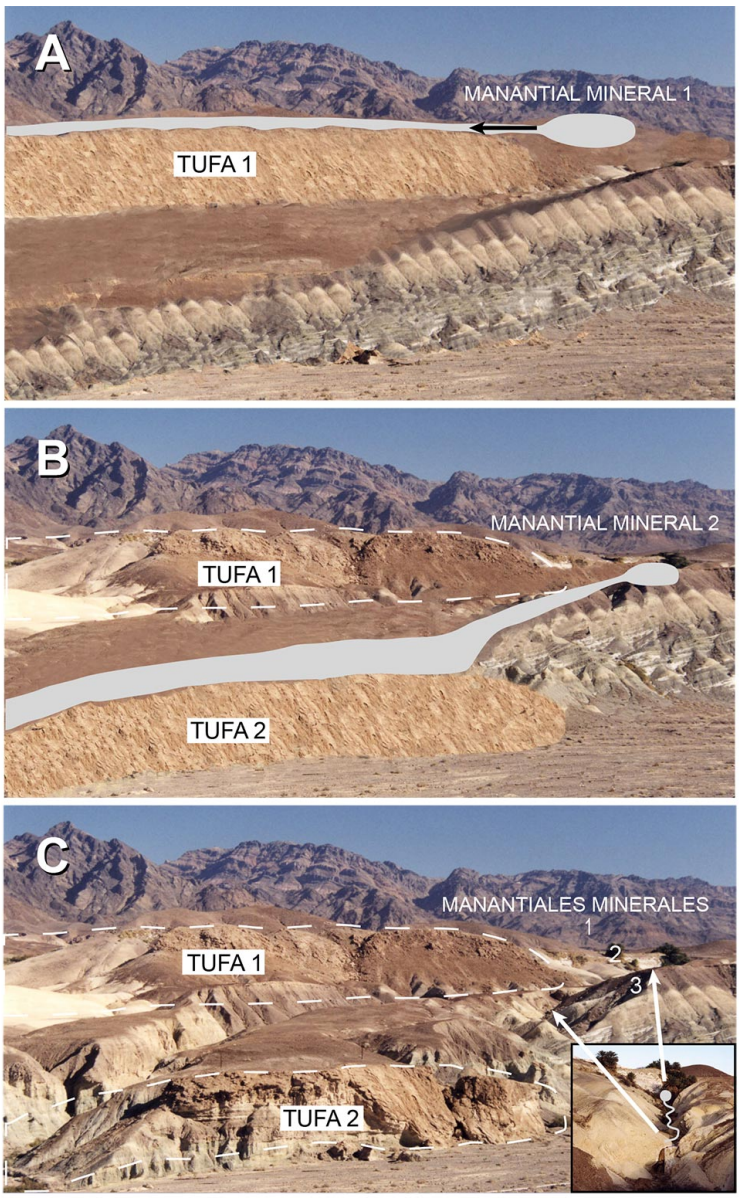


Figura 16.14. Una vertiente de agua mineral en el Parque Nacional Valle de la Muerte, que muestra (A) su tamaño en el Pleistoceno; (B) su menor tamaño un tiempo después, formando un segundo depósito de tufa a una elevación más baja; y (C) su muy pequeño tamaño hoy, formando solo depósitos minerales a lo largo de un pequeño arroyuelo en una quebrada y sobre la vegetación cerca del agua. Las primeras dos tufas casi se han erosionado por completo. Las fotos A y B se han modificado para reconstruir el alcance estimado de los depósitos de tufa en las primeras etapas. La foto C muestra los depósitos que quedaron hasta hoy. La etapa A probablemente tuvo varias otras vertientes alimentando el depósito de tufa en desarrollo. Ilustración de Leonard Brand.

Las pisadas fósiles de aves no son tan comunes como las impresiones de los mamíferos, pero la mayoría de las que se han encontrado también ocurren en los depósitos del Cenozoico Superior (fig. 16.15). Muchas de estas pisadas probablemente se pueden interpretar como fósiles posdiluviales. Uno se puede preguntar por qué no hay por lo menos algunas pisadas o rastros de mamíferos y aves en los depósitos del diluvio más abajo en la columna geológica. Tal vez los hay. Algunas huellas de aves y mamíferos se encuentran en depósitos del Mesozoico, y por lo menos dos artículos publicados en la literatura paleontológica informan de fósiles que se parecen mucho a rastros de aves (fig. 16.16). Sin embargo, como se encuentran en formaciones del Paleozoico, simplemente se han etiquetado como rastros no identificados.[19]

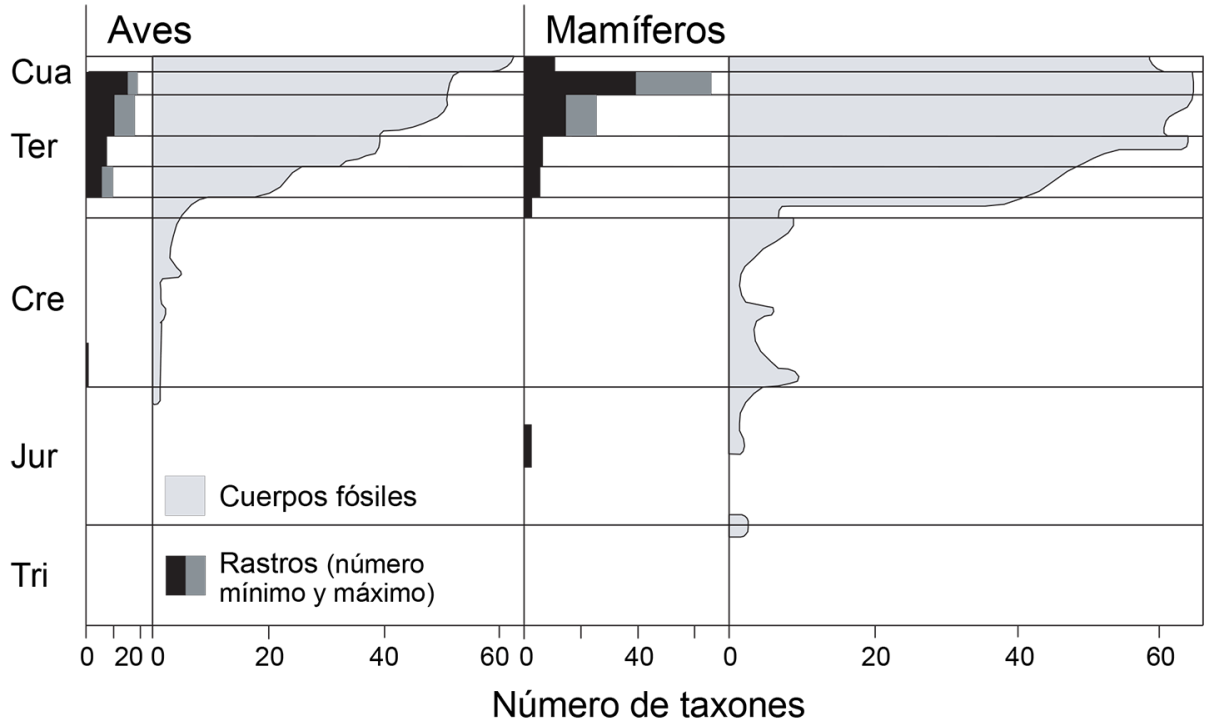


Figura 16.15. Distribución estratigráfica de huellas de pisadas de aves y mamíferos fósiles y de fósiles de cuerpos animales (de Brand y Florence 1982). Ilustración de Leonard Brand.

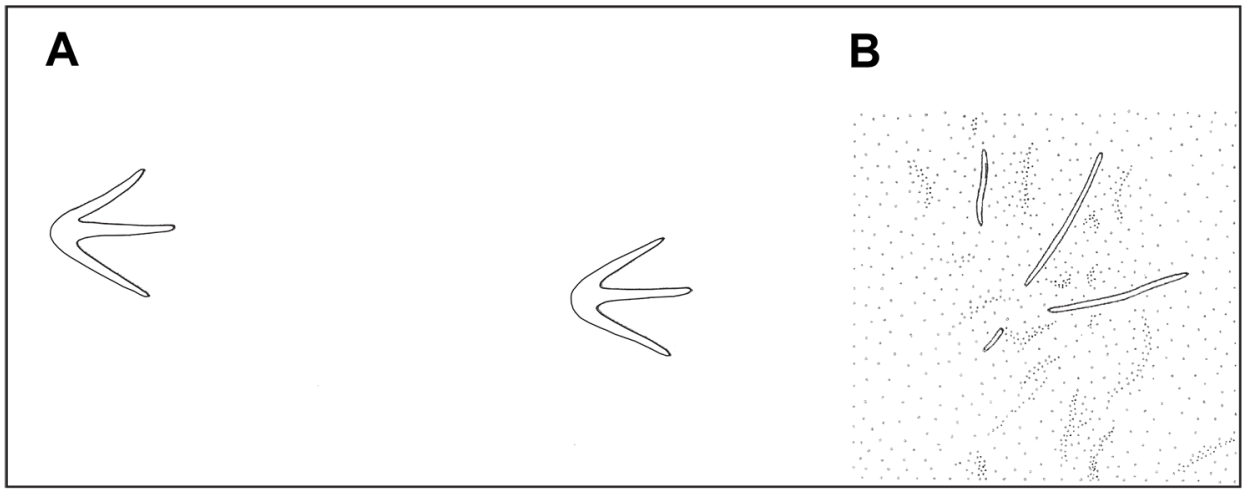


Figura 16.16. Dos rastros parecidos a pisadas de aves de sedimentos del Paleozoico (según (A) Sternberg 1933 y (B) Gilmore 1927). Ilustración de Robert Knabenbauer.

La glaciación posdiluvial

El Pleistoceno claramente representa eventos que ocurrieron después del diluvio. Algo ocurrió para cambiar el clima, lo que trajo la glaciación del Pleistoceno (fig. 14.19). Después de ese episodio, el clima de la tierra volvió a calentarse y los hielos se derritieron para exponer más superficie terrestre. Parece ser que ocurrieron varios ciclos de avance y retroceso del frente glacial. Cuando todo el hielo estaba sobre la superficie de la tierra, suficiente agua estaba congelada en los glaciares como para bajar los niveles del océano hasta un cien metros.

Fue durante y luego de la glaciación, que se desarrollaron los grandes lagos (mencionados más arriba) en el oeste de Norteamérica (fig. 16.13). Las marcas de las costas de estos lagos del Pleistoceno se pueden ver en las cuencas del desierto en Nevada y especialmente en Utah a lo largo de la Cordillera Wasatch (fig. 16.17) desde Salt Lake City hacia el sur hasta Provo y aún más allá. A veces, los intervencionistas citan estas antiguas líneas costeras como evidencia del retroceso de las aguas del diluvio. Pero estas aguas diluviales ciertamente deben haber desaparecido antes de la glaciación, y estas líneas costeras posiblemente son el resultado del retroceso de aguas glaciales.

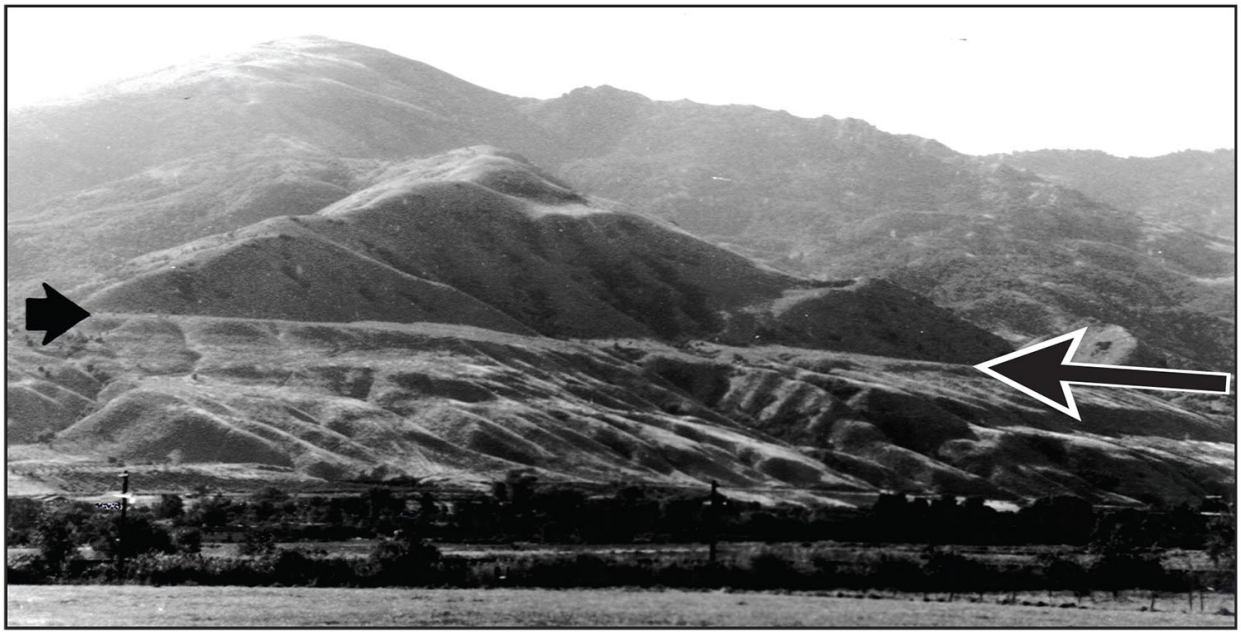


Figura 16.17. Antiguas líneas costeras (flecha) del antiguo Lago Bonneville, al norte de Salt Lake City, Utah. Ilustración de Leonard Brand.

Al mismo tiempo, después de la glaciación, la corteza de la tierra se fue reajustando. El tremendo peso del hielo empujó la corteza de la tierra hacia abajo. A medida que el hielo se derretía, la tierra rebotó, levantándose a una nueva posición estable. Además, parece que hubo otros movimientos de la corteza que resultaron de otras causas aparte de la glaciación. En algunos lugares, ocurrió un significativo cambio de elevación, aún en los últimos dos mil años, como se puede ver en Italia (fig. 16.18). Las ruinas de un mercado romano, a unas pocas cuadras del océano, ahora están parcialmente bajo agua. Estos edificios estaban sobre el nivel del mar en el segundo siglo d.C. Luego se fueron hundiendo lentamente hasta que durante la Edad Media algunos animales marinos perforadores hicieron sus madrigueras en las columnas de piedra seis metros por sobre el piso de la estructura. Antes del 1500 d. C., el área comenzó a elevarse nuevamente. Ahora está sumergida bajo unas decenas de centímetros de agua.[20] Estos antiguos edificios en Italia proveen evidencia de continuos ajustes de la corteza de la tierra luego de la glaciación. Estos ajustes todavía ocurren. En los últimos cien años, partes de Escandinavia se han levantado como un metro y parte Rumania se ha hundido como un metro. Muchas partes de la tierra se mueven para arriba o hacia abajo uno o varios centímetros al año.

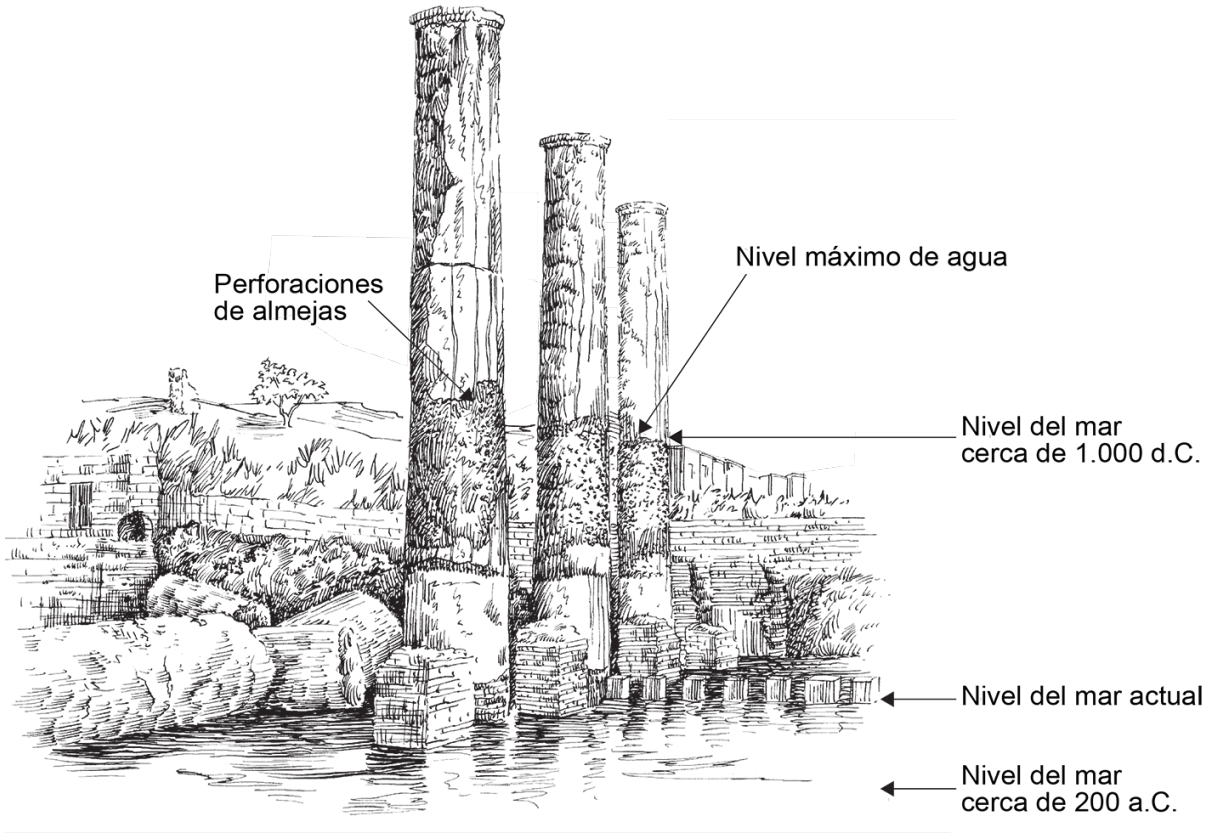


Figura 16.18. Ruinas romanas cerca de Nápoles, Italia, que muestran evidencia de sumersión y un ascenso más reciente por sobre el nivel del mar (según Longwell et al. 1969). Ilustración de Robert Knabenbauer.

La glaciación tuvo una profunda influencia sobre el clima en el hemisferio norte. Cuando el norte de Europa y Norteamérica estaban cubiertos con hielo, el resto de Europa y el este de Norteamérica estaban cubiertos mayormente de tundra y bosques de coníferas. A medida que los glaciares se derretían, las comunidades vegetales se movieron hacia el norte hasta que hoy la tundra solo se encuentra bien al norte y sobre las montañas. El bosque de coníferas se encuentra en las montañas y en el norte de Canadá. La mayor parte de Europa y el este de Norteamérica está cubierta de bosques caducifolios (fig. 16.19).[21]

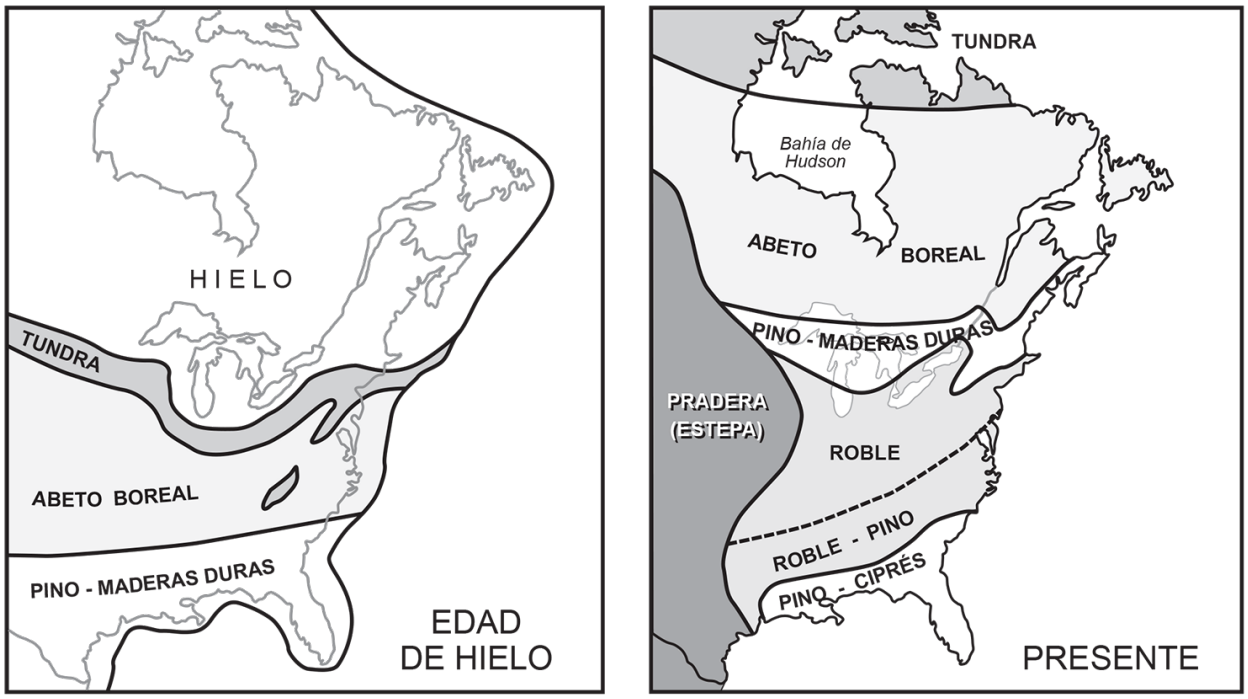


Figura 16.19. Distribución de los tipos de vegetación en el este de Norteamérica durante la edad de hielo y la distribución actual (según Dott y Prothero 1994). Ilustración de Carole Stanton.

Los cambios en el clima se acompañaron con cambios en la distribución de los animales. En Norteamérica, el buey almizclero y un pequeño animal, la musaraña del ártico, ahora solo se encuentran en la parte norte de Alaska y Canadá. Los fósiles de buey almizclero y musaraña del ártico, ambos del Pleistoceno de los tiempos glaciales se encuentran mucho más hacia el sur, en el centro de Estados Unidos (fig. 16.20).[22] Parece ser que desde que desaparecieron los glaciares, acorde a esto cambió el clima. Todas las zonas de vida se han movido hacia el norte. La geología convencional y la geología de corta edad están de acuerdo con esta secuencia básica de eventos, pero la geología de corta edad propone que ocurrieron en una cantidad tiempo mucho menor.

Un rasgo del registro fósil de los mamíferos durante este tiempo de cambios climáticos substanciales es difícil de reconciliar con la teoría evolutiva. Se espera que el clima cambiante inicie cambio microevolutivo en los animales. Sin embargo, los fósiles de mamíferos no muestran ningún cambio durante los ciclos de glaciación. Los Pozos de Brea de La Brea) en el sur de California muestran cambios desde arbustos secos de chaparral a bosques de pino nevados durante la época pico de la glaciación hace 20 mil años, y luego otra vez a chaparral seco. A

pesar de ello, ninguno de los mamíferos y aves comunes de las edades glaciales muestran algún cambio en los últimos 35 mil años de tiempo geológico.[23]

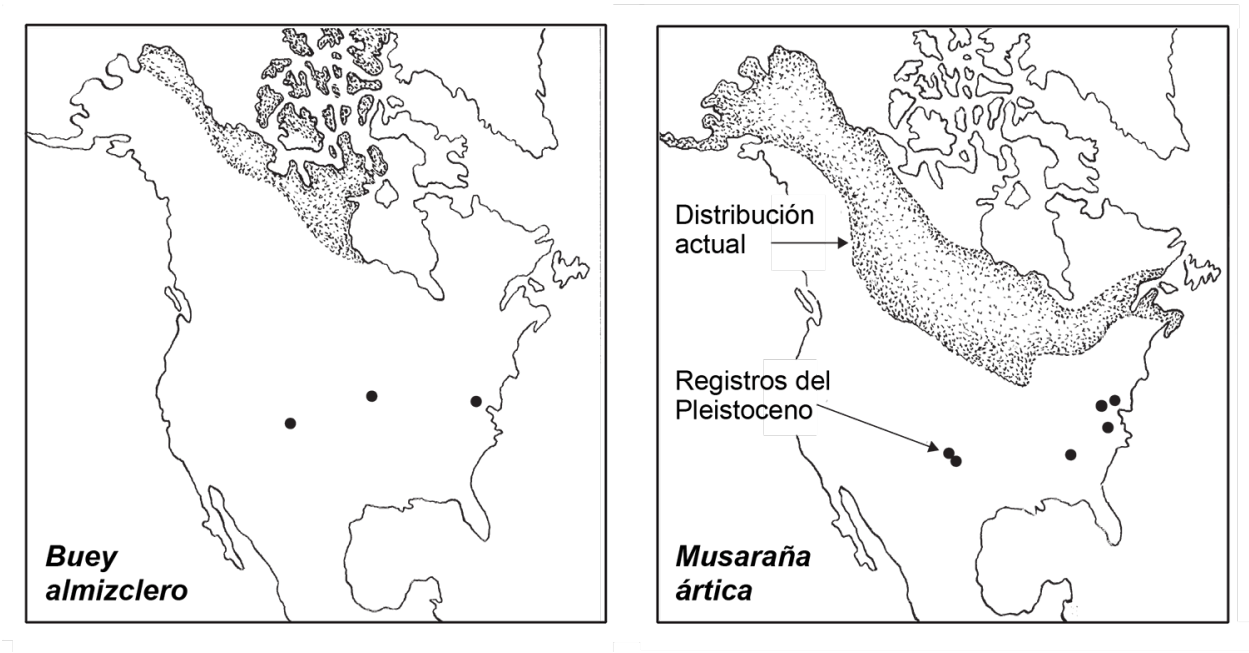


Figura 16.20. La distribución moderna y del Pleistoceno del buey almizclero y de la musaraña del ártico (según Hibbard et al., 1965). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Los humanos posdiluviales y otros fósiles

Durante el Pleistoceno de Norteamérica, la tierra estaba poblada por una fauna de grandes animales de caza comparable al tipo de fauna que existe ahora en África. En esa época, la región de Los Ángeles se veía muy diferente de lo que es hoy. Por el área se movían mamuts, mastodontes, caballos salvajes, leones similares a los leones africanos, lobos, tigres diente de sable, grandes perezosos terrestres, lobos gigantes, camellos, y otros animales salvajes exóticos.[24] También vivía allí una variedad de aves, incluyendo buitres y un tipo de cóndor de mayor tamaño que los cóndores modernos. En los charcos de brea que ahora se conocen como Los Pozos de Brea de La Brea) se conservaron una acumulación impresionante de esqueletos de estos animales.

Todos esos grandes animales vivieron en la Norteamérica posdiluvial. No se sabe por qué se extinguieron. El clima cambió, y también los mastodontes y otros animales fósiles se encontraron con puntas de flecha clavados en ellos. Otras evidencias implican a los humanos en su muerte.[25]

Todos los fósiles de humanos que se conocen se encontraron en el Pleistoceno o el reciente. Un sitio de humanos fósiles llamado Cueva de la Momia, se encuentra al este del Parque Nacional de Yellowstone, cerca de Cody, Wyoming. Aparentemente, los antiguos Nativos Americanos acamparon en ese lugar durante sus viajes, y el carbón de sus fogatas y los artefactos tales como puntas de flecha quedaron en el sitio. El sedimento cubrió esta zona, y otros viajeros acamparon en el mismo sitio sobre el nuevo sedimento. De esta manera, se produjo una secuencia de estratos con fósiles durante un período de posiblemente varios miles de años. En un nivel, se encontró una persona momificada, lo que le dio el nombre a la cueva. Algunos creen que los depósitos de la Cueva de la Momia se acumularon en un período de entre nueve mil y diez mil años. Podemos proponer que no tardó tanto tiempo y que después del diluvio el clima era más húmedo y que los sedimentos se acumulaban más rápidamente de lo que lo hacen hoy. Los estratos todavía representan el paso del tiempo asociado con los cambios en las culturas humanas que dejaron sus artefactos allí. Por ejemplo, las puntas de flecha de hecho cambian a medida que exploramos las capas de abajo hacia arriba.

Todavía quedan por contestar muchas preguntas sobre los humanos antiguos. ¿Por qué no aparecen fósiles humanos en los estratos que se consideran producidos por el diluvio? ¿Existían tan pocos humanos que escaparon el entierro? Los antediluvianos, ¿se escaparon todos de la descomposición sobre la superficie después del diluvio? ¿O no hemos encontrado ningún humano antiguo porque perecieron completamente con una placa continental subducida? Tal vez futuros descubrimientos nos ayuden a contestar estas preguntas.

Cuando consideramos el ecosistema completo, las tendencias biológicas en el Cenozoico siguen un patrón de cambio persistente. Por ejemplo, grupo tras grupo de mamíferos son pequeños en tamaño en el Cenozoico Temprano y se hacen más grandes con el tiempo. Entre otros, esto incluye caballos, rinocerontes, elefantes, ballenas, camellos, primates, y carnívoros. No solo crecieron a mayores tamaños, sino que también se adaptaron a hábitats más secos y abiertos a medida que los bosques dieron lugar a más pastizales. Algunos intervencionistas piensan que todo esto es un cambio evolutivo dentro de los grupos creados a medida que cambiaban el clima y los hábitats en el mundo posdiluvial. Pero si los humanos no evolucionaron a partir de otros primates, ¿cómo encajan los humanos en este patrón?

Otros sugieren que la mayoría del Cenozoico, hasta incluso parte del Pleistoceno, son todavía depósitos del diluvio, y que la secuencia de fósiles resulta de un aspecto de la distribución prediluviana de estos fósiles. El siguiente es un argumento en favor de este punto de vista. En la época del patriarca bíblico Abraham, parece ser que los caballos, camellos, ovejas, y cabras se veían tal como se ven hoy. Esto significa que, si el Cenozoico es posdiluvial, todo el aparente

cambio evolutivo en el Cenozoico, junto con los depósitos geológicos de la mayor parte del Cenozoico, ocurrieron en unos pocos cientos de años entre el diluvio y Abraham. La geología de corta edad también debe explicar por qué los humanos y cualquier objeto que pueda datarse fácilmente con carbono-14 no aparecen hasta recién en el Pleistoceno si el diluvio terminó temprano en el Cenozoico. Algunos argumentarían que siendo que los fósiles y artefactos humanos, restos que se pueden datar con radiocarbono, y los animales domésticos aparecen en el Pleistoceno, entonces el período posdiluvial no puede comenzar sino hasta en el Pleistoceno. Todas estas preguntas ofrecen oportunidades y desafíos para futuras investigaciones.

La evolución posdiluvial

Después de la catástrofe geológica, las condiciones habrían sido ideales para una rápida especiación. La tierra estaba mayormente vacía con muchos nichos por llenar. Los animales se esparcían sobre la tierra y terminaban aislándose en bolsillos ecológicos en los valles, los cordones montañosos, y en las nuevas islas. Rápidamente se formaban nuevas especies a medida que los animales y las plantas se adaptaban a condiciones diferentes sobre la tierra, y en esta época se establecían los patrones biogeográficos modernos, la distribución moderna de las especies y las categorías superiores. Algunas poblaciones de animales se dirigieron hacia las cuevas y se adaptaron a ese ambiente– aún al terminar siendo ciegos porque sus ojos eran inservibles en una caverna oscura.

Aparentemente, las islas volcánicas de las Galápagos y de Hawai se formaron después del diluvio. Varios grupos de animales viajaron a éstas y otras islas, a lo mejor sobre grandes masas de restos flotantes en los océanos. Luego se produjo la especiación en las islas.

Las ardillitas listadas (fig. 9.2) se esparcieron por Asia, donde todavía vive una especie, y hacia Norteamérica (o a la inversa). Se distribuyeron por Norteamérica y se desarrollaron en especies diferentes en distintos cordones montañosos y otros bolsillos ecológicos (fig. 9.3). Los ratones de campo, como las ardillitas listadas, produjeron especies simultáneamente en muchos lugares (figs. 9.4-9.6). Una gran cantidad de especies y aun géneros resultaron de la operación de procesos de microevolución y especiación en éstos y otros grupos animales.

¿Cuánto cambio evolutivo ha ocurrido dentro de los grupos creados de animales? A lo mejor una comprensión moderna de una rápida microevolución hace más realista sugerir que los muchos cambios vistos en el registro mamífero del Cenozoico en realidad representan una evolución posdiluvial. Tal vez, la secuencia de caballos sea, por lo menos en parte, un ejemplo de este proceso (fig.

11.19). Un número de otros grupos de mamíferos ilustran la misma tendencia de pequeñas formas generalizadas en el Cenozoico, a animales más grandes y especializados hacia la parte superior del Cenozoico. Estos grupos ¿representan una evolución posdiluvial? Probablemente estos cambios no requieran de ningún gen nuevo o de nuevas estructuras y podrían ser posibilidades realistas, facilitadas por los procesos epigenéticos y potencial creados en el comienzo.

Sin embargo, algunos grupos de mamíferos representan diversos patrones. Por ejemplo, comparemos el registro fósil de los murciélagos y las ballenas. Los primeros murciélagos conocidos, de la Formación Green River en Wyoming y de Messel en Alemania, difieren de los murciélagos vivientes solo en detalles menores. Por contraste, la secuencia de ballenas fósiles, discutida en los capítulos 11 y 12, incluye dos tipos diferentes de ballenas y algunas formas terrestres y semiacuáticas que se afirma son los ancestros de las ballenas. Además, un fósil con características craneanas de las ballenas con barbas tiene dientes como las ballenas dentadas.[26] No es claro justo cuánta evolución se ha producido dentro de los grupos creados de ballenas.

Arrecifes

Después de la catástrofe, aparentemente comenzaron a crecer arrecifes de corales. Algunos de estos arrecifes, tal como el Atolón de Eniwetok en el Océano Pacífico, tiene una profundidad de 1405 metros desde la roca basáltica del fondo del océano hasta la punta del arrecife. ¿Cómo puede un arrecife crecer tanto en unos pocos miles de años? Los corales no crecen más allá de cincuenta metros debajo de la superficie. Así que el arrecife de Eniwetok debió comenzar a crecer cuando el océano era bastante playo y continuó creciendo a medida que el fondo del océano se hundía gradualmente. Estas serían circunstancias ideales para un crecimiento rápido de los corales, a lo mejor incluso adecuadas para que el arrecife de Eniwetok creciera en unos 3400 años.[27]

Una sedimentación ordenada

Aun hoy, cuando una tormenta crea un caos en la superficie del agua, bajo el agua se están acumulando depósitos bien ordenados de sedimento. Este aspecto importante del proceso de sedimentación se necesita para explicar el registro geológico. La catástrofe geológica no barrió los sedimentos al océano y los descargó en una forma caótica. Toda la columna geológica se compone de depósitos ordenados que se acumularon en secuencias consistentes.

Esto se puede ilustrar al comparar algunos depósitos sedimentarios modernos con las rocas fosilíferas en el registro Fanerozoico. Hoy, se forman dunas de arena en el océano, en los desiertos, y en otros ambientes. Estas dunas modernas producen depósitos entrecruzados, y los depósitos de arena entrecruzada tienen algunas características similares a los de depósitos modernos. Cuando las dunas de arena se hacen muy inclinadas, la arena se desploma (fig. 16.21A). Los mismos tipos de estructuras de desplome pueden verse como desplomes fósiles en la arenisca (fig. 16.21B). Tanto en dunas de arena subacuática como en dunas del desierto, el agua o las corrientes de aire pueden producir ondulitas (rizaduras; fig. 16.21 C). Estas características se conservan como ondulitas en las rocas (fig. 16.21 D) y a veces cubren extensas superficies en las rocas. Las corrientes de turbidez producen depósitos característicos hoy. Y en el registro geológico, los estratos discretos formados por corrientes de turbidez son extensos.

A partir de esta sedimentación ordenada, un geólogo puede estudiar las rocas y explicar en qué ambiente sedimentario se depositó. Podríamos expandir este concepto para incluir muchas maneras en las que los análogos modernos nos pueden ayudar a interpretar las características antiguas de las rocas y los fósiles. Sin embargo, hay límites a la aplicación de análogos modernos al explicar rocas antiguas. Muchos rasgos geológicos y formaciones de rocas no poseen análogos modernos adecuados, y tanto las interpretaciones geológicas de corta edad como las convencionales tienen dificultades. La diferencia entre una teoría de corta edad y la convencional mayormente es una cuestión de tiempo y escala. ¿Cuán rápidamente ocurrieron los eventos geológicos? ¿Cuál fue la magnitud de esos eventos? En los siguientes capítulos, desarrollaremos aún más esta comparación entre las dos teorías.

Los procesos modernos y el estudio de rocas y fósiles antiguos

Cuando concluyó la catástrofe, la tierra sufrió un largo período de reajuste. Eventualmente la corteza de la tierra se acercó bastante a estar en equilibrio. Los procesos geológicos de erosión y sedimentación aminoraron a velocidades más graduales y esporádicas. Los procesos de levantamiento de montañas y otros reajustes principales de la corteza ya no ocurren a tasas que podamos ver a menos que las midiéramos con instrumentos de GPS de alta precisión.

Hoy en día, los ríos cruzan lentamente el paisaje, excavando amplios meandros y luego cortándolos durante las tormentas, dejando lagos en forma de herradura (fig. 16.22). Las tormentas de viento soplan polvo y arena y producen nuevos depósitos sedimentarios, incluyendo dunas de arena en el desierto. Las olas

del mar redondean piedras y las van gastando hasta formar granos de arena, y las olas y las corrientes mueven la arena y producen nuevos depósitos sedimentarios.

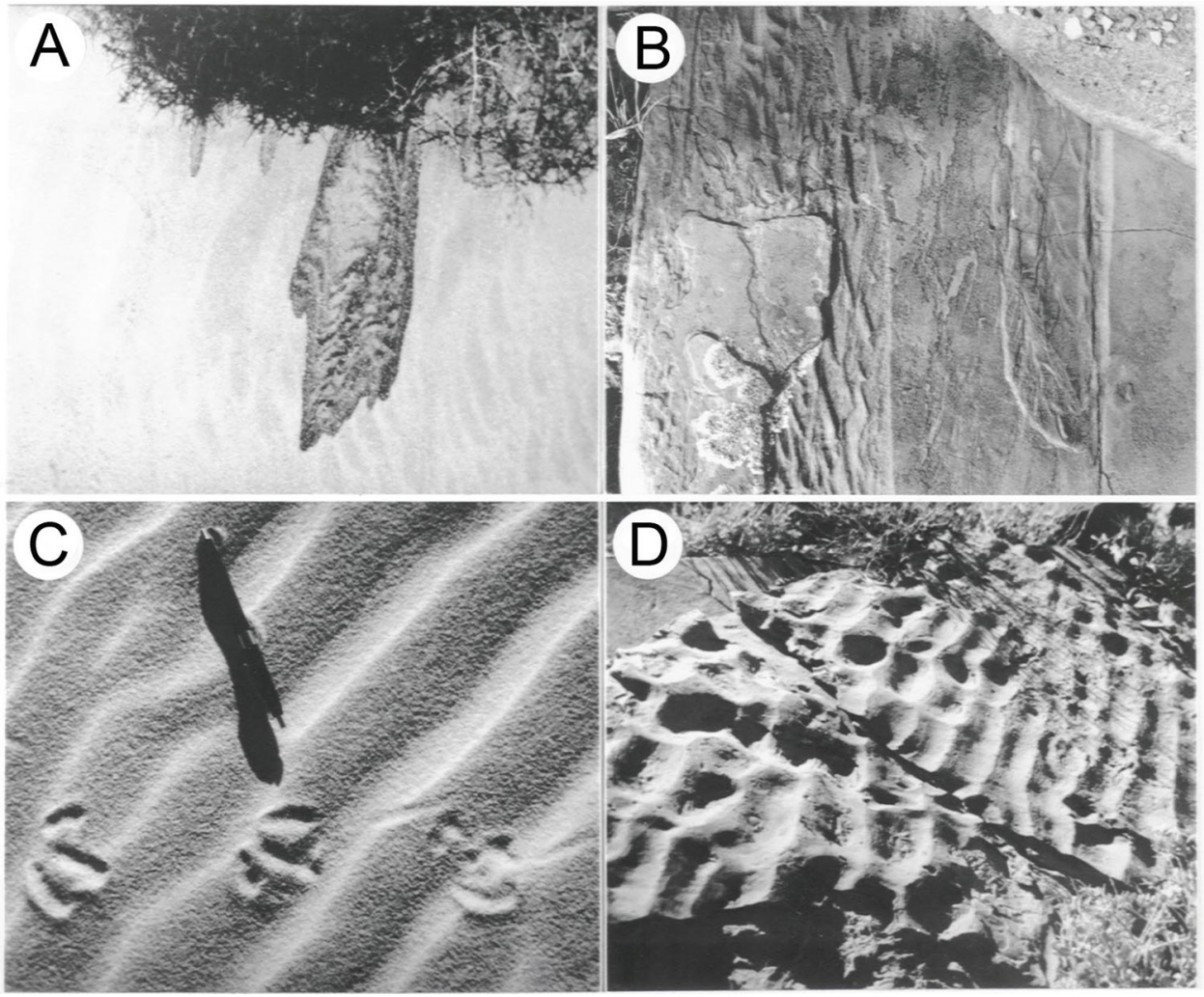


Figura 16.21. (A) Un desplome en una duna de arena desértica moderna y (B) un desplome antiguo en arenisca; (C) ondulitas modernas y (D) ondulitas antiguas en arenisca. Ilustración de Leonard Brand.

Las costas se erosionan, y podemos medir cuán rápido lo hacen. Ocurren terremotos, y podemos medir su ubicación y su magnitud. Se producen flujos de lava volcánica y se pueden observar otros tipos de erupciones volcánicas. No ocurren a una escala con que lo han hecho en algunos casos en el registro geológico (fig. 16.11), pero los procesos básicos son los mismos. Todos podemos ver en la televisión como áreas residenciales importantes en California se

desploman hacia el océano e inundaciones repentinas en el desierto lentamente agregan más sedimento a los abanicos aluviales a lo largo de los cerros.

Figura 16.22. Un río con meandros en Bolivia, con antiguos meandros que ahora forman lagos con forma de herradura. Cortesía de Chris Hadfield.

Estos procesos (análogos modernos) nos ayudan a entender el pasado, pero también se han estudiado durante la parte reciente, relativamente estable, de la historia (de acuerdo con la teoría de corta edad). Como resultado, introducen un sesgo importante en la interpretación de que las rocas antiguas se depositaron lentamente, a través de largos períodos de tiempo. También es posible que algo de sesgo natural exista en contra de procesos sedimentarios a gran profundidad, siendo que es más difícil estudiar los detalles de los depósitos modernos del agua profunda que los de aguas someras o los depósitos terrestres. El estudio de los análogos modernos provee mucho conocimiento útil sobre los procesos geológicos,

pero las interpretaciones de la geología de corta edad difieren principalmente en cuanto a las tasas de los procesos geológicos determinadas de tales análogos y sugiere que las norma durante una buena parte de la historia geológica fue tasas más veloces y sobre una escala mucho mayor.

En décadas recientes, los datos han llevado a la ciencia a reconocer que la depositación de las rocas involucró mucho más catastrofismo de lo que se pensaba. La geología de corta edad, que no hace una suposición *a priori* de millones de años de tiempo, predice que futuras investigaciones indicarán aún procesos geológicos mucho más rápidos de lo que corrientemente hemos imaginado. Predecimos que, en última instancia, los investigadores que aceptan o por lo menos están abiertos a una corta edad para el registro del Fanerozoico, serán más exitosos en la comprensión de la historia de la tierra.

Los conceptos básicos de esta teoría de corta edad sugieren una serie de eventos que pudieron ocurrir. Todavía hay muchas preguntas que no tienen respuesta, de la misma manera en que otros científicos también no tienen respuestas. Esto provee oportunidad para investigación. Será interesante ver cómo cambiará la acumulación de datos y mejore nuestras teorías de corta edad en los próximos años, haciéndolas más efectivas en explicar los eventos geológicos del pasado.

Sugerencias de investigación y la verificación de las teorías geológicas de corta edad

Las teorías o hipótesis, incluyendo las que se proponen aquí, son solo útiles para la ciencia si promueven la investigación que mejore nuestra comprensión del tema. Una teoría científica útil hará predicciones sobre lo que se descubrirá si es que la teoría es correcta. Si estas predicciones estimulan el descubrimiento mediante la investigación, que probablemente no se hubiera realizado de otra manera, la teoría se ha convertido en una teoría científica productiva. Las posibilidades van más allá de hacer unas pocas mejoras a nuestra comprensión actual. “Las grandes luchas intelectuales no pueden ganarse por el éxito en escaramuzas fáciles y simples… Una nueva teoría debe enfrentar y abarcar directamente los casos más difíciles y aparentemente más contradictorios”.[28]

La investigación puede dirigirse hacia dos cuestiones diferentes: la mejora de la teoría de corta edad, y los intentos de análisis entre hipótesis específicas derivadas de la teoría convencional y la de corta edad. Muchas áreas de investigación pueden contribuir al desarrollo de la teoría de corta edad cuando se aboca a ella con la disposición de usar la teoría para sugerir hipótesis y verificarlas,

y una actitud mental dispuesta a desafiar el *status quo* científico. Algunos temas centrales de investigación que vienen a la mente incluyen: (1) un estudio de cualquier indicador de nivel del mar en diferentes etapas de la columna geológica; (2) el estudio de una secuencia de paleoambientes, una cuenca geológica por vez, para compararlos con diferentes versiones de teorías de corta edad; (3) el desarrollo de un modelo tridimensional del movimiento de los sedimentos y organismos durante el proceso del diluvio; (4) un estudio cuantitativo de la extensión y naturaleza de depósitos únicos y extensos en una escala global; (5) un estudio continuado de paleocorrientes sobre grandes zonas; (6) un análisis de indicadores de actividad animal en relación con la sedimentación; y (7) un estudio de la tafonomía para evaluar cosas tales como, qué depósitos fósiles se formaron rápidamente. Austin y sus colegas sugieren preguntas de investigación adicionales para resolver.[29]

Sería provechoso estudiar los arrecifes fósiles para evaluar la naturaleza de la evidencia que sugiere que son verdaderos arrecifes y que se enterraron en su posición original de crecimiento. Probablemente sería valioso analizar la distribución geográfica y estratigráfica de los arrecifes fósiles en relación a reconstrucciones teóricas de los océanos antediluvianos para determinar cuáles de estas estructuras fósiles pudieron haber crecido antes del diluvio. También se necesitan análisis adicionales del origen y distribución de estromatolitos y otros indicadores aparentes del paso de tiempo (independientes de la datación radiométrica), junto con más análisis cuantitativos generales de las brechas en el registro rocoso y de la evidencia de erosión a gran escala y su distribución en el registro geológico.

Algunos creacionistas asumen que los procesos geológicos tales como la erosión, sedimentación, formación de las montañas, y cambios del nivel del mar, no comenzaron de una manera significativa sino hasta el comienzo del diluvio global de Génesis 6 al 8. En este punto de vista, los primeros depósitos del diluvio están aproximadamente en la base del Cámbrico. Hay variantes sobre este tema. Por ejemplo, a menudo se sugiere que el Paleozoico y el Mesozoico se formaron durante el diluvio y que el Cenozoico se formó después del diluvio, pero algunos incluirían todo desde el Cámbrico hasta el Pleistoceno en el diluvio. Algunos están dispuestos a aceptar que algunos sedimentos se acumularon en los océanos antes del diluvio. Otros también han comenzado a pensar en relación con líneas similares.[30]

Una ventaja de considerar ideas nuevas, bíblicamente compatibles para comparar con la geología tradicional del diluvio estamos limitados por restricciones innecesarias, sino que tenemos opciones para verificar. Poner a prueba estas ideas no es algo que se produzca rápidamente, debido a que requerirá un esfuerzo considerable recolectar la evidencia de campo para evaluar qué partes

de la columna geológica se formaron durante, después y quizás antes de la catástrofe.

Formularemos sugerencias adicionales de investigación y haremos otras predicciones al final del capítulo 18.

---

[1] W.M. Davis, "The Value of Outrageous Geological Hypotheses" ["El valor de hipótesis escandalosas (descomunales)"], *Science* 63 (1926: 463-68; V.R. Baker, "The Spokane Flood Controversy and the Martian Outflow Channels" ["La controversia de la inundación de Spokane y los canales de desagüe marcianos"], *Science* 202 (1978): 1249-56, doi:10.1126/science.202.4374.1249.

[2] Davis, "Outrageous Geological Hypotheses," 464.

[3] T.C. Chamberlin, "The Method of Multiple Working Hypotheses" ["El método de hipótesis de trabajo múltiples"], *Science* 148 (1965): 754-59.

[4] J.E. Francis, "Arctic Eden" ["Edén del ártico"], *Natural History* 100 (1991): 56-63.

[5] J.D. Cooper, R.H. Miller, y J. Patterson, *A Trip through Time: Principles of Historical Geology* [*Un viaje a través del tiempo: principios de geología histórica*], 2a ed. (Columbus, OH: Merrill, 1990), 8.

[6] S.A. Austin, *Grand Canyon: Monument to Catastrophe* [*El Gran Cañón: monumento a la catástrofe*] (Santee, CA: Institute for Creation Research, 1994); J. Baumgardner, "Thermal Runaway in the Mantle" ["Movimiento desenfrenado en el manto"], resumen, *American Geophysical Union, Eos Supplement, AGU Transactions* 75 (1994): 687; J. Baumgardner, "Computer Modeling of the Large-Scale Tectonics Associated with the Genesis Flood" ["Modelo computacional para la tectónica a gran escala asociada con el diluvio del Génesis"], en *Proceedings of the Third International Conference on Creationism, Technical Symposium Sessions, Pittsburgh, Pennsylvania, July 18-23, 1994,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994), 49-62; J. Baumgardner, "Runaway Subduction as the Driving Mechanism for the Genesis Flood" ["Subducción desenfrenada como el mecanismo propulsor del diluvio del Génesis"], en *Proceeding of the Third International Conference on Creationism Technical Symposium Sessions, Pittsburgh, Pennsylvania, July 18-23, 1994,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994), 63-75; B. Clausen, "Baumgardner's Modeling of Rapid Plate Tectonic Motion" ["El modelo de Baumgardner del movimiento rápido en la tectónica de placas"], *Geoscience Reports* 26 (1998): 9-10.

[7] S.P. Grand, "Mantle Shear Structure beneath the Americas and Surrounding Oceans" ["Estructuras cortantes en el manto debajo de las Américas y los océanos circundantes"], *Journal of Geophysical Research* 99 (1994): 11591-621; J.E. Vidale, "A Snapshot of Whole Mantle Flow" ["Una instantánea del flujo total del manto"], *Nature* 370 (1994): 16-17.

[8] T.D. Cook et al., *Stratigraphic Atlas of North & South America* [*Atlas estratigráfico de norte y sudamérica*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1975).

[9] J.S. Monroe y R. Wicander, *Physical Geology: Exploring the Earth* [*Geología física: explorando la tierra*] (New York: West, 1992), 393-94; R.D. Hatcher, *Structural Geology: Principles, Concepts, and Problems* [*Geología structural: principios, conceptos, y problemas*] 2a ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995), cap. 11.

[10] Austin, *Grand Canyon.*

[11] J. Koss, F.G. Ethridge, y S.A. Schumm, "An Experimental Study of the Effects of Base-Level Change on Fluvial, Coastal Plain and Shelf Systems" ["Un estudio experimental de los efectos del cambio de nivel de base sobre sistemas fluviales, de planicies costeras y de plataformas"], *Journal of Sedimentary Research* B64 (1994): 90-98.

[12] Z.J. Liu y X. Wang, "A Perfect Flower from the Jurassic of China" ["Una flor perfecta del Jurásico de China"], *Historical Biology* 5 (2015): 1-13, doi:10.1080/08912963.2015.1020423.

[13] L. Brand y R.M. Davidson, *Choose You This Day: Why It Matters What You Believe about Creation* [*Elige tú este día: por qué importa lo que tú crees sobre la creación*] (Nampa, ID: Pacific, 2013).

[14] A. De Queiroz, *The Monkey's Voyage: How Improbable Journeys Shaped the History of Life* [*El viaje del mono: cómo viajes improbables modelaron la historia de la vida*] (New York: Basic Books, 2014).

[15] H.G. Coffin, "The Organic Levels of the Yellowstone Petrified Forests" ["Los niveles orgánicos de los bosques petrificados de Yellowstone"], *Origins* 6 (1979): 71-82; H.G. Coffin, "The Yellowstone Petrified Forests" ["Los bosques petrificados de Yellowstone"], *Spectrum* 9 (1979): 42-53; H.G. Coffin, "The Puzzle of the Petrified Trees" ["El acertijo de los árboles petrificados"], *Dialogue* 4 (1992): 11-13, 30, 31; W.J. Fritz, "Reinterpretration of the Depositional Environment of the Yellowstone Fossil Forests" ["Reinterpretación del ambiente de deposición de los Bosques Petrificados de Yellowstone"], *Geology* 8 (1980): 309-13.

[16] M.R. Rampino y R.B. Stothers, "Flood Basalt Volcanism during the past 250 Million Years" ["Vulcanismo de basaltos de inundación durante los últimos 250 millones de años"], *Science* 241 (1988): 663-68.

[17] L.R. Brand, "Lacustrine Deposition in the Bridger Formation: Lake Gosiute Extended" ["Deposición lacustre en la Formación Bridger: el Lago Gosiute extendido"], *The Mountain Geologist* 44 (2007): 69-78.

[18] P.W. Birkeland y E.E. Larson, *Putnam's Geology* [*La geología de Putnam*] 3a ed. (New York: Oxford University Press, 1978), 370.

[19] C.W. Gilmore, "Fossil Footprints from the Grand Canyon" ["Pisadas fósiles en el Gran Cañón"], *Smithsonian Miscellaneous Collections* 80 (1927): 1-78; C.M. Sternberg, "Carboniferous Tracks from Nova Scotia" ["Rastros del Carbonífero de Nova Scotia"], *Bulletin of the Geological Society of America* 44 (1933): 951-64.

[20] Birkeland y Larson, *Putnam's Geology,* 510-11.

[21] R.H. Dott y D.R. Prothero, *Evolution of the Earth* [*La evolución de la Tierra*], 5a ed. (New York: McGraw-Hill, 1994), 529, 530.

[22] C.W. Hibbard et al., "Quaternary Mammals of North America" ["Mamíferos del Cuaternario de Norteamérica"], en *The Quaternary of the United States* [*El Cuaternario de los Estados Unidos*], ed. H.E. Wright Jr. y D.G. Frey (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1965), 509-25.

[23] D.R. Prothero, "Darwin's Legacy" ["El legado de Darwin"], *Skeptic Magazine,* febrero 2012, http://www.skeptic.com/eskeptic/12-02-15/#feature.

[24] C. Stock, *Rancho La Brea: A Record of Pleistocene Life in California* [*Rancho La Brea: Un registro de la vida del Pleistoceno en California*] (Los Ángeles: Los Ángeles County Museum, 1956).

[25] S.M. Stanley, *Exploring Earth and Life through Time* [*Explorando la tierra y la vida a través del tiempo*] (New York: Freeman, 1993), 469-70.

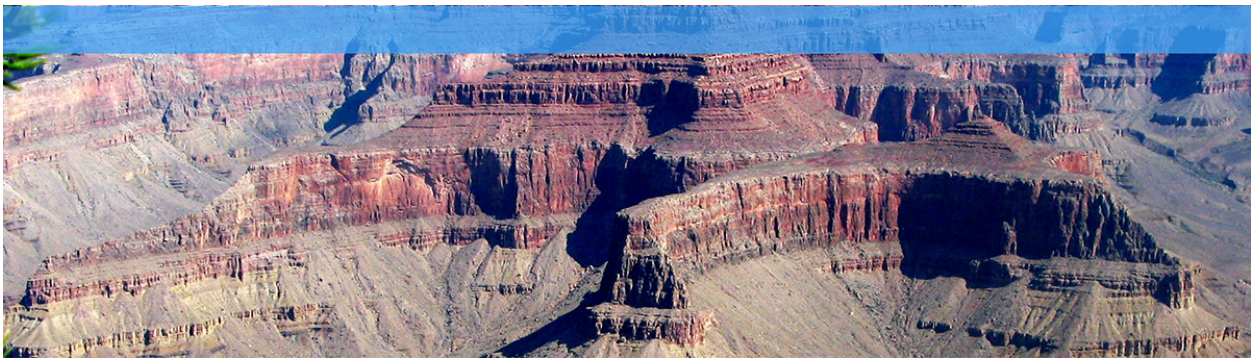
[26] E. Young, "The Sharp-Toothed Past of Filter-Feeding Whales" ["El pasado de dientes filosos de las ballenas filtradoras"], *New Scientist,* Agosto 16, 2006, https://www.newscientist.com/article/dn9752.

[27] A. Roth, "Coral Reef Growth" ["El crecimiento de los arrecifes de corales"], *Origins* 6 (1979): 88-95.

[28] S.J. Gould, "Pillars of Wisdom" ["Pilares de sabiduría"], *Natural History* 108 (1999): 28-34, 87-89.

[29] Austin, *Grand Canyon.*

[30] A. Snelling, "Special Symposium: Where Should We Place the Flood/Post-flood Boundary en the Geological Record?" ["Simposio especial: ¿Dónde deberíamos poner el límite Diluvio/Pos-diluvio en el registro geológico?"], *Creation ex Nihilo Technical Journal* 10 (1996): 29-127; R.E. Gentet, "The CCC Model and Its Geological Implications" ["El modelo CCC y sus implicaciones geológicas"], *Creation Research Society Quarterly* 37 (2000): 10-21; L. Brand "Wholistic Geology: Geology before, during and after the Biblical Flood" ["Geología holística: la geología antes, durante, y después del diluvio bíblico"], *Origins* 61 (2007): 7-34.



Capítulo 17

Evidencias de largos períodos

Reseña

¿Puede ser que la evidencia geológica y paleontológica realmente tenga explicaciones tan divergentes como miles de años en comparación con millones de años para la historia de la vida sobre la tierra? Este capítulo presenta líneas de evidencia que desafían la teoría de una geología de corta edad y sugiere explicaciones alternativas para ellas. La más significativa es la datación radiométrica y algunos otros métodos de datación. Otros fenómenos con implicaciones para el tiempo son estructuras sedimentarias cíclicas y características paleontológicas tales como los arrecifes y los estromatolitos. Se discute la llamativa secuencia de organismos en el registro fósil y también las tasas de enfriamiento para los lacolitos. La geología de corta edad necesita una explicación para la tectónica de placas y las lentas tasas modernas de la deriva de los continentes en movimiento.

Los desafíos en la búsqueda de comprensión

Las dos teorías geológicas que estamos comparando —la geología de corta edad y la geología convencional— usan los mismos datos y métodos de investigación. Están de acuerdo en muchos puntos básicos de la teoría geológica e incluso en mucha de la actividad geológica catastrófica. Una diferencia sobresale en un alto relieve impactante: la cantidad de tiempo propuesta para el registro del

Fanerozoico: miles de años comparados con 541 millones de años. ¿Cómo podrían los datos permitir una tan enorme variabilidad en la interpretación?

Muchos dicen que los datos incuestionablemente apuntan a cientos de millones de años para el tiempo geológico del registro fósil. No obstante, otros predicen que a medida que nuestra comprensión del registro fósil mejora, la balanza se inclinará hasta que la teoría de corta edad esté mejor capacitada para explicar la evidencia. Aún ahora, la evidencia, así como se interpreta generalmente, ofrece serios desafíos a la teoría geológica convencional como también a la geología de corta edad. Si tuviéramos toda la evidencia, apuntaría claramente en una dirección. Los datos disponibles no lo hacen, indicando que todavía nos aguardan muchos descubrimientos significativos. La geología de corta edad solo será exitosa en el sentido científico con una continuada y diligente investigación científica y honestidad al tratar con la evidencia a medida que se usa la teoría para desarrollar hipótesis verificables.

Este capítulo presenta evidencia que parece indicar un tiempo muy extenso para la historia de la tierra. Discutiremos esto, y luego, el siguiente capítulo considera el otro lado– evidencias más compatibles con un marco de tiempo geológico de corta edad.

La datación radiométrica

El problema más serio que enfrenta la teoría de corta edad es la datación radiométrica con sus 541 millones de años de tiempo para el Fanerozoico.[1] Antes de discutir las implicaciones de estos métodos de datación, repasemos los principios básicos de la datación radiométrica. Todos los métodos radiométricos se basan sobre el hecho de que algunos isótopos (formas particulares de un elemento con diferente número de neutrones) son inestables. A través de un período de tiempo, el radioisótopo (el elemento padre inestable) se descompone para formar algún otro elemento (el producto hijo). La tasa de este proceso de descomposición radioactiva puede ser determinada experimentalmente, y se ve que siempre sigue el mismo tipo de curva de desintegración (fig. 17.1). Por ejemplo, el potasio (^{40}K) se transforma en argón (^{40}Ar) y en un período particular de tiempo, que se denomina vida media, una mitad del ^{40}K se convierte en ^{40}Ar (10 por ciento) o ^{40}Ca (90 por ciento). En forma intuitiva, podríamos pensar que durante la segunda vida media el resto se descompondrá completamente, pero no es así. En la segunda vida media, la mitad de lo que queda se desintegrará y más a partir de allí, produciendo la curva de semidesintegración que se muestra en la figura 17.1. Las vidas medias de diferentes isótopos inestables varían desde fracciones de segundo a miles de millones de años. Aquellos con vidas medias cortas no son útiles para la datación.

La vida media del carbono-14 (^{14}C) es de alrededor de 5.730 años; para el ^{40}K (potasio), como 1.300.000 años. Si podemos determinar la relación del isótopo padre a hijo en una muestra de roca (barras horizontales en la fig. 17.1), podremos determinar en qué lugar de la curva de semidesintegración encaja esta relación. Esa posición indica la edad de la roca, si es que las presuposiciones del método son correctas y si la roca satisface las condiciones para un uso válido del método de datación.

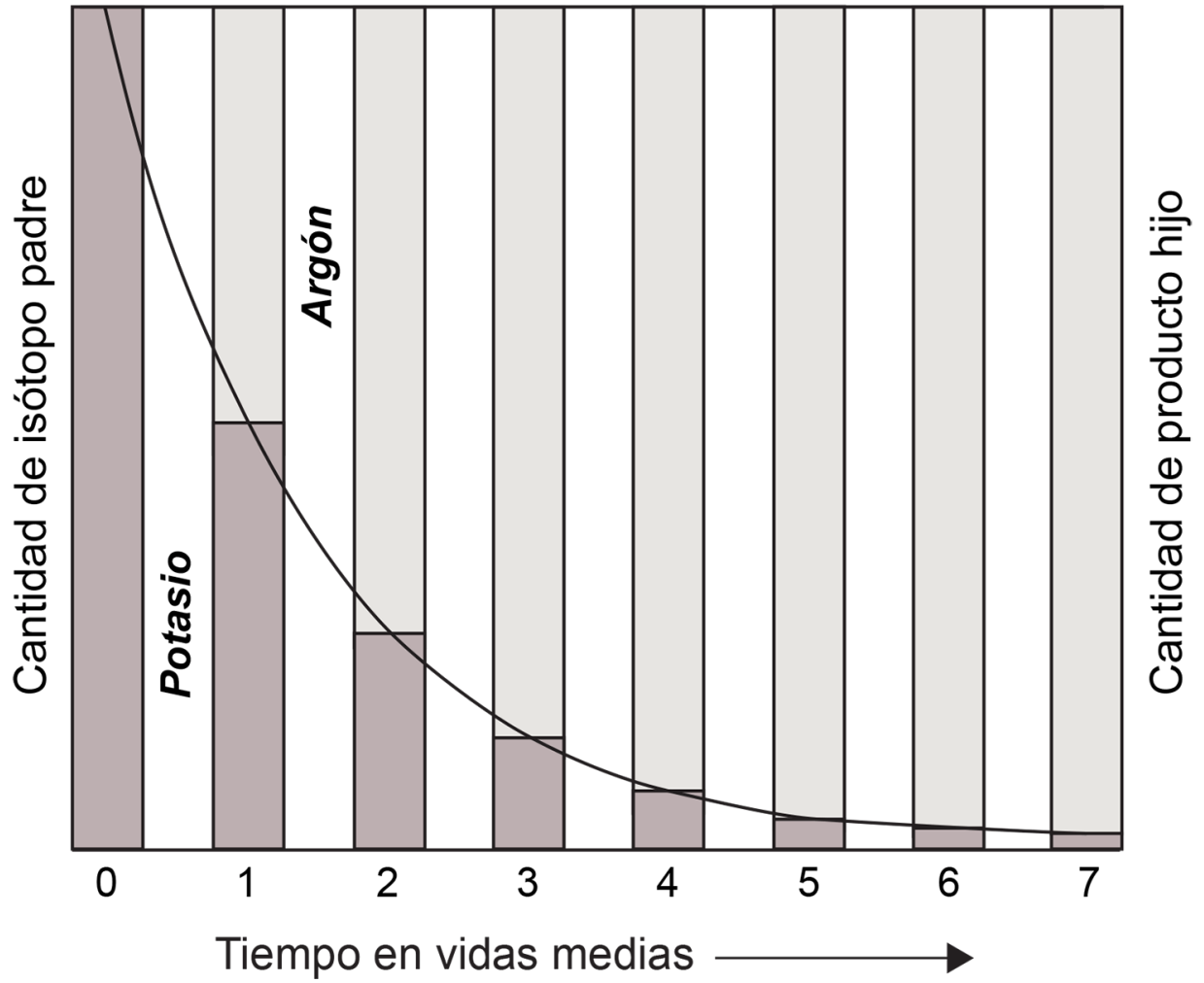


Figura 17.1. La curva de semidesintegración, que ilustra el concepto de la vida media. Las barras horizontales muestran la proporción de isótopos padre/hijo, que se interpretan como indicadores de la edad de las rocas. Ilustración de Robert Knabenbauer.

La datación con ^{14}C es diferente de los otros métodos en algunos aspectos importantes. La mayor parte del carbono es ^{12}C, que es estable y no es la fuente de ^{14}C. El ^{14}C se origina en la atmósfera superior cuando los rayos cósmicos chocan contra las moléculas de nitrógeno, transformando los átomos de nitrógeno en ^{14}C, parte del cual se combina con el oxígeno para formar dióxido de carbono (CO_2). Esas moléculas circulan hacia la atmósfera inferior (fig. 17.2). Con el tiempo, el ^{14}C, incluyendo los átomos que son parte del CO_2, se convierte de vuelta en nitrógeno. La producción y desintegración del ^{14}C están cerca del equilibrio, así que la proporción de ^{14}C a ^{12}C en la atmósfera ahora es relativamente constante. Cuando las plantas absorben CO_2 y lo usan para sintetizar nuevas moléculas y tejido vegetal, incorporan ambos el ^{14}C y el ^{12}C. Los animales comen las plantas, y como resultado, todas las plantas y animales vivientes contienen ^{14}C. Después que muere, una planta o animal ya no absorbe ^{14}C nuevo, así que la cantidad de ^{14}C que contiene gradualmente disminuye al convertirse en nitrógeno. Si medimos el número de desintegraciones radiactivas por minuto en una cantidad estándar de tejido muerto, y lo comparamos con la línea de semidesintegración del ^{14}C, con ciertas suposiciones, podremos determinar el tiempo transcurrido desde que el organismo murió.

La naturaleza de este método pone algunas limitaciones sobre su uso. Ya que depende de la presencia de carbono incorporado desde la atmósfera a las plantas, se usa solo para datar restos de plantas y animales, no rocas ni minerales. Solo se puede usar si el contenido orgánico no se reemplazó con minerales. Además, porque la vida media es de solo 5.730 años, solo se puede usar para datar fósiles con una edad de ^{14}C de menos de como 50 mil años. En otras palabras, solo puede datar fósiles en sedimentos del Pleistoceno o más jóvenes, no fósiles más antiguos que el Pleistoceno.

Todos los demás métodos de datación radiométrica utilizan elementos radiactivos que se encuentran en minerales, no en tejidos animales o vegetales. Así que pueden datar ciertos minerales, pero la mayoría de los fósiles solo se puede datar con estos métodos al datar una capa de lava u otras rocas ígneas cerca del fósil y, entonces, usando la fecha para estimar la edad de los sedimentos que contienen los fósiles. Además, las vidas medias de algunos de estos elementos son de millones de años, así que se usan para datar materiales más antiguos de los que pueden datarse por ^{14}C. Tres de estos métodos son argón-argón, uranio/torio-plomo y rubidio-estroncio.[2]

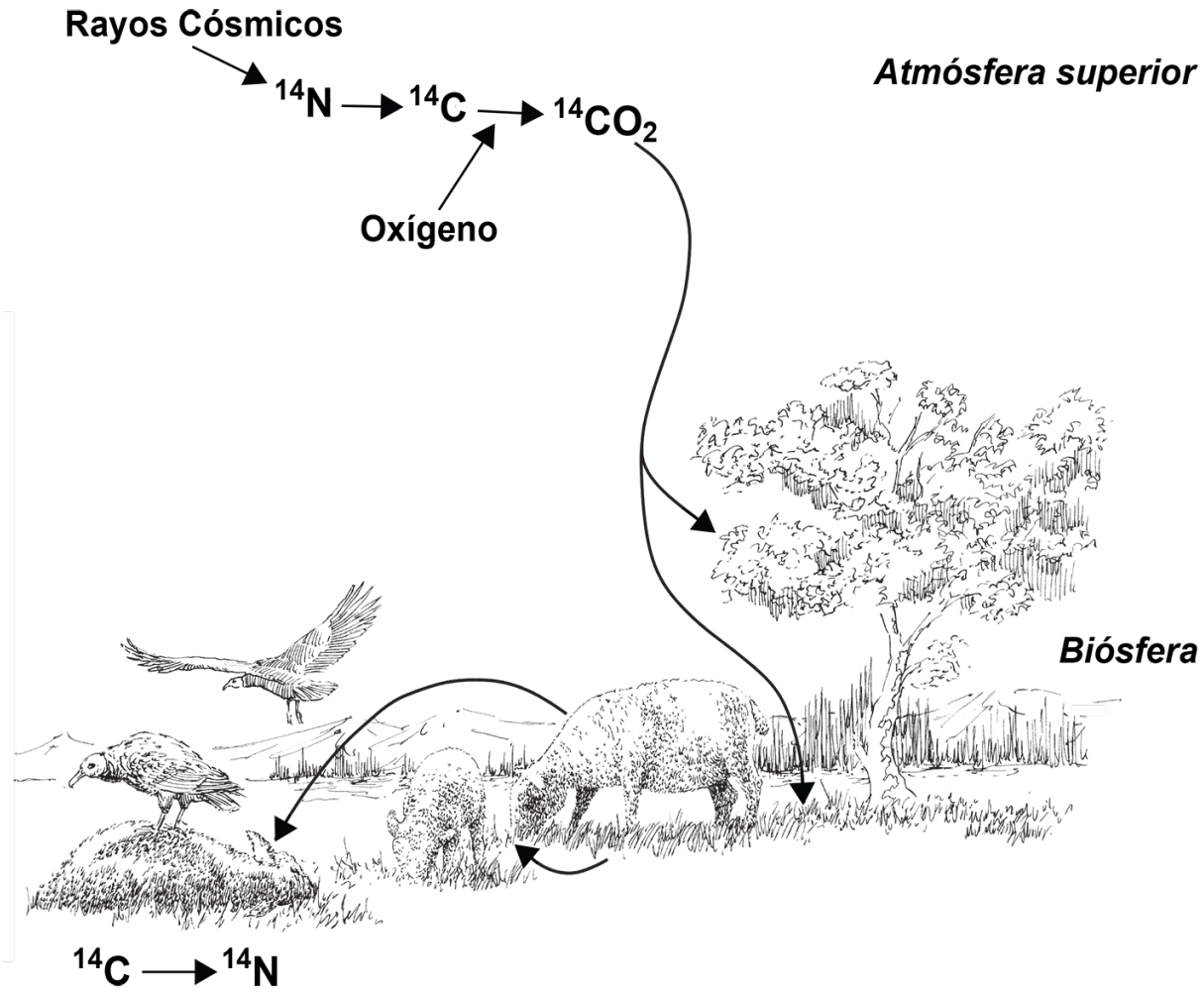


Figura 17.2. El proceso que produce carbono-14 y lo incorpora en las plantas y animales. Ilustración de Robert Knabenbauer.

Muchas rocas que contienen fósiles no tienen los minerales correctos para una datación precisa con métodos datación radiométrica. La edad de esos depósitos Fanerozoicos se determina principalmente por bioestratigrafía. Esto significa que se comparan los fósiles en la roca y en las formaciones que están arriba y abajo con la secuencia de fósiles en otros emplazamientos para ver dónde encajan en la secuencia. Por supuesto, los fósiles que se encuentran en rocas solo pueden usarse para comparar la secuencia de rocas en diferentes ubicaciones y no indican la edad en años de las rocas. Los métodos radiométricos se utilizan donde sea posible para datar minerales cerca de los fósiles y para proporcionar un tiempo de calibración para la escala bioestratigráfica. Las dataciones radiométricas pueden tener algún

Resumen 17-1

Interpretación de los fechados con ^{14}C

Datos

La cantidad medida de ^{14}C en todas las muestras. La tasa de semidesintegración del ^{14}C.

Desconocido

Cantidades antiguas de ^{14}C en la atmósfera. Los niveles antiguos de rayos cósmicos y otros posibles factores que podrían influir.

Interpretación

La ciencia convencional: **Esta asume que la concentración de ^{12}C y la tasa de formación del ^{14}C han permanecido aproximadamente constantes. La cosmovisión naturalista requiere ese concepto.**

El intervencionismo: **Este asume que la concentración de ^{12}C y la tasa de formación del ^{14}C no fueron constantes sino muy diferentes en el pasado. Este asume que el ^{14}C nos da edades relativas pero no edades reales. La cosmovisión bíblica conservadora requiere estas suposiciones.**

porcentaje de incertidumbre, aún para las fechas más confiables. Pero si las presuposiciones de las cuales dependen estos métodos son correctas, indican que el registro Fanerozoico ocupó más de 500 millones de años.

Las suposiciones y el análisis de los métodos de datación

Que un método de datación proporcione fechas correctas depende de la exactitud de ciertas suposiciones. La fecha se determina por los procesos de desintegración

radiométrica, pero también por otros factores como la historia que experimentó la roca. Las suposiciones para el carbono-14 son un poco diferentes de las de otros métodos debido a la fuente excepcional del ^{14}C.

La datación por carbono-14

La precisión de los fechados realizados por carbono-14 depende de varias suposiciones:

1. La tasa de semidesintegración siempre ha sido constante (La evidencia disponible parece apoyar esto).

2. La cantidad de CO_2 en la atmósfera ha sido constante. Como el ^{14}C se produce del nitrógeno, no del carbono, su producción es independiente de la cantidad de carbono en la atmósfera. Por consiguiente, si la cantidad de CO_2 fue mayor en el pasado, hubiera diluido el ^{14}C, y los fósiles datarían más antiguos de lo que realmente son. Es muy posible que el CO_2 fuera más predominante en el pasado y esto podría ser una fuente de error.

3. La cantidad de rayos cósmicos que penetran nuestra atmósfera ha sido constante. Posiblemente, la tierra originalmente tuvo una tasa menor de bombardeo de los rayos cósmicos de la atmósfera superior, debido a un campo magnético más potente y, tal vez, mayor humedad en la atmósfera superior (aunque esto tendría un efecto limitado), y esto podría ser otra fuente de error en los fechados por ^{14}C.[3]

4. Muchas plantas absorben ^{14}C y ^{12}C de un modo no selectivo, sin preferencia por ^{12}C. Algunas plantas sí prefieren selectivamente el ^{12}C, pero es posible determinar esto y corregirlo.

La geología de corta edad predice que en la atmósfera antes de la catástrofe global había solo una pequeña cantidad de ^{14}C. Esto se basa en una consideración teórica y una observación empírica. La consideración teórica tiene que ver con los efectos destructivos de las mutaciones en los organismos causados por la radiación. Debido a esto, parece probable que la biósfera original creada experimentó muy poco o ningún bombardeo de rayos cósmicos. Aun si ese problema tuviese una solución, aparte de la reducción de la producción de ^{14}C, debe considerarse otro factor– el carbón y el petróleo, que en el modelo convencional de largas edades, no

debieran tener ^{14}C, parecen dar fechados de cerca de 40.000 años. Esto requiere un mínimo de ^{14}C en la atmósfera cuando vivían los organismos que produjeron el carbón y el petróleo, si la escala de tiempo de la geología de corta edad es correcta. R.H. Brown desarrolló un modelo para relacionar dataciones de ^{14}C con el tiempo real basado en su teoría de corta edad.[4] Según su modelo, al momento de la catástrofe global, la concentración de ^{14}C en la atmósfera comenzó a aumentar, principalmente por una reducción en la cantidad de carbono total en la atmósfera. Después de un período de transición, el nivel de ^{14}C alcanzó un equilibrio aproximado al nivel observado hoy (fig. 17.3). Inmediatamente después de la catástrofe, los organismos que vivían durante el período de transición datarían más antiguos de lo que realmente son con edades de ^{14}C, en el rango de 40-70 mil años. Los organismos que murieron después de que la curva alcanzó el equilibrio rendirían edades de ^{14}C que son bastante precisas. (Una implicación de este modelo es que si alguien declara tener madera del arca bíblica y tiene una edad de ^{14}C de cinco mil años, no es el arca. Cualquier cosa que vivió antes o inmediatamente después de la catástrofe tendrá una edad de ^{14}C mayor de 40 mil años, aun cuando sea en realidad solo una fracción de esa edad).

Al evaluar estos métodos de datación radiométrica, uno debería pensar en todo el proceso incluyendo la historia de la roca y los métodos de laboratorio y análisis. El ciclo de ^{14}C comienza con la transformación de ^{14}N a ^{14}C que se mezcla con ^{12}C en la atmósfera. La relación de ^{14}C con el ^{12}C depende de la llegada de rayos cósmicos y de la cantidad de ^{12}C en la atmósfera. El resultado es que los tejidos de plantas y animales que mueren y se conservan, tienen una cantidad de ^{14}C. El científico recoge una muestra, determina el número de desintegraciones por minuto (o con el método del acelerador de espectrometría de masa, AMS, cuenta el número de átomos de ^{14}C) e interpreta la edad en base al número de desintegraciones por minuto. Los procedimientos científicos para recolectar y analizar las muestras pueden ser precisos y exactos, pero la exactitud de un fechado todavía depende de cuán correctas sean las suposiciones que entran en juego en la interpretación de los datos. Verificar esas suposiciones requeriría que supiéramos la composición de la atmósfera y la tasa de flujo de rayos cósmicos durante el Pleistoceno. No podemos volver atrás en el tiempo y medirlos.

Es intrigante que muchas muestras a través del Fanerozoico contienen ^{14}C, aún cuando la mayoría de estas muestras no deberían contener nada de ^{14}C, porque la escala de tiempo radiométrica proporcionaría más que suficiente tiempo para que todo el ^{14}C se perdiera por desintegración. Si esto es correcto, indica que todas esas muestras tienen menos de 70 mil años.[5] Esto merece mayor estudio.

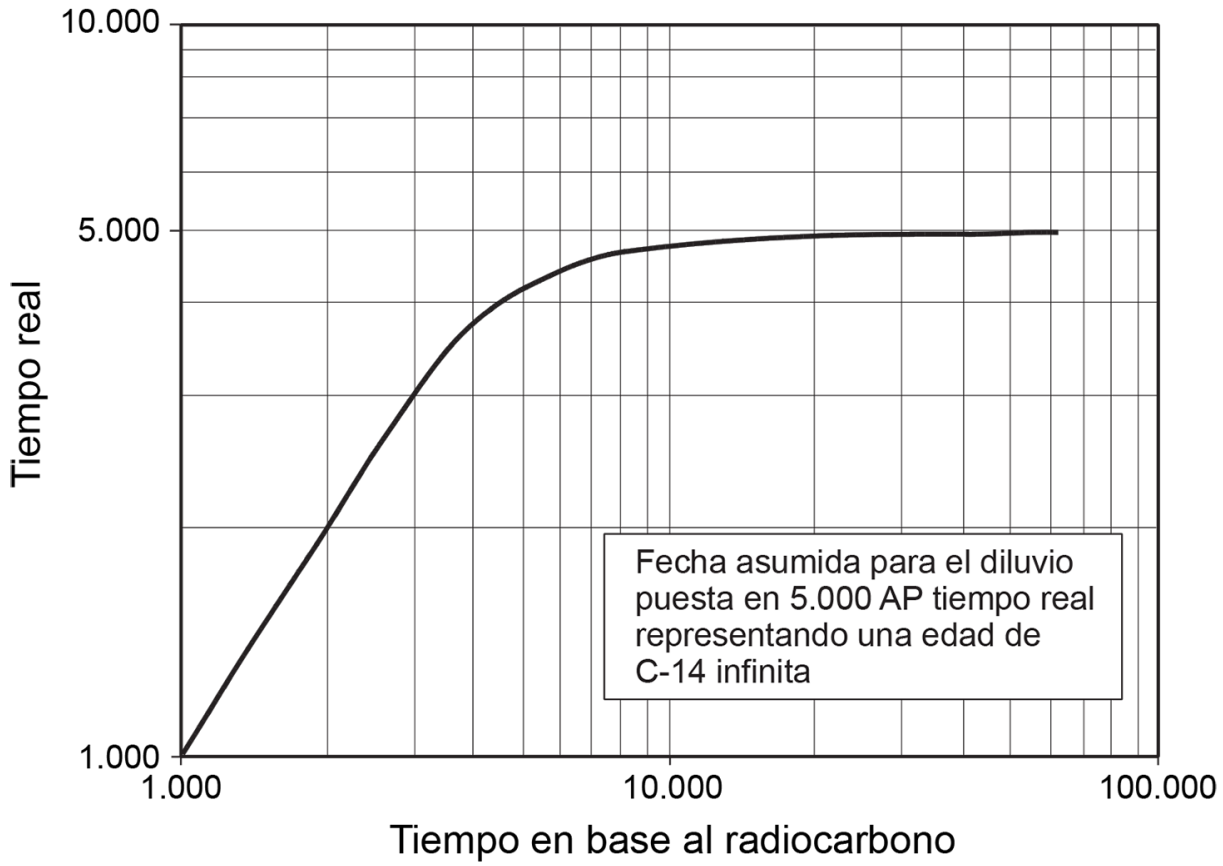


Figura 17.3. Modelo del cambio de nivel del carbono-14 en la atmósfera y sus efectos sobre la edad aparente de los organismos (de Brown 1990). Ilustración de Leonard Brand.

Otros métodos de datación radiométrica

Los métodos comunes de datación que se utilizan incluyen potasio-argón, uranio/torio-plomo, y rubidio-estroncio. La exactitud de estos métodos depende de cinco suposiciones:

1. La tasa de desintegración ha sido siempre constante.

2. La roca ha permanecido como un sistema cerrado sin intercambios químicos con el medio circundante.
3. El reloj radiométrico fue puesto en cero cuando la roca se depositó en su ubicación actual. Todos los productos hijos que existían previamente se escaparon en ese momento (o la cantidad inicial de

productos hijo puede ser estimada, basados en cálculos matemáticos de los datos).
4. Las relaciones padre-hijo (indicados en la fig. 17.1) fueron causadas solo por desintegración radiactiva de padre a hijo a lo largo del tiempo.
5. Existen otros factores que todavía no conocemos.

Al evaluar otros métodos de datación aparte del ^{14}C, se debería considerar todo el proceso, que comienza en la tierra. En cualquier punto debajo de la corteza terrestre, el magma tiene alguna relación de isótopo padre a producto hijo, dependiendo de su historia. Cuando ese magma sube hacia la superficie para formar un nuevo depósito, no debe mezclarse con roca más antigua, porque eso podría cambiar su edad aparente. Además, no puede ocurrir ningún intercambio de elementos padre o hijo con fluidos que atraviesan las rocas, o sus "relojes" no serán exactos, porque la relación padre/hijo será el resultado de algo más que la cantidad de tiempo que transcurrió. El investigador recolecta una muestra, cumple con los procedimientos de laboratorio para determinar la relación de elementos padre/hijo, trata de determinar si se han satisfecho las suposiciones anteriores, e interpreta la datación de la roca.

No parece haber razones para dudar de la teoría del proceso de desintegración, los caminos de desintegración de un isótopo a otro, o la exactitud de los procedimientos de laboratorio para medir los isótopos padre e hijo. Pero hay otras cuestiones donde el proceso de datación parece más incierto. Antes de que los fechados radiométricos sean convincentes para nosotros, que vemos la datación radiométrica como una hipótesis que debe ser verificada, varias preguntas merecen mejores respuestas en lugar de dar por sentado una verdad establecida.

Un interrogante para el método de potasio-argón es cuán seguros estamos de que el reloj fue puesto a cero por la pérdida de todo el argón cuando antes que se formara la nueva roca. Si algún porcentaje de los antiguos productos hijo no se perdieron cuando se depositó una nueva formación de rocas, el reloj no se puso a cero. En ese caso, la roca tendrá una edad mucho más antigua de lo que realmente es. ¿Existe un método realmente independiente para determinar si una "fecha" es exacta o heredada? Esta determinación no debe basarse en la evaluación de si la fecha está de acuerdo con la escala de tiempo aceptada, o entraremos en un razonamiento circular.

Para la mayoría de los métodos aparte del ^{14}C, los productos hijo no se pierden cuando se forma una nueva roca, sino que la cantidad de tales productos hijo heredados puede determinarse al trazar una isócrona (fig. 17.4). En un gráfico se trazan las relaciones isotópicas de muchas muestras de una roca dada, y se dibuja una línea a través de ellas. Si los puntos de los datos caen en una línea recta sobre el gráfico, esto se llama una isócrona. La inclinación de la línea y la posición donde coincide con el eje vertical se anotan en una fórmula que da la supuesta edad de la roca al momento que se depositó.

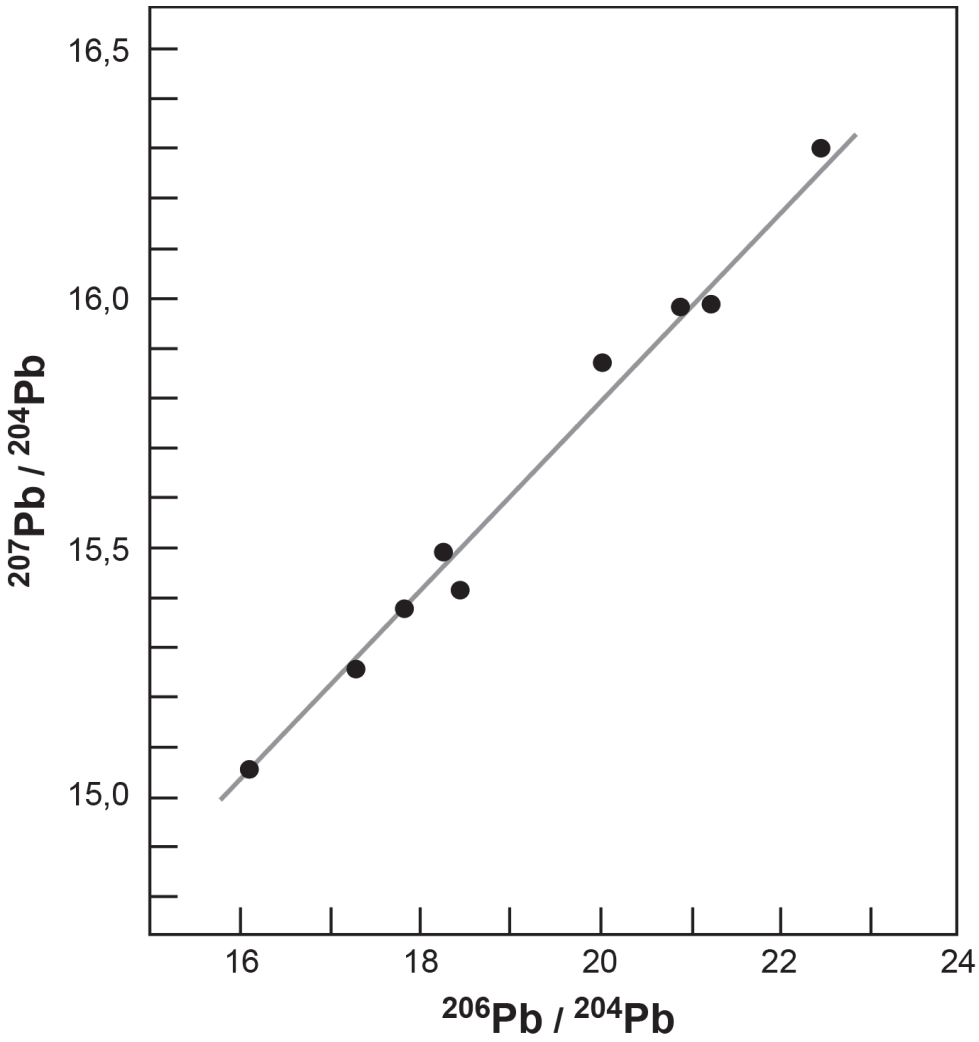


Figura 17.4. Gráfico de relaciones isotópicas usado para trazar una línea isócrona. Cada punto corresponde a una medición individual. Si los puntos caen esencialmente en una línea recta, como aquí, la línea isócrona se dibuja entonces a lo largo de los puntos y se extiende hasta el eje vertical. Ilustración de Leonard Brand.

Resumen 17-2

Interpretación de los fechados radiométricos aparte del ^{14}C

Datos

Las tasas de desintegración medidas para cada isótopo específico. Las mediciones de los isótopos padre/hijo de las muestras de roca.

Interpretación

La ciencia convencional: **Se asume el origen evolutivo de las formas de vida, y esto requiere períodos de tiempo muy largos. Se requiere que la escala de tiempo radiométrica sea por lo menos aproximadamente correcta. Esto además no proporciona un incentivo para buscar otras interpretaciones de los datos radiométricos.**

El intervencionismo: **Asume un marco de tiempo mucho más corto. Además, predice que las suposiciones convencionales están erradas, o que existen otros hallazgos por descubrir. Esto brinda un incentivo para buscar mejores explicaciones para los datos.**

Pero si la roca datada se formó por una mezcla de magma con la roca huésped por la cual fluyó, la relación de isótopos será el resultado del proceso de mezcla. Si esto ha ocurrido, el trazado de relaciones isotópicas puede verse como la isócrona en la figura 17.4, pero es una línea de mezcla que resulta de la mezcla de diferentes rocas, y no es una verdadera isócrona. Una línea de mezcla no indica la edad de la roca.[6] Si otras líneas de evidencia indican que la edad radiométrica no es correcta, la isócrona aparente en realidad puede reconocerse como una línea de mezcla.[7] La mayoría de los científicos que están involucrados en determinar estas edades geológicas están confiados en que pueden identificar qué trazados son líneas de mezcla. Sin embargo, algunos geólogos de corta edad cuestionan si

muchas otras "fechas" radiométricas podrían realmente representar líneas de mezcla y en realidad no son edades verdaderas. Tal vez haya también otras cuestiones importantes sobre los procesos radiométricos que todavía no hemos considerado.

A pesar de los problemas y cuestiones mencionados más arriba, los métodos de datación radiométrica, aparentemente, dan una secuencia de fechas generalmente coherente. Hay cuestionamientos en cuanto a la precisión,[8] y no todas las fechas salen bien, pero por lo menos hay una correlación entre las fechas radiométricas publicadas y la posición de una roca en la columna geológica. Las rocas cámbricas proporcionan fechas del Cámbrico y no del Eoceno. Quienes hacen estos fechados están convencidos que generalmente es evidente por qué algunas fechas no salen bien.

Sin embargo, otra manera de presentar este asunto es señalar que cuando el equipo de datación radiométrica analiza una muestra, no da directamente una fecha, sino que proporciona una relación de isótopos padre/hijo (fig. 17.1). Muestreos repetidos de diferentes partes de la columna geológica proporcionan secuencias de relaciones bastante predecibles. ¿Qué causó esta secuencia de relaciones? Si las rocas estuvieran aquí por un tiempo suficiente, el tiempo produciría una secuencia tal y la mayoría de los científicos suponen que así sucedió. Pero tal vez sea posible que las rocas no estuvieron aquí suficiente tiempo como para hacer esto, y la secuencia de relaciones se produjo por algún otro factor controlador. Si eso es verdad, entonces ese otro factor explicaría por qué hay una secuencia predecible de relaciones de isótopos al ascender por la columna geológica, y el tiempo no tendría nada que ver con eso. Nuestro desafío es entender qué factor pudo tener esta influencia controladora sobre las relaciones de los isótopos.

A causa de la secuencia predecible de relaciones isotópicas, las dataciones radiométricas parecen ser, por lo menos, un método confiable para una datación *relativa*, indicando cuáles rocas son más antiguas que cuáles otras. Las rocas en América del Norte con una "edad" radiométrica de 50 millones de años probablemente son de la misma edad que rocas en África con una "edad" radiométrica de 50 millones de años y son más antiguas que las rocas que dan fechados de 45 millones de años. Por esta razón, las relaciones isotópicas parecen ser un método apropiado para la correlación de edades entre diferentes formaciones de rocas, sin importar qué es lo que el investigador cree sobre el tiempo absoluto. La pregunta importante es si las fechas en años son correctas o si todas las rocas son mucho más jóvenes de lo que las fechas radiométricas suponen, dando solo edades relativas, no absolutas. Los intervencionistas trabajan para tratar de contestar esta pregunta[9] porque las respuestas que tenemos actualmente no son adecuadas.

Se sabe que la medición de las tasas de desintegración varía de acuerdo con la distancia de la tierra al sol en el momento en que se tomó la medida. Esta variación es pequeña porque la variabilidad en la distancia de la tierra al sol es pequeña.[10] Sin embargo, esta variación en las tasas de desintegración no demuestra que las tasas de desintegración no sean absolutas o intrínsecas al isótopo específico, sino que son afectadas por factores externos. Esto sugiere que hay mucho más que aprender de la radiactividad, pero la creencia en un modelo geológico de corta edad todavía está mayormente basada sobre la fe en el relato bíblico como una historia fidedigna.

La estratigrafía magnética y la racemización de aminoácidos

Dos métodos no fueron discutidos antes, ya que no son métodos de datación independientes. La *estratigrafía magnética* es el análisis de la evidencia de inversiones magnéticas en las rocas sedimentarias de grano fino.[11] Las partículas magnéticas en las rocas se orientan de acuerdo con el campo magnético de la tierra cuando se formó la roca. Los polos magnéticos norte y sur de la tierra aparentemente se han invertido muchas veces en el pasado, y las rocas pueden clasificarse según si tienen polaridad magnética normal o invertida (fig. 17.5). Las inversiones magnéticas no tienen el potencial de indicar en forma independiente la edad de las rocas; por lo tanto, la escala de inversión magnética debe ser calibrada con las dataciones radiométricas. Las inversiones magnéticas son importantes para refinar la edad relativa asignada a las rocas en secuencias de estratos sedimentarios con unas pocas unidades que puedan datarse por métodos radiométricos.

David Humphreys propuso un mecanismo para inversiones rápidas del campo magnético de la tierra durante una catástrofe global.[12] Algunas evidencias confirman que tales inversiones se producen en pocos días.[13] Andrew Snelling discutió la relación de esas investigaciones con la geología de corta edad.[14]

También se usan los datos paleomagnéticos de otras maneras, no para datar, sino para determinar la posición de los continentes durante cada etapa de la deriva continental. La inclinación magnética (variación con respecto a la vertical) de las partículas en las rocas depende de en qué latitud se encontraban ubicadas cuando se formaron las rocas. Podemos determinar esa latitud midiendo ese ángulo de inclinación magnética en las rocas.

El otro método es datar por *racemización de aminoácidos*. Cuando un organismo muere, sus aminoácidos cambian lentamente (se racemizan) de ser todos aminoácidos L a una mezcla 50/50 de formas L y D. Las mediciones de la cantidad de racemización se han usado para datar fósiles del Pleistoceno, pero el método tampoco es independiente de las dataciones radiométricas, sino que debe

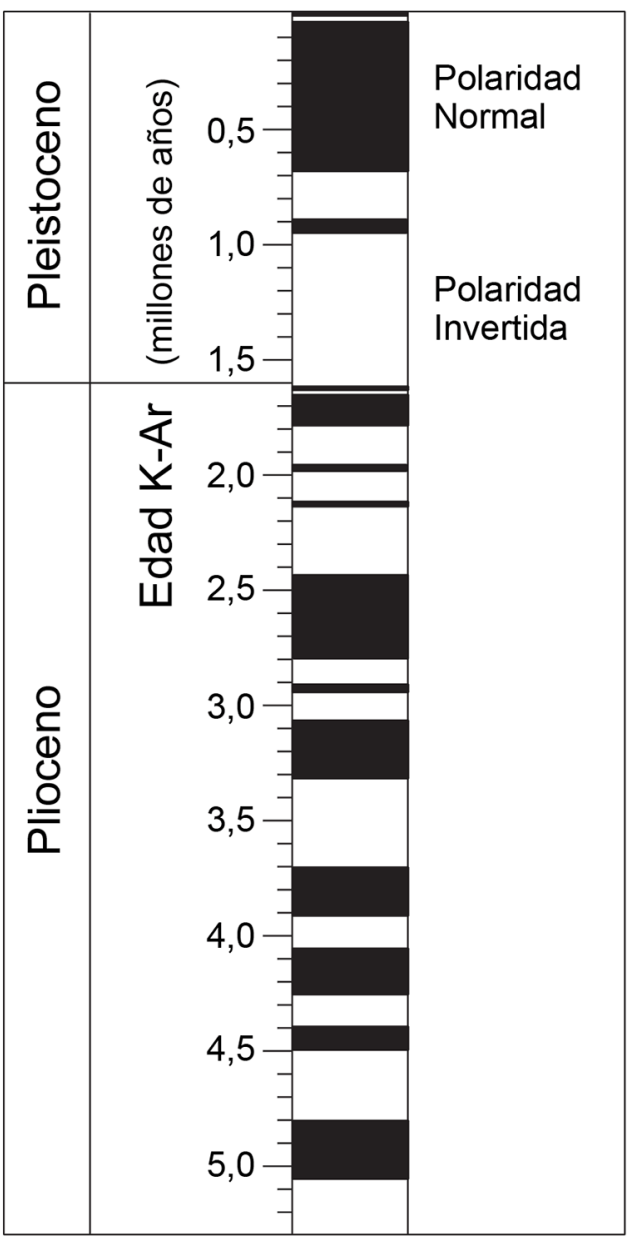


Figura 17.5. Inversiones magnéticas en rocas del Cenozoico Tardío (según Lemon 1993). Durante tiempos de polaridad normal, los polos magnéticos norte y sur permanecen en la misma posición como están hoy. Durante una inversión de polaridad, las posiciones de los polos magnéticos norte y sur se invierten. Ilustración de Leonard Brand.

calibrarse con ^{14}C. La tasa "constante" que se usa para calcular las edades a partir de los datos de aminoácidos no es constante. Cambia progresivamente con la edad del fósil en tres órdenes de magnitud (fig. 17.6)[15] porque este proceso se ve afectado por las condiciones de temperatura y humedad y estas condiciones no

pueden saberse con certeza para las muestras prehistóricas. Si la tasa "constante" se mantuviera constante, el método daría una datación en el rango de unos pocos miles de años.[16]

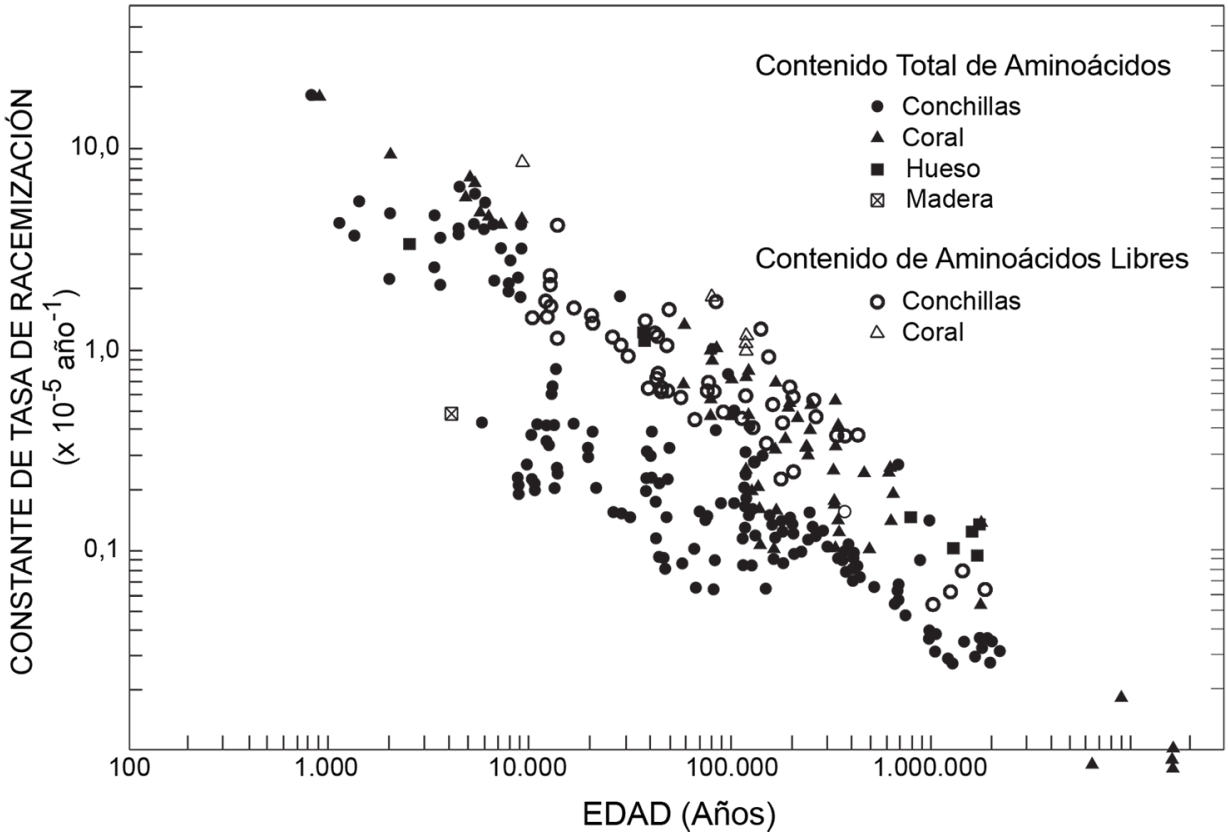


Figura 17.6. La tasa constante de racemización de la isoleucina en contraste con la edad fósil asociada, tal como se encuentra en las publicaciones (de Brown 1985). Ilustración de Leonard Brand.

Caracteres sedimentarios cíclicos que parecen requerir tiempo

Algunos sedimentos contienen lo que se describe como ciclos de mareas (una lámina depositada con cada marea alta), y si esto es correcto, podrían representar un marco de tiempo coherente con la geología de corta edad. El descubrimiento de estos ciclos de mareas ha cambiado el tiempo de deposición de algunas rocas de miles o millones de años a unos pocos años. En otras palabras, tres o cuatro órdenes de magnitud más rápidos de lo que se pensaba previamente.[17] Esto es todavía un desafío no explicado dentro de un evento de un año, pero encaja bien si se produjo en una porción del registro geológico que se formó a lo largo de cientos o unos pocos miles de años.

Muchos otros sedimentos finamente laminados no son producto de mareas, sino que generalmente se los interpreta como *varves* (una lámina formada por año). Tales depósitos a menudo contienen muchos miles de láminas, y la geología de corta edad predice que estos "varves" no representan depósitos anuales. Algunas evidencias ya presentan un desafío para la interpretación de varves.[18] Asimismo, los fósiles exquisitamente conservados en sedimentos con "varves", como en la Formación Green River (fig. 17.7), parecen requerir un sepultamiento muy rápido.[19]

En el registro geológico se reconocen otros procesos sedimentarios cíclicos, y algunos de estos se interpretan como ciclos sedimentarios (ciclos de Milankovitch), que resultan de la subida y bajada del nivel del mar a lo largo de varios miles o decenas de miles de años. Para entender las verdaderas implicaciones en el tiempo de esos ciclos sedimentarios se requiere que entendamos los mecanismos que los produjeron. Algunos pueden ser ciclos reales de cambio en el nivel del mar, pero también deberían considerarse otros mecanismos, incluyendo posibles mecanismos que todavía no se han descubierto.

Los sedimentos cíclicos y algunos depósitos de "varves" se explican más fácilmente si se produjeron en unos miles de años y no en la parte del registro que se cree se formó en un año. Sin embargo, todavía hay preguntas importantes para las cuales necesitamos respuestas antes de que estos ciclos puedan explicarse por una teoría de corta edad.

Los reportes sobre los testigos de hielo extraídos de los glaciares en Groenlandia y Antártida que tienen cientos o miles de capas anuales, a menudo se han usado como una objeción a un período corto de tiempo.[20] Mientras todavía no tengamos las respuestas finales, existen razones importantes para rechazar las capas de hielo como anuales. Repasaremos algunas de ellas.[21]

La suposición de una capa de hielo por año ha sido desafiada por observaciones de "muchos cientos de capas de hielo" en los noventa metros de hielo que cubren los aviones abandonados hace 46 años sobre la extensa capa de hielo en Groenlandia durante la Segunda Guerra Mundial. Claramente el constructo "un año por cada lámina" es falso en este caso. Pero aún más importante, cuestiona la naturaleza anual de la lámina. A lo mejor la lámina podría resultar de tormentas individuales o de otros cambios climáticos (fig. 17.8).

Siendo que las láminas de hielo visibles, que se pueden contar, desaparecen con la profundidad debido a la compresión, los científicos que estudian los testigos de hielo recurren a otras técnicas para identificar los "eventos anuales".

Figura 17.7. Fósiles de la Formación Green River. Arriba derecha: larvas de moscas y crías de peces de un ambiente de aguas someras; abajo derecha: coprolito (excremento fósil) de cocodrilo, vista de la superficie y de un corte transversal; abajo izquierda: uno de los más antiguos murciélagos fósiles. Ilustración de Leonard Brand.

Por lo general, esas son señales químicas o isotópicas, o partículas en el hielo que se pueden reconocer ante la ausencia de bandas visibles. Las capas de ceniza volcánica se pueden reconocer fácilmente en los testigos de hielo y se pueden analizar para comparación con ceniza de erupciones conocidas. Estos tipos de datos parecieron convincentes hasta que estudios más adelante demostraron que existían miles de erupciones que podían satisfacer las fuentes requeridas, incluso en tiempos históricos. Dado que se producen unas treinta erupciones al año alrededor del mundo, la datación de los testigos de hielo con cenizas es muy cuestionable. La difusión y migración de los materiales en el agua líquida dentro

del testigo de hielo es un problema serio para otros métodos que intentan extraer señales anuales del hielo. Como es el caso en muchas otras áreas de la ciencia histórica, las técnicas de datación de los testigos de hielo no son para nada objetivas y son motivadas por el modelo.[22]

Figura 17.8. Capas de nieve en el Parque Nacional de la Gran Cuenca en Nevada, que representan tormentas individuales en una sola estación. Ilustración de Leonard Brand.

Los lacolitos y caracteres sedimentarios

Algunas montañas se forman por una enorme masa de magma (roca fundida) que penetra los sedimentos suprayacentes, formando un cuerpo de roca ígnea llamado lacolito (fig. 14.13). ¿Cuánto tiempo tarda el lacolito fundido en enfriarse luego de

que se forma? Algunos podrán recordar de sus clases se física que algunos materiales ganan o pierden calor mucho más lentamente que otros y la roca se enfría muy lentamente.

En Hawái, los flujos de lava de varios años atrás todavía están calientes porque la roca pierde calor muy lentamente. Estos lacolitos del tamaño de montañas, ¿podrían estar ya fríos si se formaron hace solo unos pocos miles de años? Se ha argumentado esta línea de evidencia para indicar un tiempo muy largo para la historia de la tierra. Por lo menos algunos lacolitos se formaron después de que se depositaron algunas de las rocas del Fanerozoico que contienen fósiles (fig. 17.9). Sin embargo, Snelling y John Woodmorappe han estudiado el enfriamiento de magmas graníticos y llegaron a la conclusión de que el calor podría disiparse dentro de un marco de tiempo compatible con una tierra joven.[23] Por lo tanto, este puede no ser el problema que parecía ser, especialmente si se considera el enfriamiento conductivo (flujo de agua).

Los diversos avances y retrocesos de los glaciares del Pleistoceno son caracteres que también parecen requerir un tiempo considerable.[24] Se necesitan más estudios sobre esta cuestión.

La mayoría de los tipos de rocas sedimentarias descritas en el capítulo 14 se podrían formar rápidamente, pero el proceso de meteorización presenta mayores desafíos. Parece que la reducción de rocas antiguas a minerales disueltos y arena es un proceso largo. ¿Cómo, entonces, se formó en corto tiempo el enorme volumen de arena y arcilla en las areniscas y lutitas del registro geológico? Posibles hipótesis de la geología de corta edad podrían incluir la formación de mucha de esta arena durante el Precámbrico, o la creación de arena durante la semana de la creación como un componente abundante y extenso del suelo.

La tectónica de placas

Evidencias significativas indican que los continentes no siempre estuvieron donde están ahora, sino que han ido a la deriva. La teoría de corta edad debe ocuparse de la teoría de tectónica de placas.[25]

Aparentemente, más temprano en la historia de la tierra, todos los continentes estaban juntos. Se separaron hasta que alcanzaron sus posiciones actuales en la tierra. La manera precisa en que encajan los continentes (en los bordes de las plataformas continentales) en ambas márgenes del Atlántico apoya esa teoría (fig. 17.10). Asimismo, una dorsal centroatlántica submarina corre a lo largo del medio del Océano Atlántico, haciendo un paralelo del contorno de los continentes a ambos lados, que se mueven alejándose de esa dorsal.

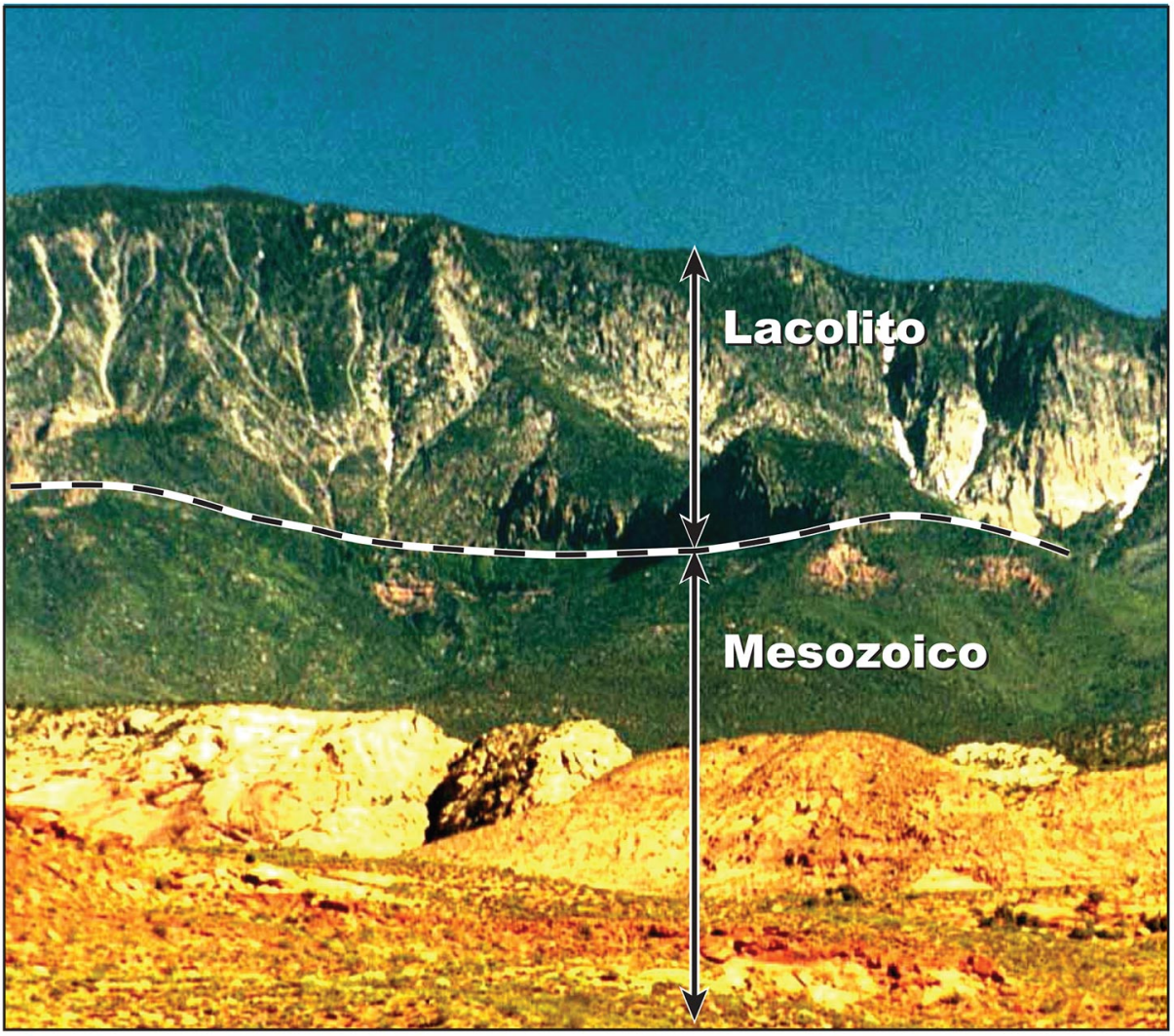


Figura 17.9. Un lacolito al norte de la ciudad de St. George, Utah. Sedimentos rojizos del Jurásico (parcialmente cubiertos por árboles) se pueden ver debajo del lacolito, que ocupa la parte superior de la montaña. Ilustración por Leonard Brand.

Existen dorsales similares en otros océanos (fig. 17.11). Al alejarse los continentes de esas dorsales, sube el magma caliente por la grieta en las dorsales submarinas y forma nuevo fondo oceánico (fig. 17.12).

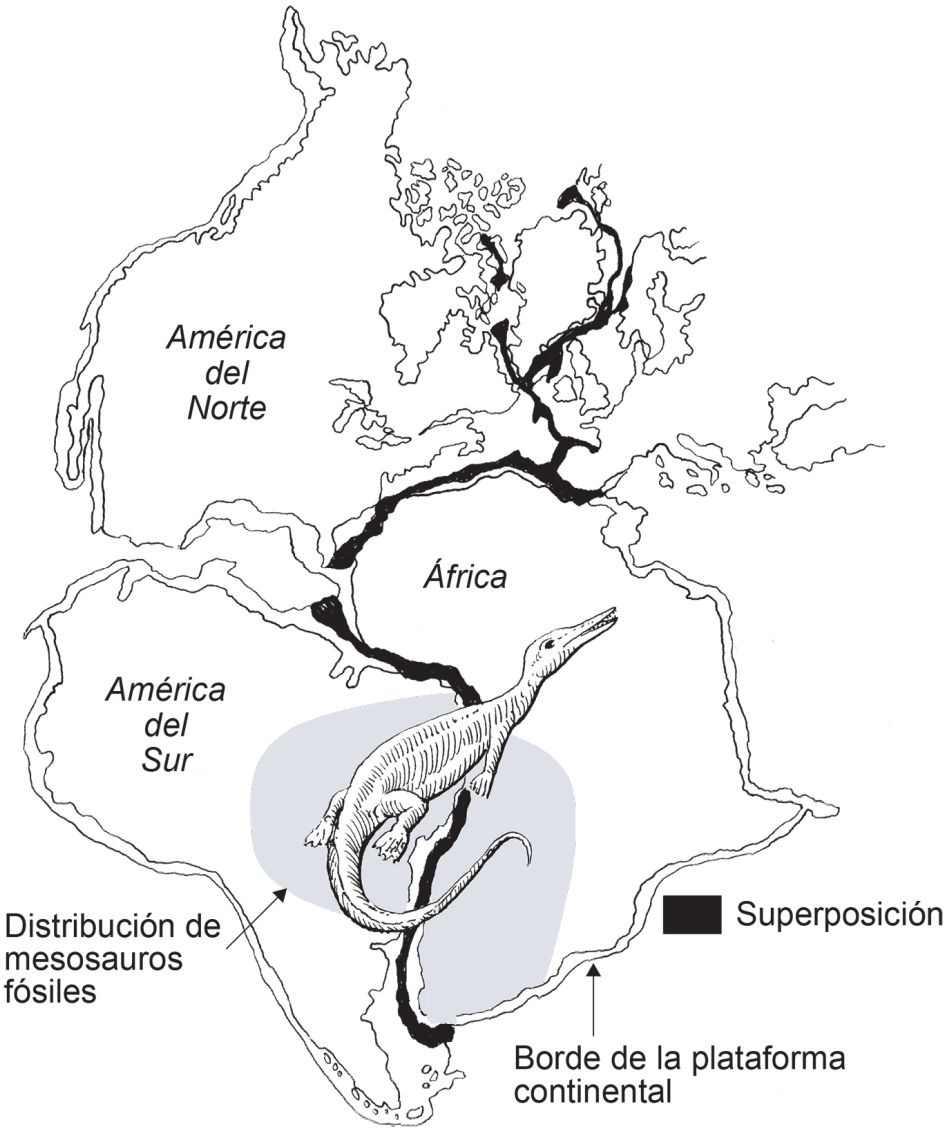


Figura 17.10. El encaje entre los continentes antes de la formación del Océano Atlántico (según Monroe y Wicander 1992). También muestra la distribución de mesosaurios (*Mesosaurus*) en ambos lados del Océano Atlántico (según Hallam 1972). Ilustración de Robert Knabenbauer.

En lugares donde dos placas colisionan una con otra, la teoría dice que si una de las placas es una placa continental, y la otra es una placa oceánica, la placa oceánica será sobrepasada y arrastrada hacia el manto. Tal como lo predice la teoría, las profundas fosas oceánicas ocurren en los lugares donde las placas oceánicas están siendo arrastradas hacia las profundidades de la tierra por la colisión con una placa continental.

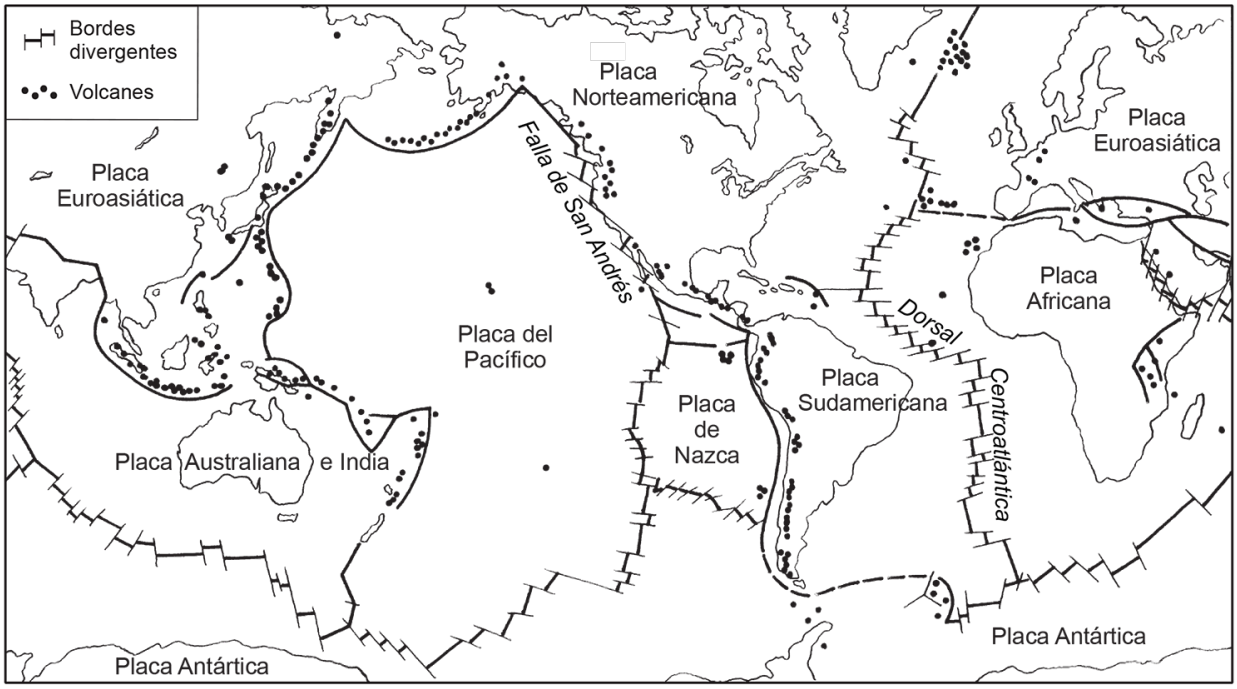


Figura 17.11. Las placas continentales y las dorsales de separación donde se está formando el nuevo fondo marino (según Monroe y Wicander 1992). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Figura 17.12. Un corte transversal a través de una porción de la corteza terrestre, mostrando el presunto movimiento del magma que mueve los continentes y produce un nuevo fondo oceánico (según Montgomery 1990). Ilustración de Robert Knabenbauer.

Los volcanes y los epicentros de terremotos registrados están concentrados a lo largo de las dorsales submarinas en el medio de los océanos y en otros lugares donde chocan las placas (fig. 17.11). Además, la coincidencia de fósiles y tipos de rocas sobre las placas continentales adyacentes respalda la teoría de la tectónica de placas. (fig. 17.10).

Las principales cadenas montañosas son paralelas a los bordes de las placas que están en colisión con otras placas. Esto incluye la Cordillera de los Andes en Sudamérica, los Alpes en Europa, las Montañas Rocallosas en América del Norte y los Himalayas en Asia. Aparentemente, esas montañas se formaron cuando la tierra se dobló y plegó a causa de la colisión de placas.

Las placas continentales actualmente se mueven a razón de unos centímetros al año.[26] Un modelo de geología de corta edad requiere un movimiento mucho más rápido en el pasado. Una pregunta sin resolver es cómo se quitaría el calor generado por este movimiento rápido. John Baumgardner[27] y Steve Austin y sus colegas[28] han propuesto un modelo para una rápida tectónica de placas durante el diluvio, pero eso todavía no explica cómo manejar el problema de la cantidad de calor generada por un movimiento continental tan rápido.

Los caracteres paleontológicos con implicaciones de tiempo

Los arrecifes, la cuantiosa bioturbación de algunos sedimentos, los suelos endurecidos fósiles (sedimentos marinos duros, cementados, que sirvieron de hogar para animales vivos y fueron excavados en el piso oceánico antes de ser cubiertos por nuevos sedimentos) y otros caracteres de origen biológico, parecen requerir algo de tiempo, pero no millones de años.

Los depósitos que se interpretan como arrecifes de coral, arrecifes de algas, y biohermas (parecidos a los arrecifes) están distribuidos en todo el registro fósil (fig. 17.13). Esto parece ser imposible de explicar en un escenario de un diluvio de un año porque cada nivel estratigráfico de arrecifes, si es que los arrecifes se formaron in situ (o sea, no se transportaron, están en la posición donde se fosilizaron), requerirían desde varios años a cientos de años para crecer. Los arrecifes de carbonato resistentes a las olas y las acumulaciones de sedimento de carbonato que se formaron in situ, que contienen restos orgánicos sin seleccionar, en general no se interpretan como conjuntos transportados, aunque, por lo menos, unos pocos arrecifes fueron transportados y depositados como megabrechas.[29] Estos arrecifes transportados podrían haber crecido antes de la catástrofe global.

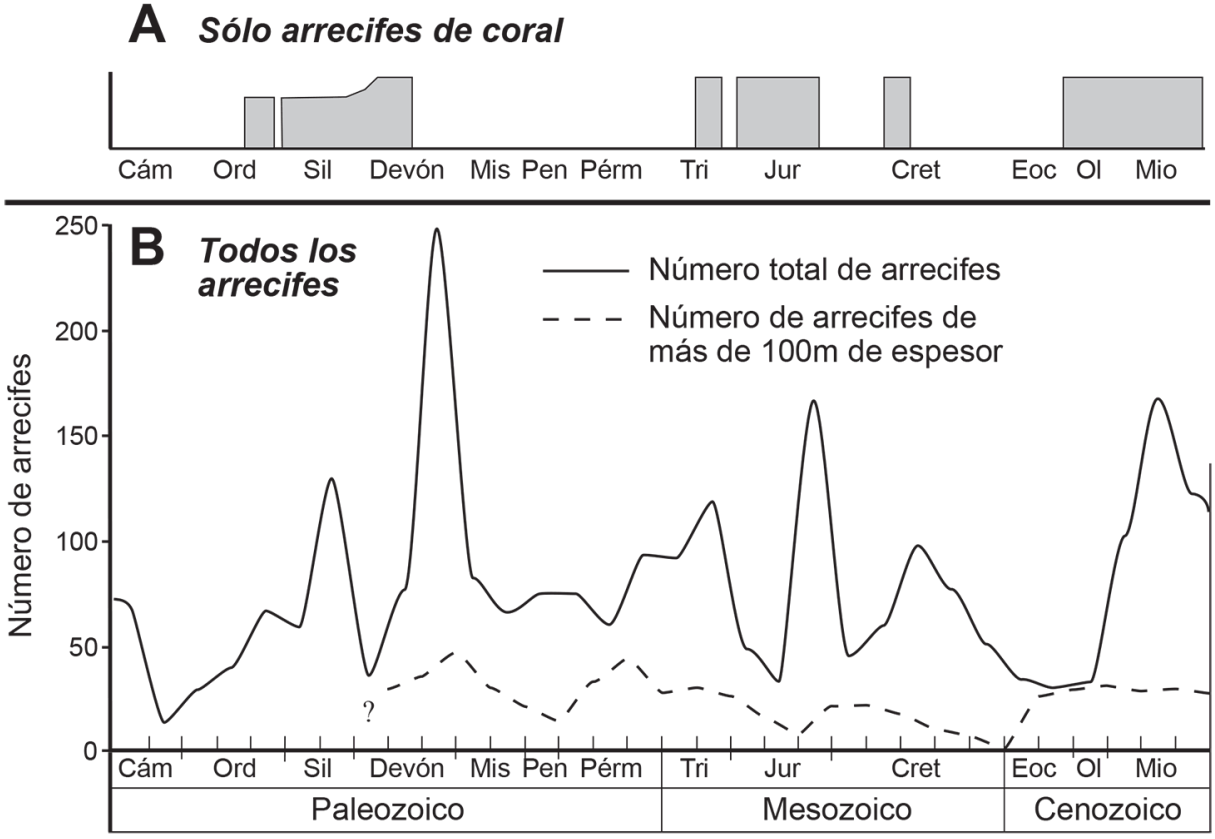


Figura 17.13. El número total de arrecifes que se reportan en las publicaciones científicas para cada período geológico (datos de James 1983; Kiessling et al. 1999). Reimpreso con permiso de Brand (2007a).

Algunos depósitos que alguna vez se interpretaron como arrecifes han sido reinterpretados como flujos de derrubios (detritos) u otras estructuras y no arrecifes.[30] Otros arrecifes fósiles todavía son interpretados como arrecifes en su posición de crecimiento. Generalmente, los arrecifes antiguos son mucho más pequeños que nuestros grandes arrecifes modernos (por ej., en el Océano Pacífico) y cualquiera que se haya formado in situ requeriría de algún tiempo y parecería ser indicador de una parte del registro que no se formó durante el año del diluvio. Sin embargo, tal vez podrían desarrollarse en un marco de tiempo de corta duración, pero no sabemos qué procesos los podrían haber hecho.

Los *estromatolitos* son estructuras como montículos formados por la acción de cianobacterias que comienzan a crecer sobre rocas u otros objetos y luego forman capa tras capa al juntar sedimento sobre la cianobacteria pegajosa o inducir la precipitación de carbonatos (fig. 17.14).[31] Estos también están distribuidos en todo el registro fósil. Presumiblemente lleva varios años para que crezca un estromatolito promedio. Por tanto, los verdaderos estromatolitos también parecen

indicar que la parte de la columna geológica que los contiene no se formó durante el año del diluvio. Una línea de investigación provechosa para los geólogos de corta edad sería estudiar minuciosamente los estromatolitos de diferentes partes del registro fósil para determinar si algunos de ellos no han sido seriamente malinterpretados.

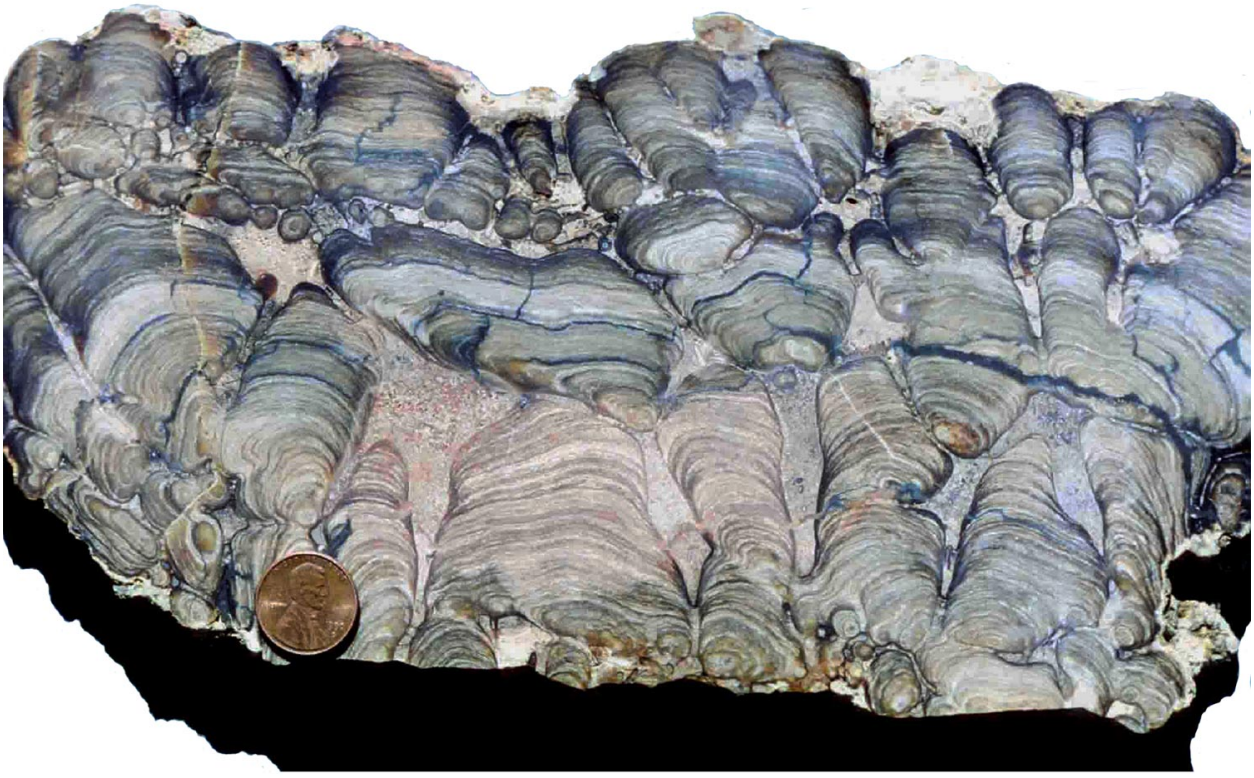


Figura 17.14. Corte transversal de un estromatolito. La cianobacteria comenzó a crecer sobre la superficie de la roca al pie de la foto y facilitó la formación de capa tras capa por encima de esto. Fotografía de Leonard Brand.

Se podrían incluir en esta sección otras áreas que parecen requerir largos períodos de tiempo incompatibles con el modelo de corta edad. Para aquellos de nosotros que tomamos este modelo seriamente, cada una de estas áreas es tanto un desafío como una oportunidad. Con el personal, el entrenamiento adecuado y los fondos necesarios, estas oportunidades prometen un futuro científico interesante y productivo.

Resumen 17-3

Interpretación de los sedimentos cíclicos, los lacolitos, la tectónica de placas, los arrecifes, y otros

Datos

Mediciones reales de caracteres sedimentarios y la identificación de minerales y demás. Las mediciones de las relaciones físicas entre los continentes. La medición de las velocidades del movimiento actual de los continentes. Las medidas del tamaño, ubicación geográfica y estratigráfica de los arrecifes, caracteres estructurales específicos, y otros.

Interpretación

La ciencia convencional: **Asume que la cosmovisión naturalista es correcta, y que los análogos geológicos modernos son adecuados para interpretar el registro antiguo. Las observaciones se interpretarán de acuerdo con esta suposición. Este punto de vista no brinda ningún incentivo para la búsqueda de interpretaciones alternativas siempre y cuando haya una interpretación que encaja con la cosmovisión naturalista. Esto puede resultar en interpretaciones superficiales.**

El intervencionismo: **Asume que el marco de tiempo de corta edad es aproximadamente correcto. Se espera que las condiciones en una catástrofe global sean muy diferentes de las del mundo moderno, y por tanto los análogos modernos no proveerán explicaciones confiables para muchos depósitos antiguos. Esto da incentivo para estudios más profundos de muchos de los caracteres geológicos.**

[1] G.B. Dalrymple, *The Age of the Earth* [*La edad de la tierra*] (Stanford, CA: Stanford University Press, 1991); F.M. Gradstein et al., *The Geologic Time Scale 2012* [*La escala geológica de tiempo 2012*] (Boston: Elsevier, 2012); G. Faure y T.M. Mensing, *Isotopes: Principles and Applications* [*Isótopos: principios y aplicaciones*], 3a ed. (Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2006).

[2] Faure y Mensing, *Isotopes*.

[3] R.H. Brown, "The Interpretation of C-14 Dates" ["La interpretación de los fechados con C-14"], *Origins* 6 (1979): 30-44.

[4] Brown, "Interpretation of C-14 Dates"; R.H. Brown, "C-14 Age Profiles for Ancient Sediments and Peat Bogs" ["Perfiles de edades de C-14 para sedimentos antiguos y turberas"], *Origins* 2 (1975): 6-18; R.H. Brown, "Implications of C-14 Age vs Depth Profile Characteristics" ["Implicaciones de edades de C-14 versus características de perfiles de profundidad"], *Origins* 15 (1988): 19-29; R.H. Brown, "Correlation of C-14 Age with the Biblical Time Scale" ["Correlación de edades de C-14 con la escala de tiempo bíblica"], *Origins* 17 (1990): 56-65; R.H. Brown, "Compatibility of Biblical Chronology with C-14 Age" ["Compatibilidad de la cronología bíblica con las edades de C-14"], *Origins* 21 (1994): 66-79.

[5] J. Baumgardner, "Carbon-14 Evidence for a Recent Global Flood and a Young Earth" ["Evidencia del carbono-14 para un diluvio global reciente y una tierra joven"], en *RATE II: Radioisotopes and the Age of the Earth* [*RATE II: los radioisótopos y la edad de la tierra*], ed. L. Vardiman, A. Snelling, y E.F. Chaffin, vol. 2, *Results of a Young-Earth Creationist Research Initiative* [*Resultados de una iniciativa de investigación creacionista de tierra joven*] (El Cajon, CA: Institute for Creation Research, 2005).

[6] Faure y Mensing, *Isotopes;* N.R. Shaffer y G. Faure, "Regional Variation of 87Sr/86Sr Ratios and Mineral Compositions of Sediment from the Ross Sea, Antarctica" ["Variación regional de la relación de 87Sr/86Sr y las composiciones minerales de sedimento del Mar de Ross, Antártida"], *Geological Society of America Bulletin* 87 (1976): 1491-500; R.H. Brown, "Mixing Lines– Considerations Regarding Their Use in Creationist Interpretation of Radioisotope Age Data" ["Líneas de mezcla– consideraciones con respecto a su uso en la interpretación creacionista de datos de datación con radioisótopos"], en *Proceedings of the Third International Conference on Creationism, Technical Symposium Sessions, Pittsburgh, Pennsylvania, July 18-23, 1994,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994), 123-30.

[7] Faure y Mensing, *Isotopes,* 360.

[8] Por ejemplo, A.D. Miall, *Principles of Sedimentary Basin Analysis* [*Principios de análisis de cuencas sedimentarias*], 2a ed. (New York: Springer, 1990), sec. 3.7.

[9] D. De Young, *Thousands… Not Billions* [*Miles… no millones*] (Green Forest, AZ: Master Books, 2005); L. Vardiman, A. Snelling, y E.F. Chaffin, eds., *Radioisotopes and the Age of the Earth: A Young-Earth Creationist Research Initiative* [*Radioisótopos y la edad de tierra: Una iniciativa de investigación creacionista de tierra joven*] (El Cajon, CA: Institute for Creation Research; Chino Valley, AZ: Creation Research Society, 2005).

[10] J.H. Jenkins et al., "Evidence of Correlations between Nuclear Decay Rates and Earth-Sun Distance" ["Evidencia de correlaciones entre las tasas de desintegración nuclear y la distancia entre la tierra y el sol"], *Astroparticle Physics* 32 (2009): 42; D. Javorsek II et al., "Power Spectrum Analyses of Nuclear Decay Rates" ["Análisis del espectro de fuerza de las tasas de desintegración nuclear"], *Astroparticle Physics* 34 (2010): 173-78.

[11] Miall, *Sedimentary Basin Analysis,* 129-32; R.F. Butler, *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes* [*Paleomagnetismo: de dominios magnéticos a terrenos geológicos*] (Boston: Blackwell Scientific, 1992).

[12] D.R. Humphreys, "Reversals of the Earth's Magnetic Field during the Genesis Flood" ["Inversiones del campo magnético de la tierra durante el diluvio del Génesis"], en *Proceedings of the First International Conference on Creationism,* ed. C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, vol. 2 (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1986), 113-25; D.R. Humphreys, "Physical Mechanism for Reversals of the Earth's Magnetic Field during the Flood" ["Mecanismo físico para las inversiones del campo magnético de la tierra durante el diluvio"], en *Proceedings of the Second International Conference on Creationism,* ed. C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, vol. 2 (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1990), 129-43.

[13] R.S. Coe, M. Prevot, y P. Camps, "New evidence for Extraordinarily Rapid Change of the Geomagnetic Field during a Reversal" ["Nueva evidencia de cambio extraordinariamente rápido del campo geomagnético durante una inversión"], *Nature* 374 (1995): 687; R. Monastersky, "Earth's Magnetic Field Follies Revealed" ["Se revelan disparates sobre el campo magnético de la tierra"], *Science News* 147 (1995): 244; S.W. Bogue y J.M.G. Glen, "Very Rapid Geomagnetic Field Change Recorded by the Partial Remagnetization of a Lava Flow" ["Un cambio muy rápido del campo geomagnético registrado en la remagnetización parcial de una colada de lava"], *Geophysical Research Letters* 37 (2010), doi:1029/201DGL044286; R.S. Coe et al., "Demise of the Rapid-Field-Change Hypothesis at Steens Mountain: The Crucial Role of Continuous Thermal Demagnetization" ["Deceso de la hipótesis del cambio rápido de campo en Steens Mountain: el rol crucial de una demagnetización termal continua"], *Earth and Planetary Science Letters* 400 (2014): 302-12; L. Sagnotti et al., "Extremely Rapid Directional Change during Matuyama-Brunhes Geomagnetic Polarity Reversal" ["Cambio direccional extremadamente rápido durante la inversión de la polaridad geomagnética de Matuyama-Brunhes"], *Geophysical Journal International* 199 (2014): 1110-24.

[14] A. Snelling, "More Evidence of Rapid Geomagnetic Reversals Confirms a Young Earth" ["Más evidencias de inversiones geomagnéticas rápidas confirman una tierra joven"], *Answers in Genesis,* Enero 8, 2015, https://answersingenesis.org/age-of-the-earth/more-evidence-rapid-geomagnetic-reversals-confirm-young-earth.

[15] R.H. Brown, "Amino Acid Dating" ["Datación con aminoácidos"], *Origins* 12 (1985): 8-25.

[16] Ibid.; R.H. Brown y C.L. Webster, "Interpretation of Radiocarbon and Amino Acid Data" ["Interpretación de datos del radiocarbono y de los aminoácidos"], *Origins* 18 (1991): 66-78.

[17] A.W. Archer y E.P. Kvale, "Seasonal and Yearly Cycles within Tidally Laminated Sediments: An example from the Pennsylvanian of Indiana, U.S.A." ["Ciclos estacionales y anuales en sedimentos laminados de mareas: un ejemplo del Pensilvánico de Indiana, U.S.A."], *Illinois Basin Study* 1 (1989): 45-56; M.A. Brown, A.W. Archer, y E.P. Kvale, "Neap-Spring Tidal Cyclicity in Laminated Carbonate Channel-Fill Deposits and Its Implications: Salem Limestone (Mississippian), South-Central Indiana, U.S.A." ["Ciclicidad de mareas vivas y muertas en depósitos de calizas laminadas en relleno de canales y sus implicaciones: Caliza de Salem (Misisípico), Sur-centro de Indiana, U.S.A."], *Journal of Sedimentary Research* 60 (1990): 152-59; A.W. Archer, G.J. Kuecher, y E.P. Kvale, "The Role of Tidal-Velocity Asymmetries in the Deposition of Silty Tidal Rhythmites (Carbonifeous, Eastern Interior Coal Basin, U.S.A." ["El rol de velocidades asimétricas de mareas en la depositación de ritmitas limosas de mareas (Carbonífero, Cuenca de Carbón del interior oriental, U.S.A.)"], *Journal of Sedimentary Research* 65A (1995): 408-16.

[18] H.P. Buchheim, "Paleoenvironments, Lithofacies and Varves of the Fossil Butte Member of the Eocene Green River Formation, Southwestern Wyoming" ["Paleoambientes, litofacies y varves del Miembro Fossil Butte de la Formación Green River, suroeste de Wyoming"], *Rocky Mountain Geology* 30 (1994): 3-14.

[19] R.E. Biaggi, "Paleoecology, Taphonomy and Paleoenvironments of a Unique Littoral Ecosystem within the Eocene Green River Formation, Southwestern Wyoming" ["Paleoecología, tafonomía y paleoambientes de un ecosistema litoral singular en la Formación Green River del Eoceno de Wyoming"], (Disertación doctoral, Loma Linda University, 2001).

[20] R.B. Alley, *The Two-Mile Time Machine: Ice Cores, Abrupt Climate Change, and Our Future* [*La máquina del tiempo de dos millas: testigos de hielo, cambio climático abrupto, y nuestro futuro*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000).

[21] S. Pittman, "Ancient Ice" ["Hielo antiguo"], http://www.detectingdesign.com/ancientice.html.

[22] Z. Jaworowski, "Ancient Atmosphere– Validity of Ice Records" ["La atmósfera antigua– la validez de los registros del hielo"], *Environmental Science and Pollution Research International* 1 (1994): 161-71, doi:10.1007/bf02986939.

[23] A. Snelling y J. Woodmorappe, "The Cooling of Thick Igneous Bodies on a Young Earth" ["El enfriamiento de gruesos cuerpos ígneos en una tierra joven"], en *Proceedings of the Fourth International Conference on Creationism,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1998), 527-45.

[24] J.I. Imbrie y K.P. Imbrie*, Ice Ages: Solving the Mystery* [*Las edades de hielo: resolviendo el misterio*] (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979).

[25] J.D. Cooper, R.H. Miller, y J. Patterson, *A Trip through Time: Principles of Historical Geology* [*Principios de geología histórica*], 2a ed. (Columbus, OH: Merrill, 1990), cap. 1; J.S. Monroe y R. Wicander, *Physical Geology: Exploring the Earth* [*Geología física: explorando la tierra*] (New York: West, 1992), cap. 13; S.M. Stanley, *Exploring Earth and Life through Time* [*Explorando la tierra y la vida a través del tiempo*] (New York: Freeman, 1993), caps. 6 y 7; W.K. Hamblin y E.H. Christiansen, *Earth's Dynamic Systems* [*Los sistemas dinámicos de la tierra*], 7a ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995), 18-22, cap. 3; N. Oreskes y H.E. LeGrand, *Plate Tectonics: An Insider's History of the Modern Theory of the Earth* [*La tectónica de placas: La historia de una persona enterada sobre la teoría moderna de la tierra*] (Boulder, CO: Westview, 2001).

[26] B. Burchfiel, "New Technology: New Geological Challenges" ["Nueva tecnología: nuevos desafíos geológicos"], *GSA Today* 14 (2004): 4-9.

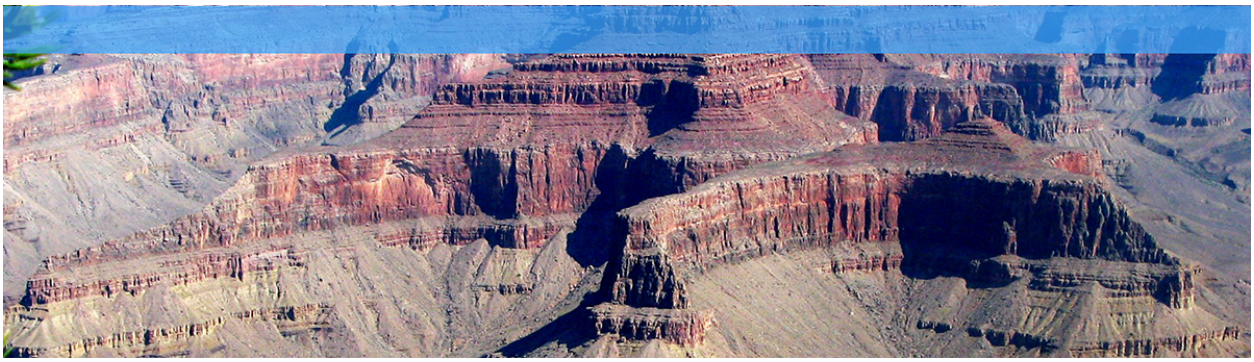
[27] J. Baumgardner, "Numerical Simulation of the Large-Scale Tectonic Changes Accompanying the Flood" ["Simulación numérica de los cambios tectónicos a gran escala que acompañaron el diluvio"], en *Proceedings of the First International Conference on Creationism,* ed. C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, vol. 2 (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1986), 17-31; J. Baumgardner, "3-D Finite Element Simulation of the Global Tectonic Changes Accompanying Noah's Flood" ["Una simulación de elemento finito en 3-D de los cambios tectónicos globales que acompañaron el diluvio de Noé"], en *Proceedings of the Second International Conference on Creationism,* ed. C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, vol. 2 (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1990), 35-45; J. Baumgardner, "3-D Numerical Investigation of the Mantle Dynamics Associated with the Breakup of Pangea" ["Investigación numérica en 3-D de la dinámica del manto asociada con la ruptura de Pangea"], *American Geophysical Union 1992 Annual Fall Meeting; Diciembre 7-11, 1992; San Francisco, CA, Eos Supplement, AGU Transactions* 73 (1992): 576; J. Baumgardner, "Thermal Runaway in the Mantle" ["Desenfreno termal en el manto"], resumen, *American Geophysical Union, Eos Supplement, AGU Transactions* 75 (1994): 687; J. Baumgardner, "Computer Modeling of the Large-Scale Tectonics Associated with the Genesis Flood" ["Modelación computacional de la tectónica a gran escala asociada con el diluvio del Génesis"], en *Proceedings of the Third International Conference on Creationism,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994), 49-62; J. Baumgardner, "Runaway Subduction as the Driving Mechanism for the Genesis Flood" ["Subducción desenfrenada como el mecanismo impulsor para el diluvio del Génesis"], en *Proceedings of the Third International Conference on Creationism,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994), 63-75.

[28] S. Austin et al., "Catastrophic Plate Tectonics: A Global Flood Model of Earth History" ["Una tectónica de placas catastrófica: un modelo de un diluvio global para la historia de la tierra"], en *Proceedings of the Third International Conference on Creationism,* ed. R.E. Walsh (Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994), 609-21.

[29] H.E. Cook et al., "Allochthonous Carbonate Debris Flows at Devonian Bank ("Reef") Margins, Alberta, Canada" ["Flujos de derrubios alóctonos de carbonato en los márgenes del Devonian Bank ('arrecife'), Alberta, Canadá"], *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 20 (1972): 439-97; E.W. Mountjoy, "Allochthonous Debris Flows: Worldwide Indicators of Reef Complexes, Banks or Shelf Margins" ["Flujos de derrubios alóctonos: Indicadores globales de complejos de arrecifes, bancos, o márgenes de plataforma"], en *Stratigraphy and Sedimentology, International Geological Congress, 24th session* (1972), 172-89; P.J. Conaghan et al., "Nubrigyn Algal Reefs (Devonian), Eastern Australia: Allochthonous Blocks and Megabreccias" ["Arrecifes algales de Nubrigyn (Devónico), este de Australia: bloques alóctonos y megabrechas"], *Geological Society of America Bulletin* 87 (1976): 515-30.

[30]Cook et al., "Allochthonous Carbonate Debris Flows".

[31] Cooper, Miller y Patterson, *Trip through Time,* 229-33; Stanley, *Exploring Earth and Life,* 70-71.



Capítulo 18

Evidencias de una geología de corta edad

Reseña

La geología de corta edad enfrenta algunos desafíos, como vimos en el capítulo 17, pero hay otros tipos de evidencia que señalan en la otra dirección, dado que son difíciles de reconciliar con los millones de años en la geología convencional. Hay procesos de erosión y acumulación de sedimento que funcionan demasiado rápido para esos largos períodos de tiempo. Algunos son bastante catastróficos y difíciles de explicar por los procesos que se observan en la tierra ahora. Por otro lado, no existe el suficiente volumen de rocas sedimentarias para ocupar los millones de años. Muchos depósitos geológicos están distribuidos geográficamente sobre extensiones tan amplias que parece reclamar explicaciones catastróficas e incluso globales. La naturaleza de rocas específicas y sus depósitos de fósiles también parecen indicar períodos cortos de tiempo. ¿Por qué tanto del registro geológico ocurre como estratos específicos, cuando tales capas al formarse en el mundo moderno generalmente son destruidas por animales que las excavan? Estas y otras evidencias no refutan la escala de tiempo geológico, pero la tornan insatisfactoria. Para aquellos que están dispuestos a cuestionar las suposiciones naturalistas, un creciente cuerpo de evidencia levanta dudas sobre la geología convencional.

Este capítulo enumera varios de los tipos importantes de evidencia que apoyan fuertemente o por lo menos favorablemente una escala de tiempo geológico de corta edad. El objetivo no es comprobar el diluvio o refutar la geología convencional, sino más bien desarrollar aún más una teoría de corta edad.[1]

Del uniformismo de Lyell al catastrofismo

Alrededor de un siglo después de Charles Lyell, no se les daba ninguna consideración seria a las interpretaciones catastróficas de los datos geológicos por sobre los dos o tres niveles inferiores en la figura 18.1. Lyell reaccionó contra los geólogos catastrofistas de su época, y sus explicaciones de la geología no permitían ninguna interpretación catastrófica en la geología. Esa restricción fue un dogma durante un siglo, hasta que finalmente, los datos que se acumulaban forzaron una reconsideración, y la tendencia reciente de aceptar más interpretaciones catastróficas se mueve en la dirección predicha por los geólogos de corta edad.

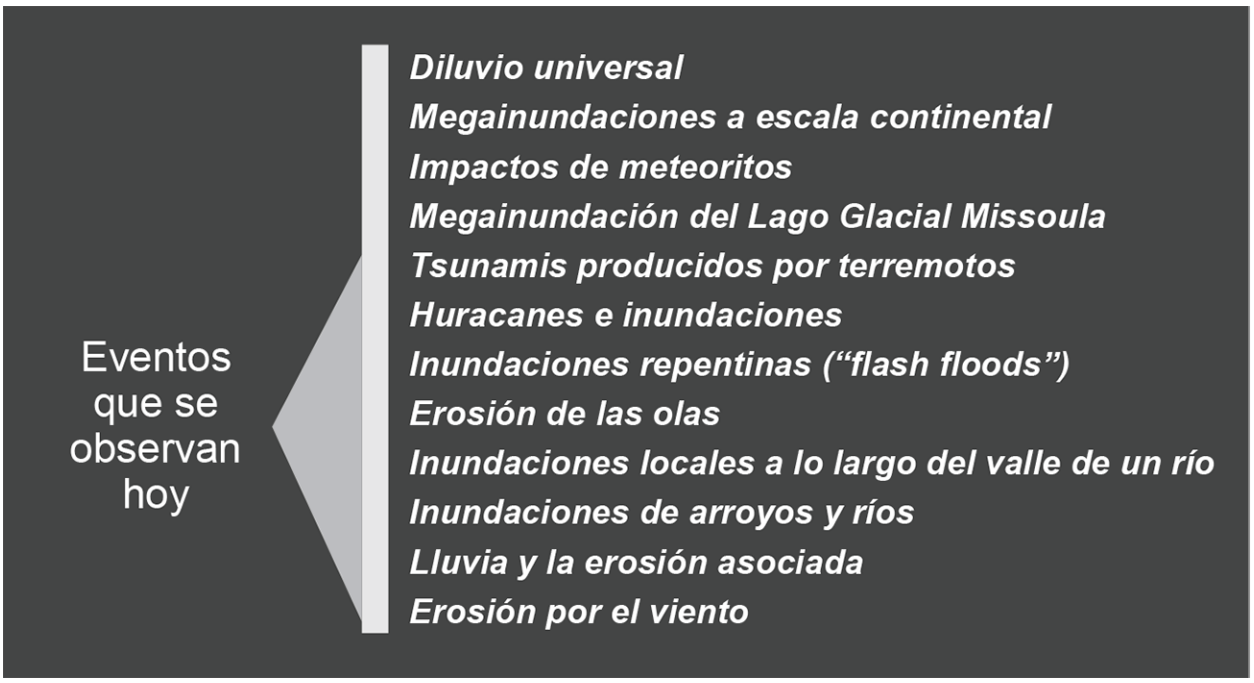


Figura 18.1. Secuencia de niveles crecientes de procesos catastróficos. Ilustración de Leonard Brand.

La pregunta importante es si la evidencia que se está acumulando favorecerá una continuada y fuerte tendencia en esa misma dirección o se frenará justo antes de señalar una extensa catástrofe a escala global. La geología de corta edad no descarta ninguna de las posibilidades en la figura 18.1 y sugiere que los datos para alguna porción del registro geológico se interpretan mejor con el nivel más alto de acción catastrófica.

El estudio de los Channeled Scablands en el estado de Washington por el geólogo J. Harlen Bretz fue un episodio heroico que comenzó a quebrar el dominio del gradualismo rígido de Lyell en la geología.[2] Esta red de canales en el este de Washington está excavada unos 300 metros en la roca dura que compone el Basalto del Río Columbia. Bretz vio evidencia de que esto fue resultado de la acción de una inundación cataclísmica. A pesar de la determinada resistencia a su hipótesis por más de dos décadas, finalmente se hizo claro que Bretz estaba en lo correcto y que Lyell se había equivocado. Los canales de los Scablands se excavaron por el drenaje repentino de cerca de 2085 kilómetros cúbicos de agua del lago glacial Missoula (fig. 14.14) cuando un dique glacial de hielo se rompió.[3] La aceptación de la realidad de ese evento, la gran inundación de Spokane, abrió el camino para el reconocimiento de otros eventos catastróficos en la historia geológica que previamente se habían pasado por alto.[4]

En 1966, cerca de Islandia en el Océano Atlántico, apareció una nueva porción de tierra cuando un volcán alcanzó a salir por sobre el agua y formó la isla de Surtsey.[5] Un geólogo que visitó la isla justo después que se formó, comentó que procesos que usualmente tardan miles de años, en Surtsey ocurrieron en días o semanas. La razón es por lo menos aparente en parte. La isla se formó en el océano con una continua acción de las olas, excavando acantilados y formando playas y otras características geológicas. Surtsey nos muestra cuán rápidamente pueden producirse algunos procesos geológicos en la presencia abundante de energía del agua y un suministro abundante de sedimento, y esto sería el caso en una catástrofe global.

Flujos de densidad

Cuando una masa subacuática de sedimento se torna inestable debido a que el ángulo de reposo está muy empinado o a lo mejor desencadenado por un terremoto, el sedimento comienza a moverse cuesta abajo, y mientras lo hace, las partículas de sedimento se suspenden en la columna de agua (licuefacción). En este momento, la masa suspendida de sedimento se comporta como un fluido denso y fluye rápidamente cuesta abajo. Tal flujo de densidad se denomina una corriente de turbidez. El flujo entonces va viajando y al moverse, deposita una capa de sedimento llamada una turbidita. Las turbiditas (fig. 18.2) son un rasgo común e importante del registro geológico.[6]

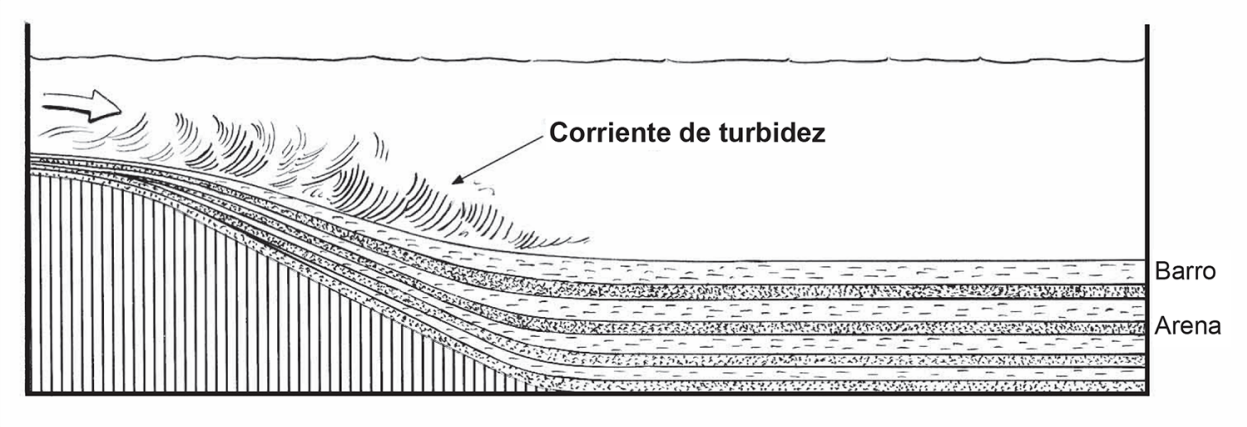


Figura 18.2. Corte transversal a través de un flujo de turbidez y la turbidita resultante. Ilustración de Leonard Brand.

Las corrientes de turbidez pueden desplazarse hacia abajo en las pendientes de muy poco ángulo o aún sobre un nivel horizontal luego de cobrar impulso. En la desembocadura de algunos ríos grandes, estas corrientes han producido áreas submarinas modernas de turbiditas que cubren miles de kilómetros cuadrados. Abanicos submarinos de turbiditas y otros flujos de sedimento cubren 31 mil kilómetros cuadrados más allá de la desembocadura del río Mississippi, 21 mil kilómetros cuadrados en el río Hudson y 52 mil kilómetros cuadrados en el río Congo y se ha identificado una sola turbidita que cubre casi 9500 kilómetros cuadrados.[7] Desde el descubrimiento de las turbiditas, muchos miles de depósitos sedimentarios se han reinterpretado como turbiditas.[8] Las turbiditas son compatibles con la geología convencional y también son coherentes con la deposición rápida que se esperaría en una geología de corta edad.

Las megabrechas son depósitos sedimentarios en los cuales las rocas angulares (clastos) más grandes que un metro de diámetro ocurren en una matriz de material más fino y rocas más pequeñas, que pueden o no ser angulares. Chadwick hizo una revisión de las publicaciones sobre una cantidad de depósitos de megabrechas muy impresionantes, que se explican con más facilidad por la teoría de corta edad.[9] Los científicos creen que la mayor parte de estos depósitos ocurrió bajo agua donde la flotabilidad podría reducir el peso de las rocas en un tercio y de ese modo reducir la fricción. Algunas secuencias de turbiditas tienen, asociadas con ellas, clastos muy grandes, de más de un metro de diámetro. Estos enormes clastos aparentemente se movieron por la fuerza de la gravedad.

Los flujos de derrubios son más lentos y fluyen sin tanto líquido, además no requieren una pendiente pronunciada y pueden arrastrar clastos de tamaño

aparentemente ilimitado. La tabla 18.1 enumera una lista de una cantidad de ejemplos impresionantes de bloques exóticos que han sido desplazados grandes distancias, a menudo decenas de kilómetros y hasta varios cientos de kilómetros.[10]

Tabla 18.1. Grandes bloques exóticos movidos por flujos de derrubios o deslizamientos.

Ubicación	Posición Estratigráfica	Tamaño de los bloques
Perú	Eoceno	10-15 m de diámetro, 5000 ton métricas
Texas	Paleozoico	30 m de diámetro
Oklahoma	Pensilvánico	100 m de diámetro
Venezuela	Cenozoico	100 m de diámetro, 30 m de espesor, 1 km de largo, más de 100 m de espesor
Timor	Mioceno	800 m de diámetro
Suiza	Cenozoico	500 m de largo, algunos invertidos
Arabia	Cretácico	1600 km^2, 1000 m de espesor
Australia	Devónico	Arrecife algáceo de hasta 1 km de ancho
Italia	Cenozoico	Bloques de 200 km^2, algunos invertidos
Grecia	Cenozoico	Hasta kms de largo, muchos invertidos

No ocurre nada excepto en una catástrofe

En 1869, el geólogo John Wesley Powell y sus hombres fueron las primeras personas que viajaron en un barco a través del Gran Cañón (del Río Colorado). En un viaje posterior en 1871, tomaron muchas fotografías. En 1968, otro geólogo, E.M. Shoemaker, realizó el mismo viaje y pudo localizar muchas de las mismas posiciones de cámara desde las que Powell sacó sus fotos. La comparación entre los dos juegos de fotografías que se tomaron 97 años aparte indica que en casi todas las áreas ha ocurrido muy poco cambio desde ese tiempo.[11]

La mayor parte de las mismas rocas están en las mismas posiciones con las mismas grietas que tenían en 1871. Sin embargo, un par de fotos en particular de el

mismo lugar en un brazo del Gran Cañón muestran un cambio dramático. A lo largo del río se removió un gran volumen de roca, y aparecen otros nuevos y grandes depósitos. Este cambio ocurrió recientemente durante una inundación repentina única. Estas observaciones hicieron que Shoemaker titulara la presentación en su seminario "En el Gran Cañón no ocurre nada excepto durante una catástrofe". Este es solo un ejemplo del reconocimiento general de que muchos rasgos geológicos se forman rápidamente, y luego pasa muy poco hasta la siguiente catástrofe. La teoría de corta edad va más allá y sugiere que, en partes del registro geológico, hubo muy poco tiempo entre esas catástrofes.

Las tasas modernas de erosión y sedimentación

Ariel Roth presentó datos que indican que las tasas de sedimentación en el océano y de la erosión de los continentes son inconsistentes con la escala del tiempo geológico.[12] La cantidad de sedimentos que se erosionan de los continentes y se depositan en los océanos puede estimarse a partir de mediciones de la carga de sedimento en los ríos principales. Los cálculos oscilan de 8 a 58 mil millones de toneladas métricas por año. A partir de este tipo de datos, las estimaciones del tiempo requerido para erosionar nuestros continentes hasta el nivel del mar varían de 10 a 34 millones de años, con 10 millones de años como una cifra ampliamente aceptada en la literatura geológica.[13] Las tasas más altas incluyen ajustes para el supuesto incremento en tasas de erosión recientes causadas por las prácticas agrícolas humanas. Aún las tasas de erosión más lentas son difíciles de reconciliar con la teoría geológica corriente ya que nuestros continentes no han sido erosionados hasta el nivel del mar como debieran, varias veces en 500 millones de años. Además, todavía hay cadenas montañosas como los Apalaches en Norteamérica que han estado aquí por como 300 millones de años, según las dataciones radiométricas, suficiente tiempo como para haberlas destruido con la erosión muchas veces.

La sugerencia de que las montañas todavía existen a causa del continuo levantamiento continental desde abajo no parece ser una explicación adecuada.[14] Si el levantamiento de los continentes hubiera sido suficiente como para respaldar un ciclo tal de erosión y sedimentación continua, las partes inferiores de la columna geológica ya se habrían destruido, lo cual claramente no es el caso. Por otro lado, si solo las montañas se hubieran estado elevando continuamente, los sedimentos depositados a lo largo de las laderas de las montañas lo mostrarían, ya que serían levantados junto con las montañas. La continuidad del registro geológico a través del Fanerozoico parece decirnos que no hubo ninguna serie de ciclos de erosión y levantamiento adecuados para poder dar cuenta de la discrepancia entre las tasas de

erosión actuales y la existencia de los continentes y montañas. Si en el pasado los climas fueron más secos que en el presente, las tasas de erosión hubieran sido un poco menores. Pero parece más probable que en el pasado las condiciones promedio hayan sido más húmedas.

A medida que los ríos erosionan los continentes, el sedimento finalmente termina en el océano. Cálculos conservadores de la cantidad de sedimento que llega al océano indican que las cuencas oceánicas se llenarían de sedimento en unos 114 a 178 millones de años.[15] Esto no ha sucedido. En grandes áreas de las cuencas oceánicas, el espesor de los sedimentos tiene un promedio de solo unos pocos cientos de metros. Los deltas de ríos principales no son ni por lejos tan grandes como lo deberían ser. Una solución que se sugiere a este problema es que los sedimentos son subducidos a las profundas fosas submarinas y llevadas hacia el manto junto a los bordes de las placas, como propone el modelo de tectónica de placas. Sin embargo, la subducción no ocurre con suficiente rapidez como para mantenerse al ritmo del flujo de sedimentos a los océanos. Además, los sedimentos que provienen de los grandes ríos de la tierra no se depositan en cuencas que contienen zonas de subducción. Las tasas de erosión de los continentes y la acumulación de sedimentos en los océanos parecen ajustarse mejor a un registro Fanerozoico mucho más joven del que acepta actualmente la teoría convencional.[16]

Las tasas antiguas de sedimentación

El espesor promedio de los sedimentos del Fanerozoico sobre la tierra es de 1500 a 2000 metros, aunque en algunos lugares es mucho más grueso. Si para calcular la tasa de sedimentación durante el Fanerozoico, usamos la figura más grande, haciendo el cálculo con el tiempo determinado radiométricamente, la tasa de sedimentación sería 0,001 cm por año. Eso compara pobremente con las tasas de sedimentación de alrededor de un cm por año en las cuencas de deposición modernas. ¿Por qué la tasa antigua es tres órdenes de magnitud más lenta que la tasa moderna? Si el presente es la clave del pasado, entonces las tasas de sedimentación a través de la historia geológica debieron ser como de la misma magnitud que las tasas modernas. Si eso fuera verdad, debería existir muchas veces más sedimento antiguo de lo que encontramos en la columna geológica. Parece haber demasiado poco sedimento antiguo.

Un estudio clásico comparó las tasas de erosión durante varios segmentos de tiempo desde una inundación repentina hasta tasas antiguas que se miden a través de millones de años (asumiendo los fechados radiométricos).[17] Los resultados indican que las tasas de sedimentación en el registro geológico son solo una pequeña fracción del sedimento que se hubiera pronosticado desde las tasas

modernas de sedimentación promediadas sobre unos pocos años (fig. 18.3). Peter Sadler y otros sugieren una respuesta para esto– originalmente se depositó mucho más sedimento, pero la mayor parte se erosionó antes del siguiente episodio de sedimentación, o si no, luego de breves episodios de sedimentación hubo largos intervalos de inactividad.[18] En la figura 18.4 se muestra la hipótesis de Brett y Baird para explicar el sedimento que falta, y representa la solución dominante en la comunidad geológica para este fenómeno.[19] Ellos proponen que ocurrieron muchos episodios de sedimentación significativa, pero que en cada episodio, el sedimento extra se erosionó y por lo tanto no se conservó en las rocas. Si este proceso repetitivo de reciclaje fuera el correcto, las tasas reales de sedimentación antigua podrían coincidir con la cantidad de sedimento conservado y solo *parecer* demasiado lenta cuando se mide sobre millones de años.

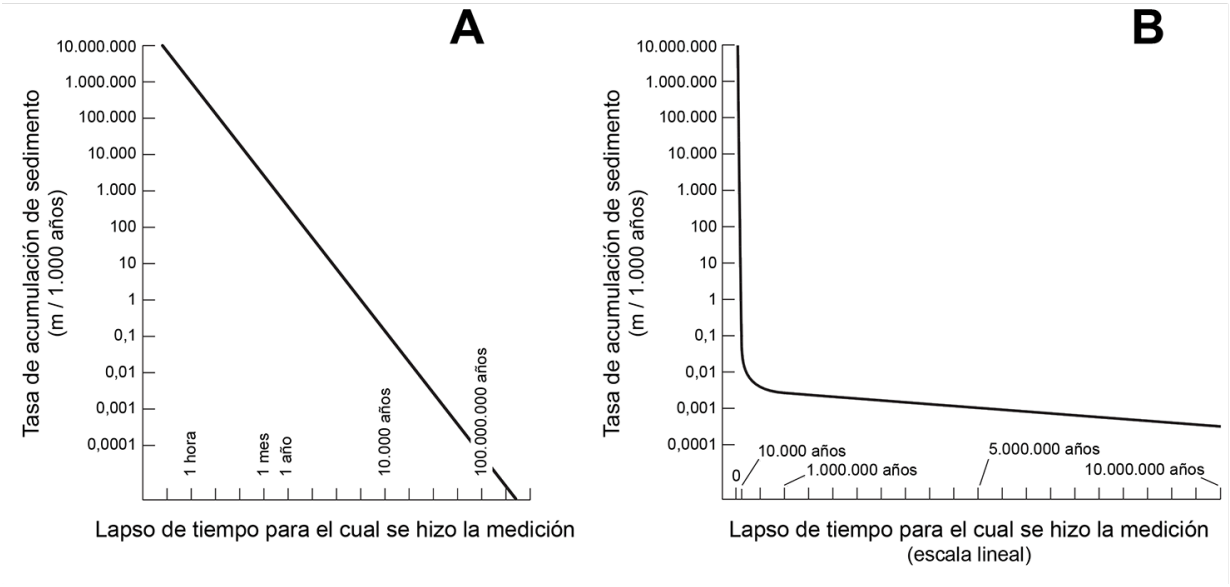


Figura 18.3. La relación entre las tasas de sedimentación y el período de tiempo sobre el cual fueron medidas. (A) Un gráfico de las tasas de sedimentación promedio de Sadler (1981), sobre la misma escala log/log que él usó. (B) Un gráfico de los mismos datos, pero con el tiempo trazado en una escala lineal. Ilustración de Leonard Brand.

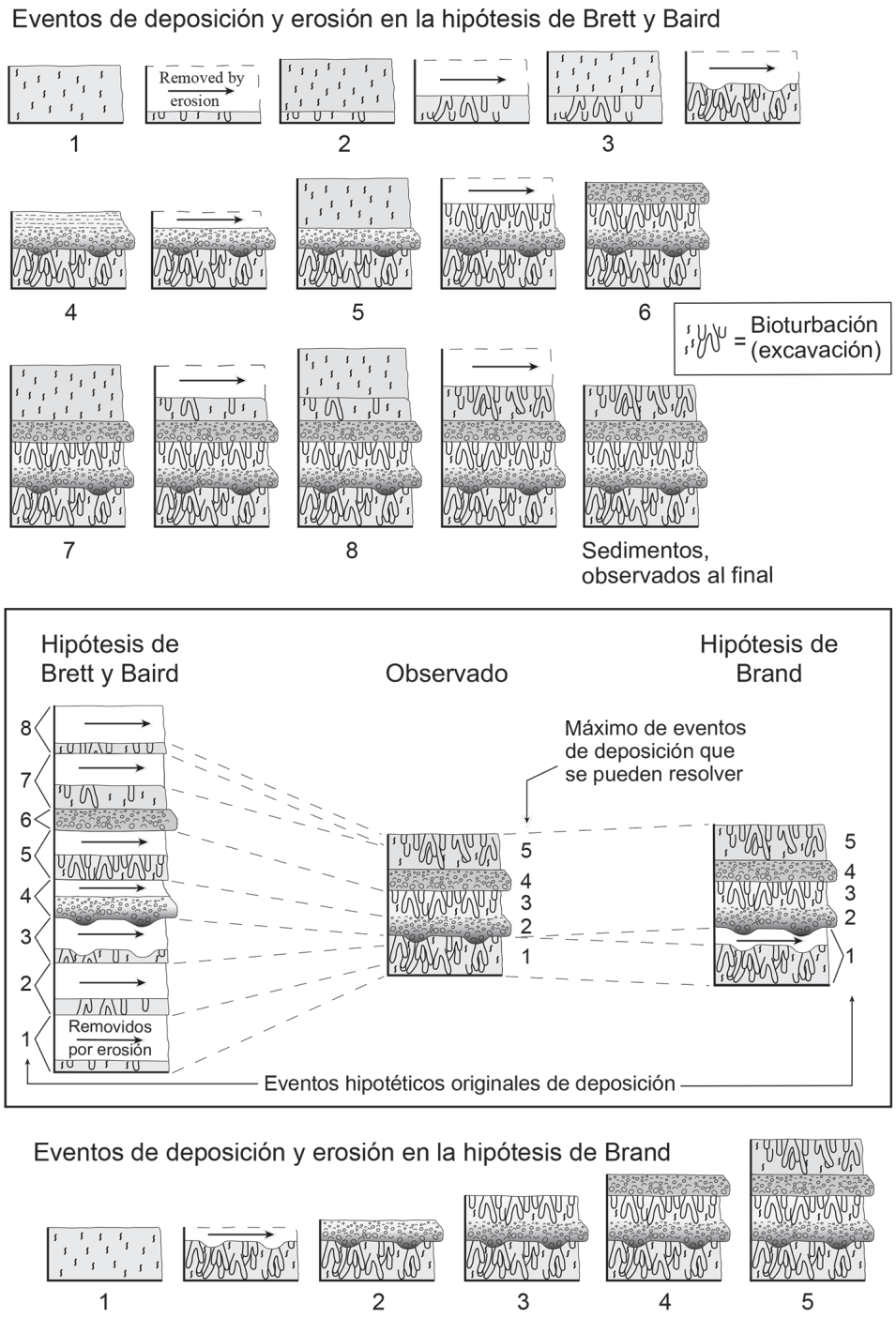


Figura 18.4. Comparación de dos modelos para explicar la escasez de sedimento en la columna geológica. Los diagramas en los recuadros muestran la cantidad hipotética original de sedimento depositado para cada modelo y (centro) el registro sedimentario observado. En el modelo de Brett y Baird (diagrama modificado de Brett y Baird 1986), hubo episodios sucesivos

de sedimentación, seguidos por erosión de parte del sedimento antes del siguiente evento de sedimentación. Una extensa excavación por animales bioturbadores obliteraron algunos de los contactos entre las capas sedimentarias por lo que las capas individuales no se distinguen. En el modelo de Brand, no se asume ninguna erosión excepto cuando lo indica alguna evidencia definitiva. Las secuencias de los dibujos por sobre y debajo de la caja muestran la secuencia de eventos en cada modelo. Los números indican eventos de deposición, y las flechas indican la erosión del sedimento delineada con líneas de puntos. Ilustración de Leonard Brand.

No obstante, ¿qué pasaría si la cantidad de tiempo no fue cientos de millones de años? En este caso, las tasas calculadas para el Fanerozoico, basadas en los datos de Sadler, estarían equivocadas, porque la cantidad de tiempo no es correcta. Si en lugar de un período de tiempo tan largo, una buena parte de los depósitos sedimentarios se acumularon en una catástrofe global de un año y las lentas repercusiones que ocurrieron después, a lo mejor las tasas de sedimentación antigua serían 200 mil veces más rápidas que las tasas modernas y serían coherentes con la cantidad real de sedimentos que existen.

En la teoría representada a la izquierda en la figura 18.4, el sedimento que falta es hipotético (una hipótesis ad-hoc), requerida por el marco de tiempo geológico pero que no indica la evidencia física. Este sedimento hipotético adicional no es necesario en una geología de corta edad. Podemos sugerir que el sedimento existente generalmente está bastante cerca de lo que se depositó originalmente, excepto cuando existe evidencia específica de una discordancia erosional significativa. Esto se ilustra en la figura 18.4 a la derecha.

La propuesta de que las tasas de sedimentación fueran 200 mil veces más rápidas que las tasas modernas podría parecer absurda, pero no es necesariamente así. Guy Berthault y sus colegas calcularon las tasas de sedimentación necesarias para ciertos sedimentos antiguos con el fin de dar cuenta de los procesos que podrían mover los sedimentos a su sitio de deposición y producir las estructuras sedimentarias en la roca.[20] Esto requiere tasas que son de dos mil a diez millones de veces más altas que las tasas calculadas de fechados radiométricos. Esto es coherente con eventos de deposición que son seriamente catastróficos.

A nosotros nos parece, a partir de la literatura y de nuestro propio estudio, que existe evidencia significativa en las rocas que requiere tasas de procesos geológicos que son demasiado rápidas para la teoría convencional que se basa en la escala de tiempo radiométrico. A continuación, resumiremos algunos ejemplos adicionales de esta evidencia.

Resumen 18-1

Las tasas de sedimentación antigua

Datos

Las tasas de sedimentación antigua, calculadas a partir del espesor del sedimento dividido por el tiempo tal como se mide de las edades radiométricas. Las tasas de sedimentación antigua, calculadas de la misma manera, pero usando el marco de tiempo bíblico. Las tasas de sedimentación antigua, basadas en la tasa necesaria para explicar los caracteres sedimentarios.

Interpretación

La ciencia convencional: **Comienza asumiendo que el tiempo radiométrico es correcto. Siendo que hay demasiado poco sedimento, se propone una hipótesis que lo explique (la hipótesis aceptable es que hubo muchos episodios de erosión, para los cuales no hay ninguna evidencia).**

El intervencionismo: **Debido a que la tasa de sedimentación calculada es cercana a la esperada, no se necesita ninguna hipótesis especial. Se plantea que las tasas de sedimentación durante el diluvio eran tan rápidas como las tasas de las modernas inundaciones repentinas.**

Los intervalos geológicos (brechas) con poca o ninguna erosión

Ahora consideraremos un aspecto diferente de la erosión que se relaciona con el paso de enormes cantidades de tiempo. Una parte dada de una superficie continental siempre está experimentando uno de dos procesos posibles: o es una zona de altas tierras que se erosionan o es una cuenca en la cual se depositan los sedimentos. Donde ocurre la erosión, ésta talla la tierra dejando una topografía

irregular cuando el agua busca el camino de menor resistencia en su tránsito cuesta abajo. Con este concepto en mente, echemos otro vistazo a las tasas de sedimentación que discutimos antes (fig. 18.4).

Tjeerd van Andel consideró con desconcierto por qué los ciclos hipotéticos de reciclado de sedimentos o la inactividad típicamente no dejan un registro que pueda detectarse.[21] Debería existir alguna evidencia de erosión, formación de suelo, o excavación por animales bioturbadores, sin embargo, la falta general de tal evidencia es tipificada por un depósito que él estudió en Venezuela. Dos mantos delgados de carbón separados por treinta centímetros de arcilla gris pertenecen respectivamente al Paleoceno inferior y al Eoceno superior. “Los afloramientos eran excelentes, pero ni siquiera la inspección más cuidadosa logró descubrir la posición exacta de ese intervalo (un hiato o brecha) de 15 millones de años”.[22] Recuerden que esos 15 millones de años hubieran sido suficientes para erosionar todo un continente hasta el nivel del mar.

En el registro geológico existen muchos niveles conocidos que muestran evidencia de erosión y/o levantamiento de los sedimentos antes de que las siguientes capas fueran depositadas. Estas se llaman discordancias. Pero los comentarios de van Andel van dirigidos a la falta significativa de evidencia de las brechas erosivas en el registro que permanece después que las evidentes discordancias han sido documentadas.[23] La aceptación de la escala estándar del tiempo geológico es lo que hace que estos datos sean desconcertantes. Si estamos dispuestos a que esa escala de tiempo sea una hipótesis a ser verificada, la explicación más simple y directa de los datos presentados por Sadler y van Andel es que no ha transcurrido ni por lejos tanto tiempo en el registro geológico.

Los datos resumidos por Roth amplían enormemente la naturaleza del problema anterior donde los hiatos o brechas en el registro geológico, que se cree representan millones de años entre dos formaciones sedimentarias consecutivas muestran poca o ninguna evidencia de que ocurriera erosión o deposición durante ese período (las brechas o hiatos a veces se denominan paraconformidades).[24] La Formación Ogallala del Plioceno (una antigüedad de 2-5 millones de años) yace directamente encima de la Formación Trujillo del Triásico (208 millones de años) sobre un área de unos 150 mil kilómetros cuadrados en el centro de Estados Unidos. Si realmente pasaron 200 millones de años antes de que se cubriera la Formación Trujillo, deberían haberse erosionado los valles, formado barrancos y hasta cañones, además de la formación de suelo y el crecimiento de plantas. De hecho, como se indicó más arriba, toda la Formación Trujillo y el resto de Norteamérica se debería haber erosionado completamente. Sin embargo, el contacto entre ambas formaciones es muy plano y con muy poca evidencia de erosión a pesar de la existencia de unidades blandas en la Formación Trujillo que deberían haberse erosionado fácilmente.

Si este fenómeno fuera aislado y escaso, podríamos pasarlo por alto como una rareza que no concierne a una explicación general del registro. Sin embargo, con frecuencia, el mismo tipo de evidencia se encuentra en la columna geológica en todo el mundo.[25] La figura 18.5 compara la erosión que podría esperarse si hubieran pasado largos períodos de tiempo entre las formaciones sedimentarias, con lo que se observa en el registro geológico, especialmente en el Paleozoico y Mesozoico, que muestra una erosión mínima entre las formaciones. Algunos canales de erosión son evidentes, pero la cantidad de relieve es sorprendentemente pequeña comparada con la topografía moderna producida por la erosión con el paso del tiempo.

La figura 18.6 es un corte transversal a través del sudeste de Utah, ilustrando cuán comunes son estos hiatos o brechas en un área estudiada. Los presuntos intervalos de tiempo se muestran en negro. En realidad, las formaciones yacen una sobre la otra a lo largo de grandes extensiones sin erosión significativa entre ellas. Son capas extensas, relativamente delgadas. La tabla 18.2 enumera una cantidad adicional de ejemplos del mismo fenómeno.

Tabla 18.2. Unas pocas de las paraconformidades, los hiatos o brechas de tiempo que se observan en el registro geológico (con poca evidencia de erosión, se da la ubicación, duración del intervalo, edad geológica del intervalo o de las formaciones arriba y debajo del hiato). De Roth 1988.

Texas	16 millones de años	Tecovas (Triásico Tardío)/ Quartermaster (Pérmico)
Gran Cañón	+100 millones de años	Temple Butte (Devónico)/ Muav (Cámbrico)
Utah	10 millones de años	Glen Canyon (Triásico)/ Moenkopi (Triásico)
Utah	20 millones de años	Moenkopi (Triásico)/ Kaibab (Pérmico); cubre 250.000 km^2
Australia	5 millones de años	Superficie superior de Bulli coal (carbón de Bulli); cubre 90.000 km^2
Suiza	35 millones de años	Cretácico Superior

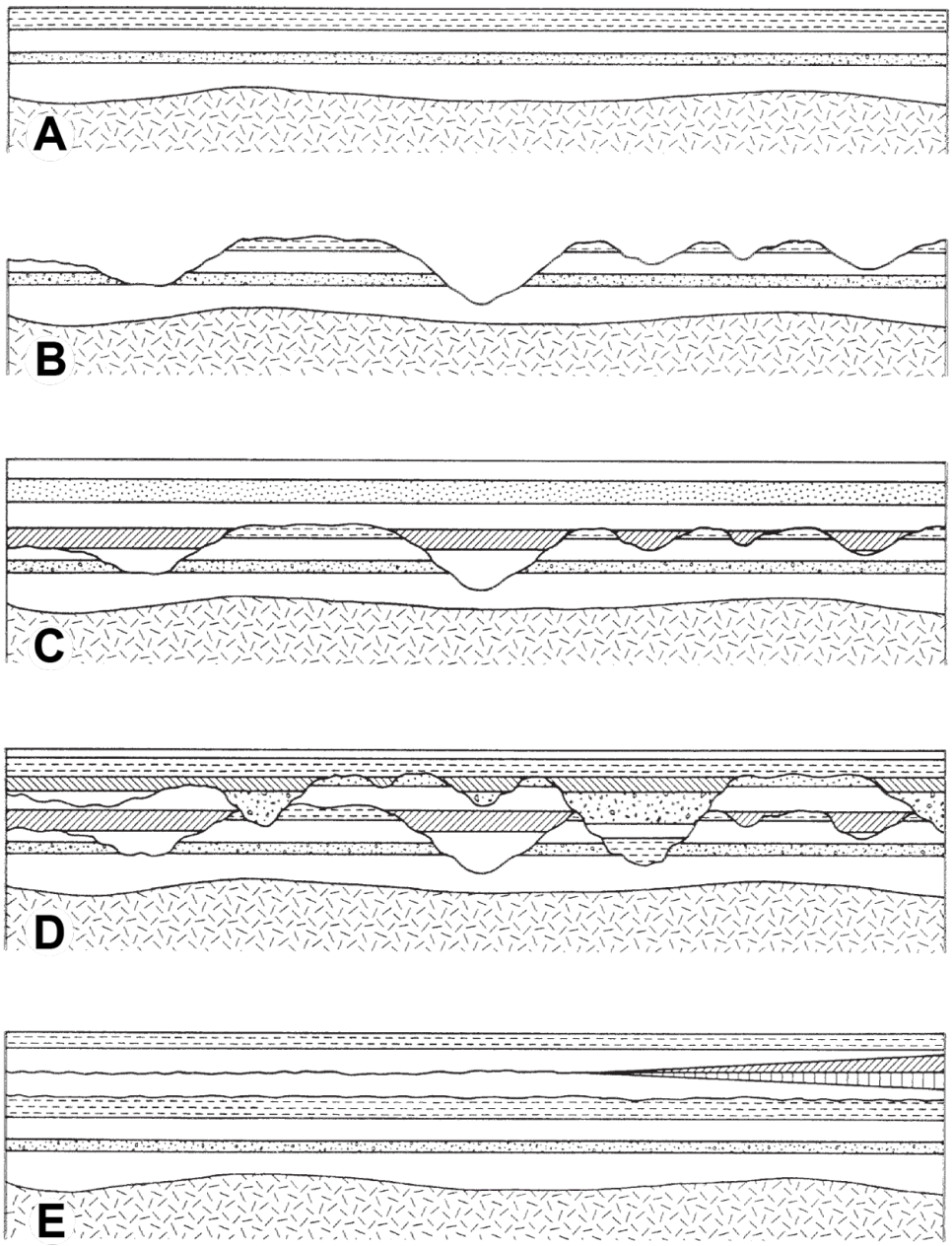


Figura 18.5. Patrones de sedimentación y erosión (A-D) esperado y (E) actual en las brechas de tiempo en el registro geológico. (A) Una serie de depósitos sedimentarios sucesivos. (B) La erosión ocurre cuando los sedimentos están expuestos al drenaje del agua. (C) Sigue la sedimentación, llenando y conservando los canales erosivos antiguos. (D) El patrón más usual que se ve en el registro geológico, sin erosión significativa en los presuntos hiatos de tiempo. Estos son diagramas hipotéticos con variación vertical exagerada dependiendo de las condiciones erosivas (de Roth 1988). Cortesía de Ariel Roth.

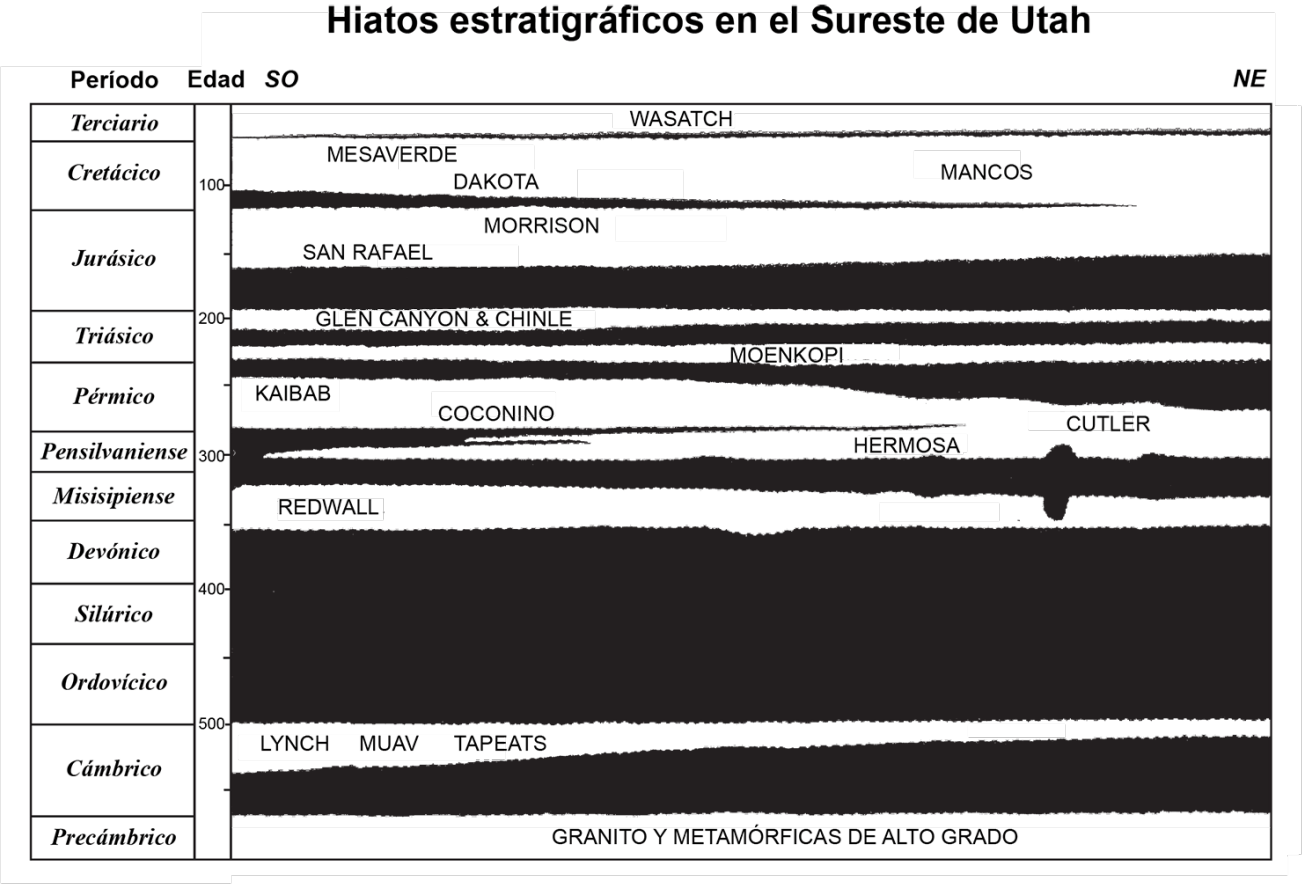


Figura 18.6. Los estratos sedimentarios en el sudeste de Utah (claros) y los hiatos o brechas de tiempo (oscuros) entre los estratos. Las edades se dan en millones de años, según la escala de tiempo geológico. Solo se dan los nombres de las formaciones sedimentarias más importantes. La exageración vertical es de como 16x. La distancia horizontal es alrededor de 200 km y el espesor total de las capas (áreas claras) es de como 3,5 km (de Roth 1988). Cortesía de Ariel Roth.

Las teorías que tratan de explicar estas capas sin erosionar por debajo de los hiatos de tiempo no han sostenido un análisis minucioso. Aparentemente no existe ningún análogo moderno para estas zonas tan planas y con tan poca erosión.[26] Por ejemplo, algunas zonas muy áridas en Australia son bastante llanas y se cree que representan áreas que han permanecido sin erosionar por millones de años. Sin embargo, estas áreas no sirven como análogos adecuados de las superficies planas en el registro geológico. La condición muy árida de estas partes de Australia no es para nada comparable al clima aparente de las partes del registro fósil que contienen los hiatos de tiempo y además las tierras planas de Australia no son

características de los resultados esperados de procesos geológicos normales, sino rarezas que son "hasta cierto punto una vergüenza para todos los modelos de desarrollo del paisaje comúnmente aceptados".[27]

Tampoco sabemos cómo se produjeron estas superficies planas, sin erosionar, por medio de los procesos de la geología de corta edad, pero tal vez serían más fáciles de explicar si el tiempo para esos procesos fuera mucho más corto. Este material presentado más arriba no implica que el registro geológico no contenga evidencia de erosión. Al contrario, hay evidencia de erosión significativa de sedimentos al levantarse los cordones montañosos. Aun cuando no hubiese un levantamiento de la tierra a gran escala, existen muchos casos de erosión de canales dentro del registro rocoso. Por ejemplo, en los sedimentos del Misisípico del Gran Cañón hay una cantidad de antiguos canales con un promedio de 60 metros y un máximo de 122 metros[28] de profundidad de erosión a varios niveles en los sedimentos del Gran Cañón.[29] Realmente, sería sorprendente si en ocasiones una catástrofe geológica mayor no hubiera erosionado cantidades significativas de sedimentos. El punto del argumento es que, en algunos lugares, la cantidad de erosión es pequeña a pesar del supuesto paso de períodos de tiempo extremadamente largos. Los procesos geológicos en nuestra tierra actual no parecen indicar que tal escenario sea realista.

Los depósitos geológicos geográficamente muy extensos

La enorme extensión geográfica de muchas formaciones sedimentarias comparadas con la naturaleza mucho más localizada de los análogos modernos (fig. 16.3) es difícil de reconciliar con la teoría geológica convencional. En la región oeste de los Estados Unidos, la Formación Morrison del Jurásico cubre una extensión que va desde el límite con Canadá hasta casi con México (fig. 16.3). Se han encontrado muchos ejemplares de dinosaurios en la Formación Morrison y algunos de ellos pueden verse en el Monumento Nacional de los Dinosaurios en Colorado y Utah. Esta formación es interpretada como un depósito fluvial (río y planicie de inundación) y lacustre (lago) con una fauna rica en dinosaurios. Ninguno de nosotros vio cómo se formaron estos sedimentos, incluyendo los geólogos de corta edad y no sabemos exactamente cómo sucedió. Sin embargo, una historia geológica más catastrófica, a una escala global, parece ofrecer más posibilidades para explicar estos depósitos tan ampliamente distribuidos.

El Conglomerado de Shinarump del Triásico está compuesto de arena y canto rodado en una matriz de arena, como el depósito de un río, pero es mucho más uniforme en su composición y cubre alrededor de 260 mil kilómetros cuadrados en Utah y estados adyacentes. En el este de los Estados Unidos, otro

depósito bien extendido es la Lutita de Chattanooga y las formaciones correlativas de lutita, que cubren varios estados. Otro ejemplo es el carbón que, se cree, se formó en pantanos como turba acumulada durante largos períodos. Algunas capas de carbón se extienden por cientos de kilómetros. Estos inmensos pantanos tendrían que haber sido muy estables durante millones de años para acumular suficiente turba para formar tales depósitos de carbón.

El geólogo Derek Ager, en su libro *The Nature of the Stratigraphical Record* [*La naturaleza del registro estratigráfico*], examina este fenómeno de depósitos ampliamente distribuidos en un contexto aún más amplio. A cualquiera que desee ver esto como evidencia del diluvio de Noé, él señala que no encuentra necesidad de esa hipótesis para explicar el registro fósil. Pero añade: "De todas maneras, no se puede negar que hay algunas características muy curiosas en el registro fósil".[30] Ager prefiere interpretar la evidencia en términos de la teoría geológica convencional, aunque creemos que es mucho más fácil explicar la evidencia en un contexto más catastrófico y de corta edad, como en esencia admite en su comentario.

En su primer capítulo, Ager describe características de partes específicas de la columna geológica que se encuentran en áreas muy extensas o aun en todo el mundo. En la base del Cámbrico hay una cuarcita basal que se encuentra en la mayoría de las localidades de. todo el mundo, seguida típicamente por ortocuarcita, luego por areniscas glauconíticas, después lutitas marinas y delgadas calizas. Las cuarcitas (areniscas metamórficas) y areniscas son depósitos de grano grueso, seguidos de sedimentos de grano fino. En la base del Ordovícico existen prominentes cuarcitas que se encuentran en muchos lugares de Europa y África y posiblemente más extendidas que eso. En el Devónico hay areniscas rojas continentales que se extienden desde el este de Canadá hasta Islandia y a través del norte de Europa hasta Rusia. La Caliza Redwall del Misisípico es un prominente estrato formador de acantilados en el Gran Cañón. El mismo tipo de formaciones de calizas con fósiles similares, es común en el Misisípico en buena parte de América del Norte hasta Alaska y a lo ancho de Europa y hasta Asia. Los depósitos de carbón del Pensilvánico también son esencialmente similares en maneras fundamentales, con fósiles parecidos desde el este de América del Norte hasta Rusia. Eso es una distribución de facies de carbón que cubre 130 grados de longitud (ajustados para la deriva de los continentes), o sea como 3220 kilómetros.

El Triásico en el oeste de América del Norte se caracteriza por una serie de formaciones de color rojo. Series de estas capas sedimentarias rojizas características del Triásico, llamadas estratos rojos también se encuentran en el este de Norteamérica, a lo ancho de Europa, en México, y aparentemente en China y Sudamérica, con características muy similares.

Ager da muchos otros ejemplos, y él solo describe los depósitos que visitó personalmente. Por tanto, algunos de esos depósitos podrían ser mucho más extensos de lo que él describió. En resumen, en diferentes partes de la columna geológica existen depósitos únicos, característicos, que cubren extensas regiones geográficas y a menudo se distinguen en forma definida de otros sedimentos en otras partes de la columna.

Otros geólogos también reconocen este fenómeno. "La búsqueda de análogos modernos de las paraconformidades en las secuencias de calizas se complica por el hecho de que la mayoría de las configuraciones en el presente (topografía, química, circulación, clima) son sorprendentemente diferentes de aquellas que deben haber prevalecido cuando los mares del Paleozoico y Mesozoico cubrían inmensas e increíblemente planas áreas del mundo."[31] Más recientemente, Carlton Brett reconoció que

> los estratos pueden persistir sobre áreas de muchos cientos a miles de kilómetros cuadrados precisamente porque precisamente son el registro de eventos verdaderamente descomunales. La acumulación del registro estratigráfico permanente en muchos casos involucra procesos que no se han observado, o no pueden observarse en los ambientes modernos… son los eventos extremos… con magnitudes tan grandes y devastadoras que no se pueden, y probablemente no se podrían observar científicamente. También argumentaría que muchas sucesiones muestran mucha más continuidad lateral y similitud a una escala más detallada de lo que podría anticipar la mayoría de los geólogos.[32]

Estos científicos no están interpretando la evidencia como parte de un diluvio global. Simplemente están reconociendo la naturaleza de la evidencia, aunque su cosmovisión no tiene el potencial para explicar esa evidencia tan bien como en un diluvio global. Tales formaciones geográficamente tan extensas son un rasgo muy común del Paleozoico y el Mesozoico. En contraste, las formaciones sedimentarias del Cenozoico de América del Norte son más localizadas, llenando las cuencas entre las montañas que se formaron en el Cretácico o el Cenozoico temprano, o en valles fluviales (figs. 16.3B-16.3D; 18.7).

La inmensa extensión geográfica, y otros rasgos de muchos depósitos del Paleozoico y Mesozoico son tan poco típicos de los ambientes deposicionales que existen en la actualidad, que casi claman por una explicación diferente de la que

Resumen 18-2
Explicación para las unidades sedimentarias de amplia distribución geográfica

Datos

Determinar la distribución geográfica de una unidad sedimentaria única y aparentemente continua, en kilómetros cuadrados. Evaluar cuál es el paleoambiente más probable en el que se acumuló el sedimento. Determinar la distribución geográfica y la forma de los ambientes de deposición modernos comparables.

Interpretación

La ciencia convencional y el intervencionismo: **Intentan interpretar si es que los análogos deposicionales modernos son adecuados para explicar el origen de la unidad sedimentaria.**

La ciencia convencional: **La interpretación no puede cuestionar la escala de tiempo geológico aceptada o proponer condiciones catastróficas compatibles en escala o tasas con los procesos geológicos modernos básicos.**

El intervencionismo: **Este punto de vista permite que la evidencia sugiera la escala de tiempo, y si el depósito requiere un proceso a gran escala (incluso global) o tasas catastróficas.**

pueden aportar los análogos modernos (fig. 18.7). Una hipótesis que parece más coherente con estos datos es que se formaron por procesos de una escala global, produciendo estos tipos de depósitos únicos y tan extensos. Estos procesos comenzaron a reducir su intensa actividad durante la formación de la última porción de la columna geológica, produciendo los depósitos que llenaron cuencas

en el Cenozoico, y finalmente estabilizándose hasta llegar a los procesos aún más localizados que ocurren hoy. Una línea de investigación provechosa sería un estudio cuantitativo preciso de la extensión geográfica y el carácter físico de las formaciones sedimentarias antiguas comparadas con análogos modernos para determinar cuán generalizadas son las tendencias mencionadas arriba.

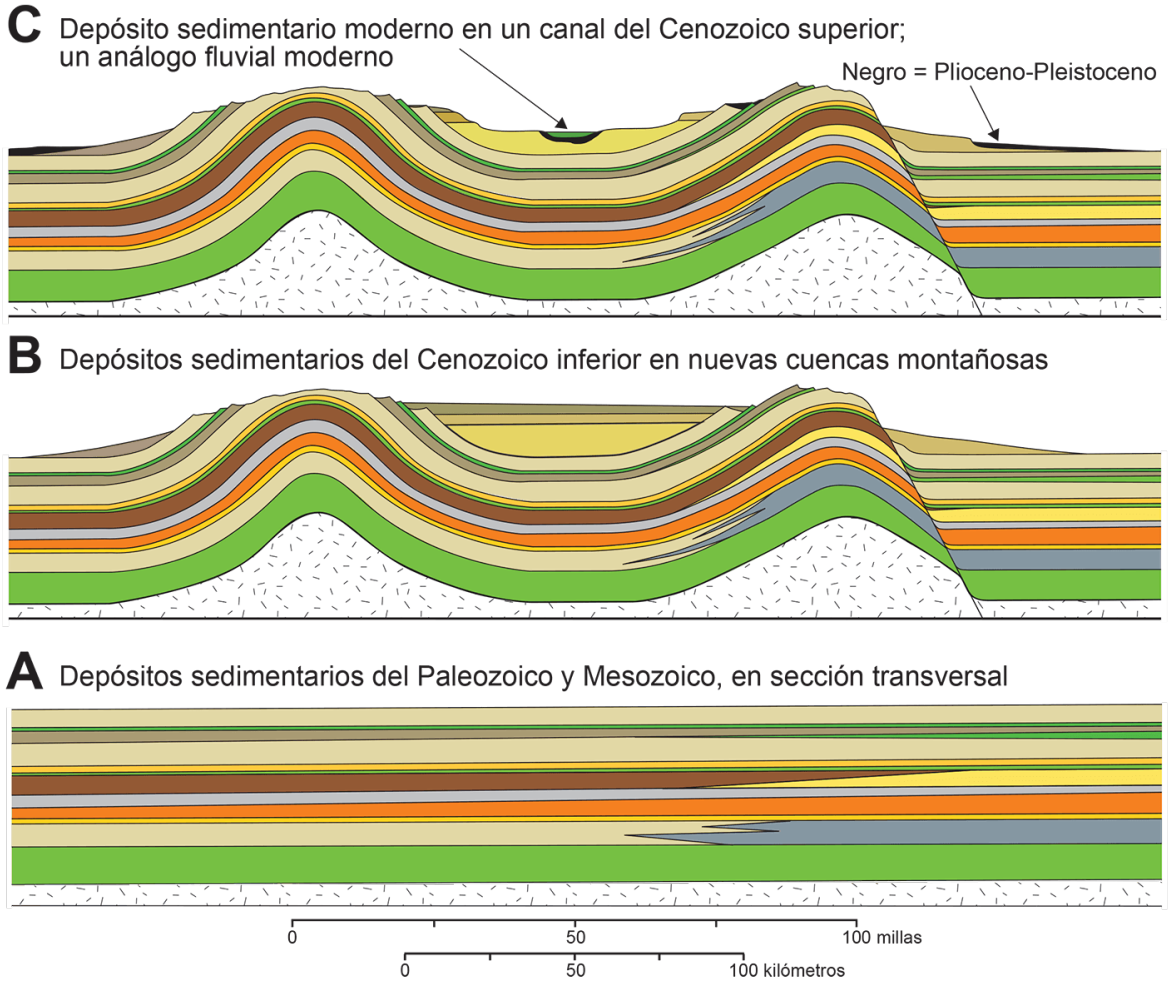


Figura 18.7. Una representación diagramática de la historia geológica de la región de las Montañas Rocallosas en Norteamérica, en corte transversal. (A) Estratos sedimentarios persistentes y ampliamente extendidos, como es típico de mucho del Paleozoico y el Mesozoico. (B) Levantamiento de los cordones de las Rocallosas y la deposición de los sedimentos del Cenozoico Inferior. Ejemplos son las formaciones Green River y Bridger (ver fig. 16.12). (C) Erosión de parte de los sedimentos del Mesozoico y de los depósitos locales de sedimentos del Plioceno al Pleistoceno. Un canal en una cuenca intermontana representa el principal análogo fluvial moderno. Compare esta figura con la figura 16.13, una vista aérea de los mismos rasgos que se muestran aquí en corte transversal. Ilustración de Leonard Brand.

Los procesos geológicos rápidos y la escala radiométrica del tiempo

Como discutimos más arriba, la escala radiométrica del tiempo es el desafío más significativo para la geología de corta edad. Sin embargo, no toda la evidencia científica señala en la misma dirección. Además de la evidencia discutida anteriormente, hay otra línea de evidencia que es difícil de reconciliar con esa escala de tiempo geológico. Se piensa que la Formación Pisco del Mioceno-Plioceno de Perú abarca de 10 a 12 millones de años, basados principalmente en dataciones radiométricas. Sin embargo, los fósiles de vertebrados generalmente están bien articulados y muy bien conservados, indicando un enterramiento rápido.[33] Además, donde los buenos afloramientos muestras detalles de los sedimentos, normalmente hay estructuras sedimentarias que indican tormentas y otros procesos sedimentarios bastante rápidos que no requieren a lo sumo, más de unos pocos cientos de años para la Formación Pisco. Con tantos indicadores de sedimentación rápida, ¿en qué lugar de los sedimentos podríamos colocar esos 10 a 12 millones de años?

Otro ejemplo es la Formación Bridger del Eoceno en el sudeste de Wyoming. Está constituida por capas de caliza de hasta unos pocos metros de espesor, separando unidades fluviales (depositadas por ríos) mucho más gruesas. La datación radiométrica requiere ciclos entre las calizas de alrededor de 200 mil años. Las abundantes tortugas fósiles, siempre en un estrato de arcilla justo por encima de una caliza, representan mortalidades en masa que fueron sepultadas bastante rápidamente. En los sedimentos que se depositaron después de una mortalidad en masa, antes de que un lago formara la siguiente caliza, las tortugas no se desarticulan y meteorizan como se esperaría si hubieran pasado largos períodos de tiempo. En cambio, las tortugas desaparecen de los sedimentos hasta la siguiente mortalidad en masa.[34] Los sedimentos por sobre la mortalidad en masa parecen indicar condiciones ambientales todavía adecuadas para las tortugas, pero no hay tortugas ni huesos de tortugas allí. Si estos sedimentos entre dos calizas se acumularon a lo largo de cientos de miles de años, ¿por qué no hay tortugas en la mayor parte de ese intervalo (fig. 18.8)? La evidencia es más coherente con un período de tiempo demasiado corto para la restauración de la población de tortugas. Las tortugas solo reaparecen después de que se formó el siguiente lago y éste duró el tiempo suficiente como para que las tortugas nuevamente fueran abundantes. Las formaciones Bridger y Pisco contienen algunas evidencias que parecen requerir algo de tiempo —una pocas décadas o unos pocos cientos de años durante la transición desde una catástrofe hacia procesos más modernos— pero no parecen compatibles con millones de años.

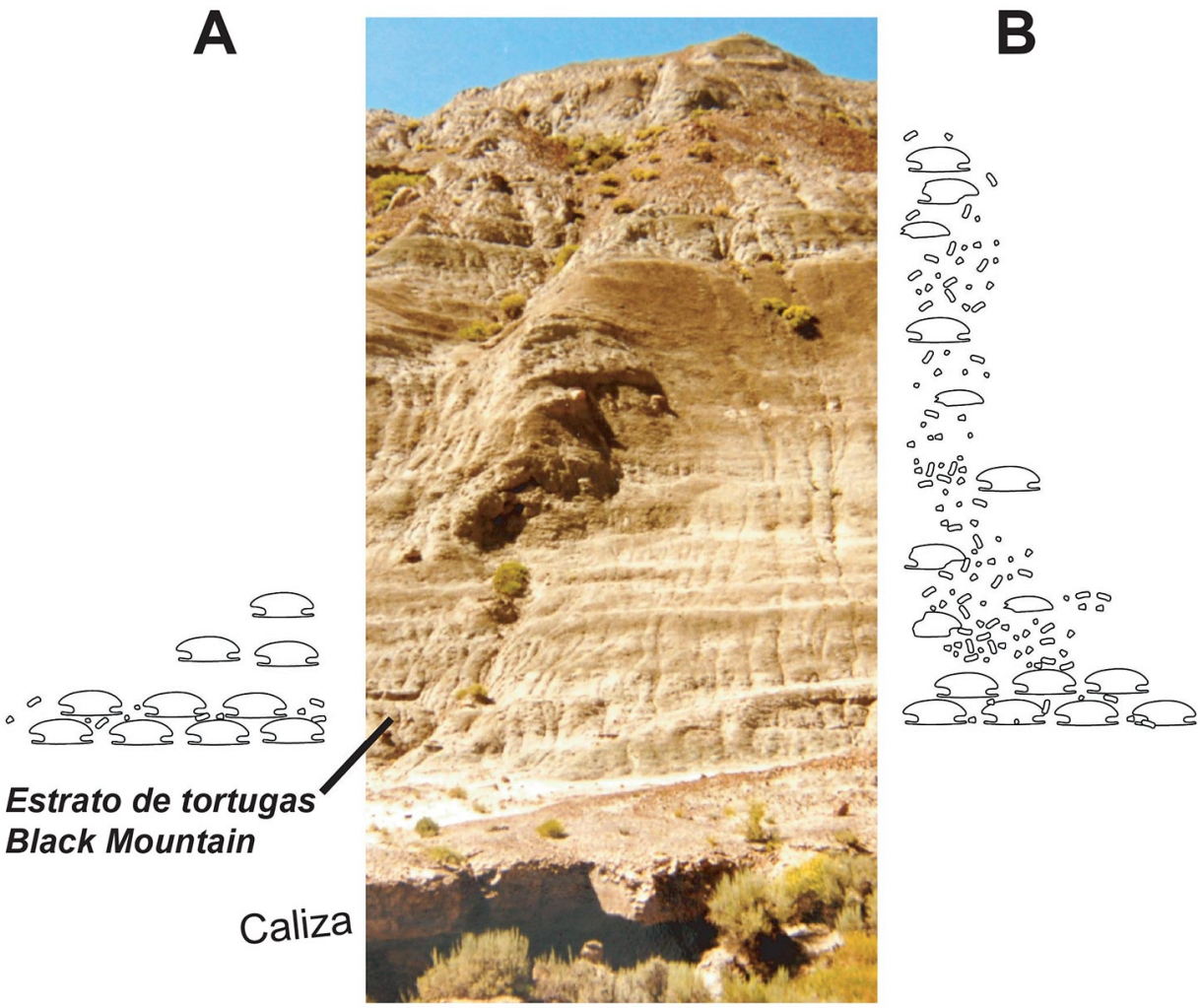


Figura 18.8. (A) Características reales del conjunto de tortugas fósiles en la Formación Bridger del Eoceno. (B) Las características esperadas para un conjunto de tortugas fósiles si se hubiera acumulado a lo largo de un período de tiempo muy extenso, mostrando caparazones completos de tortugas, caparazones parciales y huesos desarticulados de caparazón. Ilustración de Leonard Brand.

La Formación Green River (GRF) del Eoceno en el suroeste de Wyoming también contiene evidencia de deposición rápida. Las dataciones radiométricas indican varios millones de años para la formación de la GRF y una buena parte de ella consiste en muchos miles de láminas muy delgadas, que usualmente se interpretan como capas anuales (varves). Sin embargo, estos depósitos "varvados" (que en realidad no son varves)[35] están llenos de fósiles exquisitamente conservados (fig. 17.7). Hay plantas hermosamente conservadas, incluyendo hojas

de palmeras de varios metros de largo. También hay muchos millones de esqueletos articulados de animales vertebrados. Estos son en su mayor parte peces, pero ocasionalmente también hay tortugas enormes, cocodrilos, algunos murciélagos, aves, coprolitos (excremento fosilizado) y el esqueleto completo y articulado de un pequeño caballo del Eoceno. Aunque algunos peces están desarticulados, la mayoría de estos fósiles muestran una conservación excepcional y los estudios modernos de los procesos de descomposición en distintos ambientes indican que tan buena conservación requiere un sepultamiento rápido. No hay ninguna razón para pensar que con cubrir un pez o un cocodrilo de tres metros con un milímetro de sedimento por año se pudiera llegar a conservarlos. Se ha sugerido que los organismos se conservaron porque el agua era anóxica (sin oxígeno). Por lo menos existen dos razones por la que esa no es una hipótesis satisfactoria. Primero, una falta de oxígeno no impide la descomposición, ni siquiera la retrasa significativamente. Además, el estudio de un emplazamiento en la GRF que era un ambiente cerca de la costa, de aguas someras (playas) tenía la misma excelente conservación en los mismos sedimentos laminados, pero a ese ambiente cerca de la costa no le pudo faltar el oxígeno.[36]

Es difícil escapar a la necesidad de una deposición rápida de estos sedimentos fosilíferos en la GRF. Debe haber un proceso todavía desconocido que puede formar estas finas láminas rápidamente. El depósito tiene evidencia de una ecología establecida, desde ambientes cercanos a la costa hasta de aguas profundas, y los estromatolitos, que crecieron a lo largo de una línea paralela a una costa en continuo avance, parecen indicar que no se formó en unas pocas semanas. Tardó algunos años en depositarse, ¿pero dónde en los sedimentos podrían encajar millones de años?

Como se indicó anteriormente, los geólogos en general son conscientes de que buena parte del sedimento de la columna geológica muestran evidencias de una deposición rápida. La explicación aceptada por la mayoría de la comunidad geológica para este fenómeno se ilustra en la figura 18.4: repetidos episodios de deposición de sedimentos y erosión que no dejaron un registro permanente. Esto sugiere que solo se conservan los depósitos de tormentas importantes e infrecuentes o eventos catastróficos, mientras que el resto de los sedimentos se erosiona y no deja registro. Pero ¿es realista pensar que esa parte del sedimento (hasta 90 por ciento o más) en verdad se depositó y se erosionó sin dejar alguna evidencia de esos eventos erosionales? Una explicación más simple es que la mayor parte de ese tiempo nunca existió y que la hipótesis que se muestra en la figura 18.4 (izquierda) no es necesaria. Los hiatos o brechas de tiempo (discordancias) que ocurrieron generalmente dejaron evidencias reconocibles en las rocas. La mayor parte de los otros hiatos hipotéticos de tiempo, nunca existieron (fig. 18.4, derecha).

La erosión y la formación del paisaje

Después que se acumuló la mayoría de los depósitos sedimentarios, la superficie terrestre se erosionó formando los paisajes que vemos hoy. Durante ese proceso, se erosionó una inimaginable cantidad de sedimento para formar los valles y cañones entre los acantilados, cerros, riscos y montañas que quedaron. El oeste de los Estados Unidos es un área donde esto se puede ver muy bien debido a la baja precipitación y a una limitada cubierta de vegetación.

La teoría geológica convencional interpreta la mayor parte de esa erosión como resultado de los mismos procesos que observamos hoy a medida que la lluvia, arroyos y ríos erosionan y arrastran el sedimento a lo largo de largos períodos de tiempo. Sin embargo, existen rasgos del paisaje que hablan con elocuencia de un proceso muy diferente, mucho más catastrófico que la erosión moderna. Es un tema muy prometedor para la investigación futura, siendo que los geólogos de corta edad tampoco saben exactamente cómo ocurrió esto. Un ejemplo es un acantilado muy extenso en el sur de Utah llamado los Straight Cliffs. También se llama Fifty Mile Mountain porque es bastante recto, un acantilado casi continuo de 80 kilómetros de largo y con una altura de más de 300 metros. No hay ninguna falla en este acantilado, pero el sedimento al frente del acantilado simplemente se ha erosionado. La figura 18.9 es una fotografía del acantilado y un diagrama que muestra la estructura del área. La lluvia que cae por encima del acantilado corre cuesta abajo por la ladera y se aleja de la cara del acantilado, y no se esperaría que la lluvia forme un acantilado tan uniforme casi sin cañones laterales que lo atraviesen. Es difícil escapar a la idea de que se necesitó un flujo masivo de agua para excavan este rasgo.

Otro ejemplo es el Grand Staircase (fig. 14.20). Un área de más de 55.600 kilómetros cuadrados en el norte de Arizona y el sur de Utah se ha excavado en una serie de escalones gigantescos, descendiendo hacia el sur. Cuando los ríos erosionan la superficie terrestre no forman una escalinata; forman valles con acantilados o riscos a ambos lados del valle del río. ¿Cómo podría una erosión normal excavar los escalones del Grand Staircase? Esto también parece requerir de un flujo de agua erosionando la superficie a gran escala. ¿Fue esto consecuencia del agua que se escurría al finalizar el diluvio global o un episodio de erosión posterior en conexión con el período glacial del Pleistoceno? Esta es una pregunta que requiere más investigación. De cualquier modo, no parece haber sido erosionado por los procesos que observamos hoy.

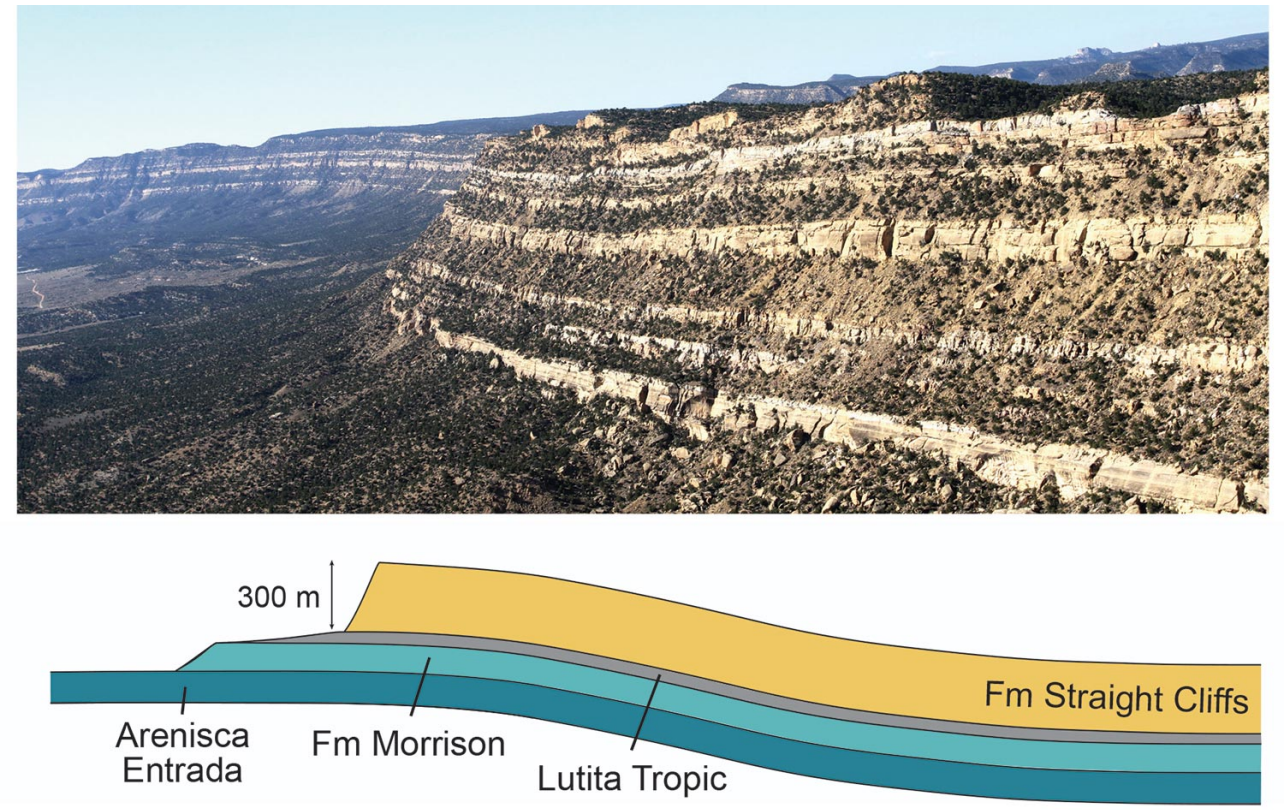


Figura 18.9. Fotografía de los Straight Cliffs y un corte transversal a través del acantilado. Ilustración de Leonard Brand.

Las trazas fósiles (icnofósiles) y la bioturbación de los sedimentos

Cualquier marca, o traza, que haya quedado en el sedimento debido a la actividad de animales son denominadas trazas fósiles. Existen abundantes madrigueras fósiles y rastros de invertebrados (fig. 18.10) y rastros de animales vertebrados a través de la columna geológica. Como fueron hecho por animales vivos, indican que los animales vivos estaban activos durante toda la formación del registro fósil. Por ejemplo, hay muchas huellas de trilobites, marcas de alimentación y marcas de descanso donde los animales cavaban en el sedimento para descansar mientras quedaban escondidos en el barro.[37]

Muchos de los rastros y madrigueras son similares a los rastros y madrigueras de animales modernos.[38] Los animales que viven dentro del sedimento, lo que incluye las almejas, los gusanos, los camarones, o los pequeños equinodermos excavan continuamente a través de más y más sedimento. Esta actividad se denomina bioturbación. En el mundo moderno, la actividad excavadora de los animales en sedimentos subacuáticos generalmente resulta en la bioturbación total del sedimento, de modo que queda poco, si algo, de la estratificación, o de otras estructuras sedimentarias (fig. 18.11D; 18.11E). Si los sedimentos conservados como roca no han sido completamente bioturbados, este rasgo requiere de una explicación.[39]

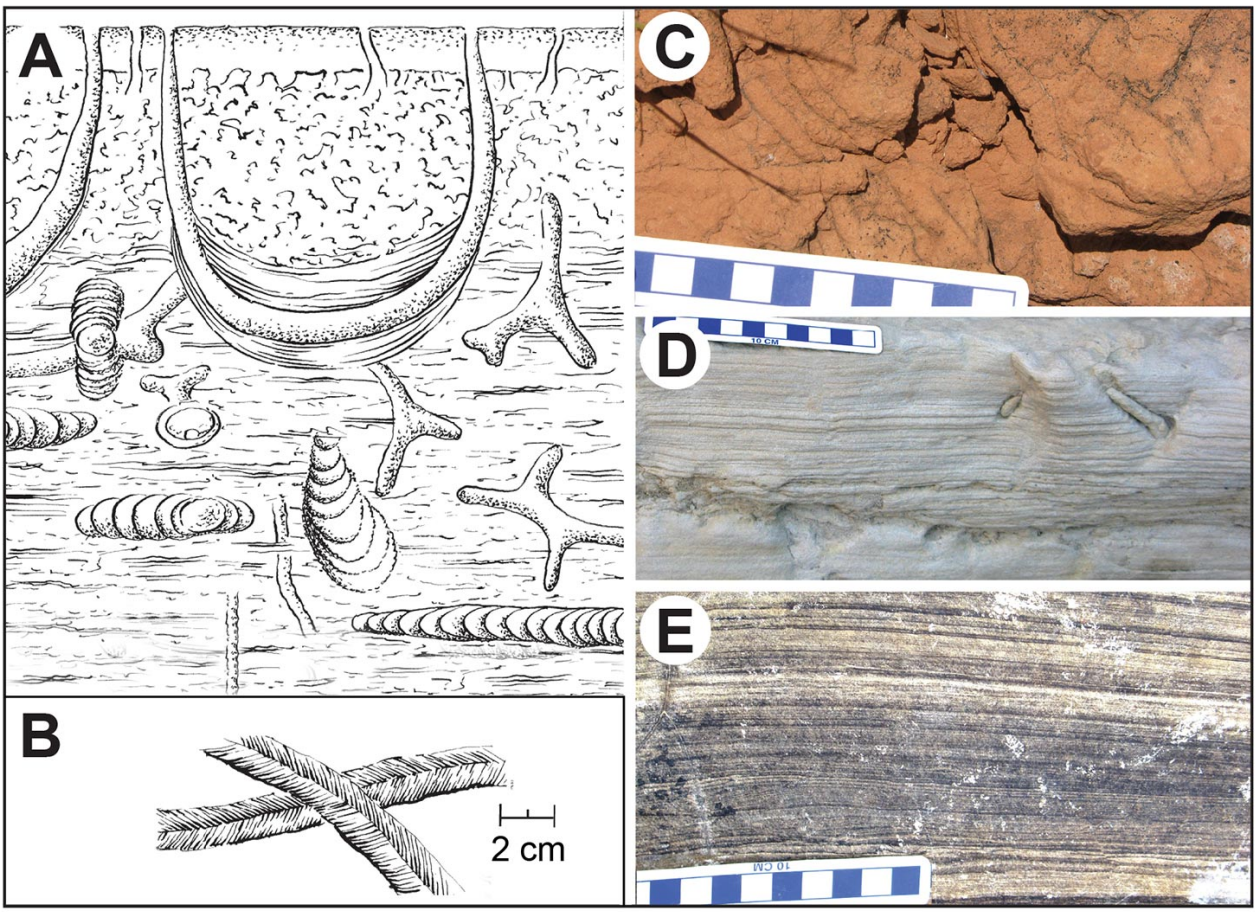


Figura 18.10. Trazas fósiles representativas de animales invertebrados, que incluyen (A) madrigueras en el sedimento, (B) trazas de arrastre (reptación) o rastros de trilobites (según Bromley 1990; Frey 1975), (C) bioturbación total (nivel 4 en la fig. 18.13), y (D, E) muy poca o sin bioturbación (nivel 1 en la fig. 18.13). Ilustración de Robert Knabenbauer y Leonard Brand.

Resumen 18-3
Interpretación de los procesos que generan los rasgos del paisaje

Datos

La descripción de un rasgo del paisaje (acantilado, cañón, etc.): características sedimentarias, forma física, alcance y disposición geográficos, patrones de drenaje, y otros.

Interpretación

La ciencia convencional y el intervencionismo: **Compare con los análogos modernos e interprete qué proceso moderno o proceso hipotético es la explicación más probable.**

La ciencia convencional: **Se espera que los procesos hipotéticos sean consistentes con las condiciones y las tasas conocidas o factibles en el mundo moderno. Las explicaciones catastróficas son aceptables si es que satisfacen estas restricciones.**

El intervencionismo: **Este punto de vista permite que la evidencia indique qué proceso es el más probable, aun si requiere procesos muy catastróficos y de gran escala, incluso globales.**

La naturaleza y distribución de las trazas fósiles en el registro de rocas tiene implicaciones importantes para la geología de corta edad, y consideraremos, en primer lugar, la relación entre la bioturbación y las rocas estratificadas conservadas, luego las implicaciones de las trazas fósiles para la supervivencia animal durante del diluvio.

La bioturbación y la estratificación conservada en las rocas

Una bioturbación incompleta o ninguna bioturbación resulta si los sedimentos no pueden soportar la vida animal o si se depositaron tan rápidamente que los animales no tuvieron tiempo de hacer su trabajo (fig. 18.11 A; 18.11 B). Los estratos de rocas con algo de bioturbación representan el paso de por lo menos unas pocas horas para que los animales se pudiesen mover y dejar sus pisadas o galerías en el sedimento antes de que se deposite la siguiente capa.

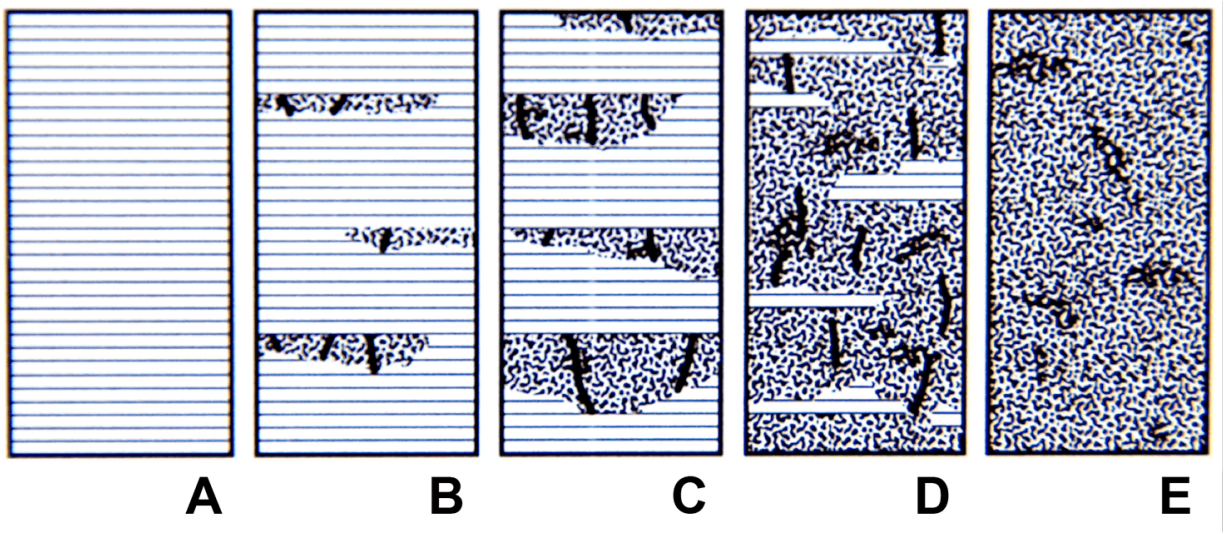


Figura 18.11. Relación entre la bioturbación (trazas animales) y los sedimentos. En (A) los sedimentos se depositaron rápidamente y no hubo tiempo para la bioturbación o si no la erosión removió la parte superior de las unidades sedimentarias, eliminando las trazas. En (B) pasó algo de tiempo para la bioturbación después que las unidades se depositaron, y (C) indica más tiempo luego de que algunas unidades se depositaron. En casi todo (D) y todo (E) se removieron todas las estructuras sedimentarias originales por la bioturbación, como se esperaría si los depósitos se produjeron lentamente, bajo condiciones favorables a la vida animal (según Bromley 1990). Ilustración de Carole Stanton.

Muchas o la mayoría de los depósitos sedimentarios se depositaron en agua, a menudo se asume que agua de mar. Una vez depositados, a esos depósitos les puede ocurrir una de varias cosas. El estrato puede ser cubierto rápidamente por otra capa de sedimento. En este caso, la fina estructura interna debería conservarse intacta. O el estrato puede exponerse a la erosión, en cuyo caso una parte o todo el

Resumen 18-4

Interpretación de las relaciones entre la estratificación de las unidades de rocas y la bioturbación u otros disturbios

Datos

Los rasgos documentados de estratificación específica en las unidades de rocas. La bioturbación observada y cuantificada en cada unidad de rocas. Los rasgos sedimentarios que podrían indicar las condiciones bajo las cuales se depositó el sedimento.

Interpretación

La ciencia convencional: **Las interpretaciones no pueden cuestionar la escala de tiempo geológico aceptada o proponer condiciones catastróficas incompatibles con los procesos geológicos modernos básicos.**

El intervencionismo: **Este punto de vista permite que la evidencia sugiera la escala de tiempo y si es que el depósito requiere condiciones rápidas o incluso catastróficas para explicar la cantidad de bioturbación o la falta de ella.**

estrato (junto con su estructura interna) puede desaparecer. El estrato puede permanecer expuesto en el fondo oceánico por un período de tiempo. Durante el paso del tiempo la actividad excavadora de los organismos que viven en el fondo marino rápidamente dañarán o destruirán la estratificación interna en los estratos. Si las capas se alteran completamente por ciclos repetidos de excavación, el estrato se considera homogeneizado. En tales casos, toda la evidencia de los estratos sedimentario u otras estructuras internas desaparecerán. Estudios actuales indican que la homogeneización de los sedimentos requiere de una hora (experimental) a un año (observaciones de campo) hasta una profundidad de como diez centímetros. Tal como lo expresó Richard Bromley, si la estructura interna de los sedimentos no ha sido completamente bioturbada, eso requiere una explicación.[40]

Las capas de sedimento también se llaman estratos, y este carácter estratificado de las rocas se llama estratificación. Tasas típicas de deposición para las capas sedimentarias se basan en la datación radiométrica y dan valores de cerca de un centímetro por cada mil años. Si el sedimento realmente se depositó tan lentamente, se esperaría que toda la evidencia de estratificación sedimentaria se hubiera destruido. ¿Es eso lo que vemos en el registro geológico? La siguiente sección contestará esta pregunta.

Estratificación persistente en las rocas

El registro geológico contiene una abundancia de capas discretas de roca sedimentaria con una estratificación singular conservada (fig. 18.12; 18.7). Estas capas comúnmente no se fusionan de unas a otras, sino que tienen marcados límites o contactos entre las capas tanto del mismo o diferentes tipos de sedimento. Si hubiese ocurrido un cambio repentino en el proceso de sedimentación, que produjo un quiebre nítido entre dos tipos de sedimento, se esperaría que la actividad normal de los animales excavadores (bioturbación) borrara el contacto, eliminando cualquier contacto o quiebre nítido en los sedimentos.

Pero la estratificación marcada y distintiva es tan característica del registro geológico que estos quiebres nítidos y agudos requieren de una explicación. De hecho, los sedimentólogos, que dependen de las estructuras internas en los estratos para entender los procesos de sedimentación, tendrían un arduo trabajo en realizar sus investigaciones si los sedimentos se hubieran depositado tan lentamente como los fechados radiométricos indican. En contraste, mucho del sedimento depositado durante una catástrofe global se depositaría demasiado rápido para una bioturbación total. Es mucho más fácil explicar la estratificación distintiva si el registro se formó rápidamente, como en la teoría de corta edad.

La actividad de animales invertebrados durante la catástrofe global

Esta evidencia, en un modelo de corta edad, implica que incluso durante el año del diluvio, los animales invertebrados estaban en movimiento. No fueron muertos todos repentinamente y luego se enterraron. Muchos continuaron viviendo por un tiempo y podían excavar a través del sedimento. Si había quietud por un período de tiempo, aún unas pocas horas, los animales vivos caerían sobre el sedimento y harían galerías. Si el sedimento se acumulaba sobre la galería, algunos tratarían de excavar hacia arriba a través de ella, dejando galerías de escape. Otros probablemente nadarían por el agua hacia arriba y luego descenderían sobre la

nueva capa de sedimento. Parece claro que una cantidad abundante de invertebrados estaban vivos y se transportaban de una parte a otra durante la catástrofe, pero ¿cuán abundantes eran ellos y sus galerías? La cantidad de bioturbación ¿es consistente con un evento tan rápido, o implica el paso de mucho tiempo para la actividad excavadora, como algunos afirman?

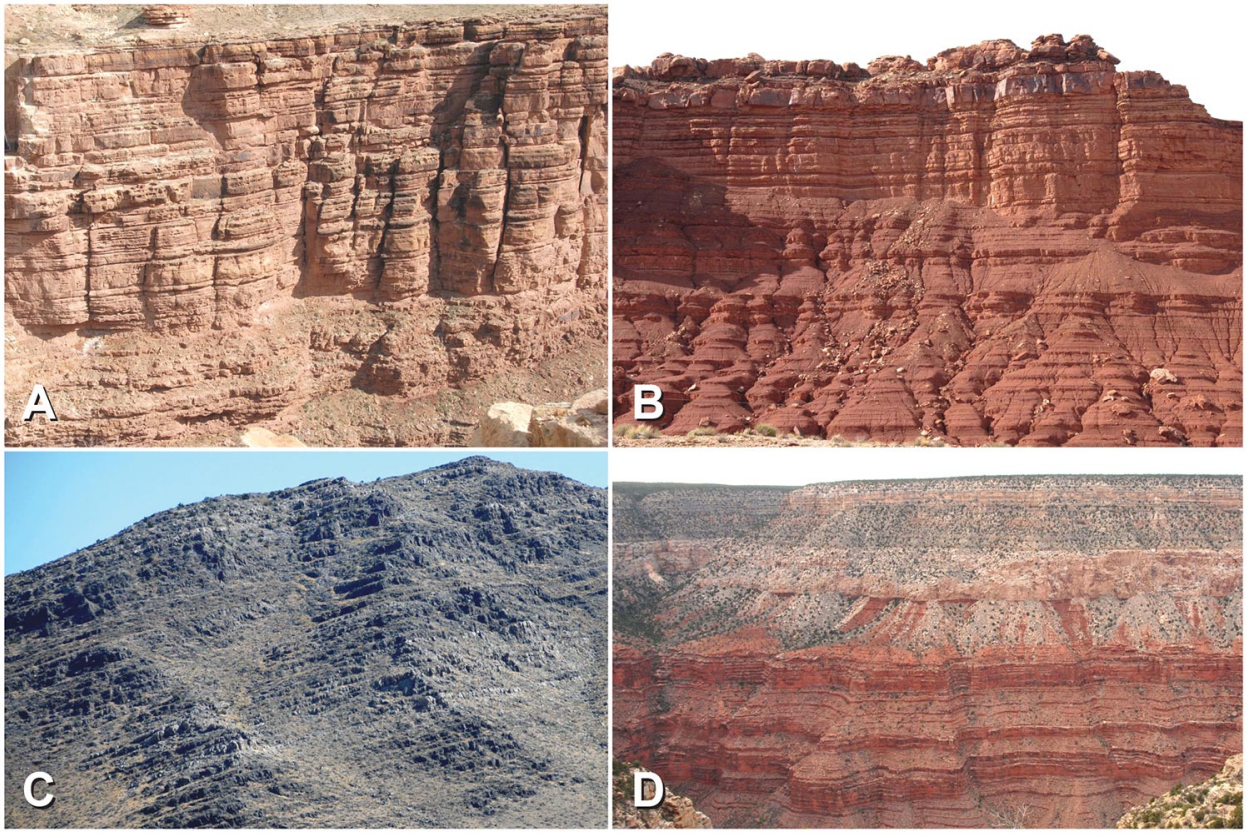


Figura 18.12. Ejemplos de estratificación distintiva, o capas, a menudo evidentes en las rocas sedimentarias. (A) Calizas del Pérmico, norte de Arizona; (B) Areniscas y fangolitas del Triásico, norte de Arizona; (C) Calizas del Cámbrico, Utah; (D) Calizas, areniscas y lutitas del Pensilvánico y Pérmico, Gran Cañón, Arizona. Ilustración de Leonard Brand.

Para contestar esta pregunta es importante un estudio cuidadoso de la distribución de sedimentos bioturbados a lo largo del registro geológico. Hemos revisado una cantidad de formaciones rocosas en Utah y el oeste de Colorado, cuantificando en detalle la cantidad de bioturbación en rocas del Cámbrico al Eoceno. Aunque un diagrama simple que muestra la bioturbación en la columna geológica (fig. 18.13A) podría interpretarse como que indica una abundancia de bioturbación a lo largo de toda la columna, el detalle de la cuantificación revela un

cuadro diferente. Hay unas pequeñas secciones verticales de sedimento con abundantes galerías (nivel 4) o una cantidad menor (niveles 2 o 3), pero la mayoría de los intervalos verticales en todos los depósitos examinados no tenían bioturbación o tenían muy poca (nivel 1), no lo suficiente como para alterar significativamente la estratificación. La bioturbación presente a menudo ocurre solo en la parte superior de las unidades excavadas. La figura 18.13B muestra la cantidad de bioturbación a lo largo de la Formación Moenkopi del Triásico, que más o menos representa el promedio de los depósitos examinados, y la figura 18.13C muestra una sección a lo largo de parte de la Lutita Mancos que representa el máximo nivel de bioturbación que encontramos en nuestro estudio. Esta escasez de bioturbación explica por qué tantos depósitos geológicos tienen conservada una estratificación distintiva. Además, nos dice que aunque los invertebrados estuvieron activos en diferentes intervalos a través de toda la catástrofe global, la cantidad de actividad es más consistente con cortos períodos de tiempo.

Las huellas de animales vertebrados en sedimentos antiguos

Ahora dejaremos que las almejas y los gusanos sigan con sus excavaciones y miraremos las huellas fósiles que dejaron los animales vertebrados. Leonard Brand y James Florence resumieron los datos disponibles en la distribución estratigráfica de las huellas de vertebrados.[41] Las publicaciones más recientes informan una abundancia de nuevos sitios con huellas fósiles, y estos nuevos descubrimientos todavía parecen encajar bien con el patrón estratigráfico reportado por Brand y Florence.

Muchos anfibios y reptiles estaban activos, dejando huellas, y todas excepto las huellas de dinosaurios están casi totalmente limitadas al Paleozoico Superior, el Triásico, y el Jurásico Inferior (fig. 18.14). Estas pisadas tienen el tamaño y la forma como para haber sido hechas por los ahora extintos anfibios y reptiles del Paleozoico y Mesozoico. Para el final del Jurásico Temprano, casi no se encuentran más pisadas de anfibios, y muy pocas se han fosilizado desde entonces. La mayor diversidad de pisadas de reptiles excepto los dinosaurios ocurren en el Triásico y el Jurásico Temprano, pero los fósiles corporales (huesos) son más abundantes más arriba en el Cretácico y el Cenozoico. Los rastros indican que vertebrados más pequeños caminaban activamente o corrían sobre la superficie de la tierra durante la mayor parte del tiempo antes del Jurásico Tardío.

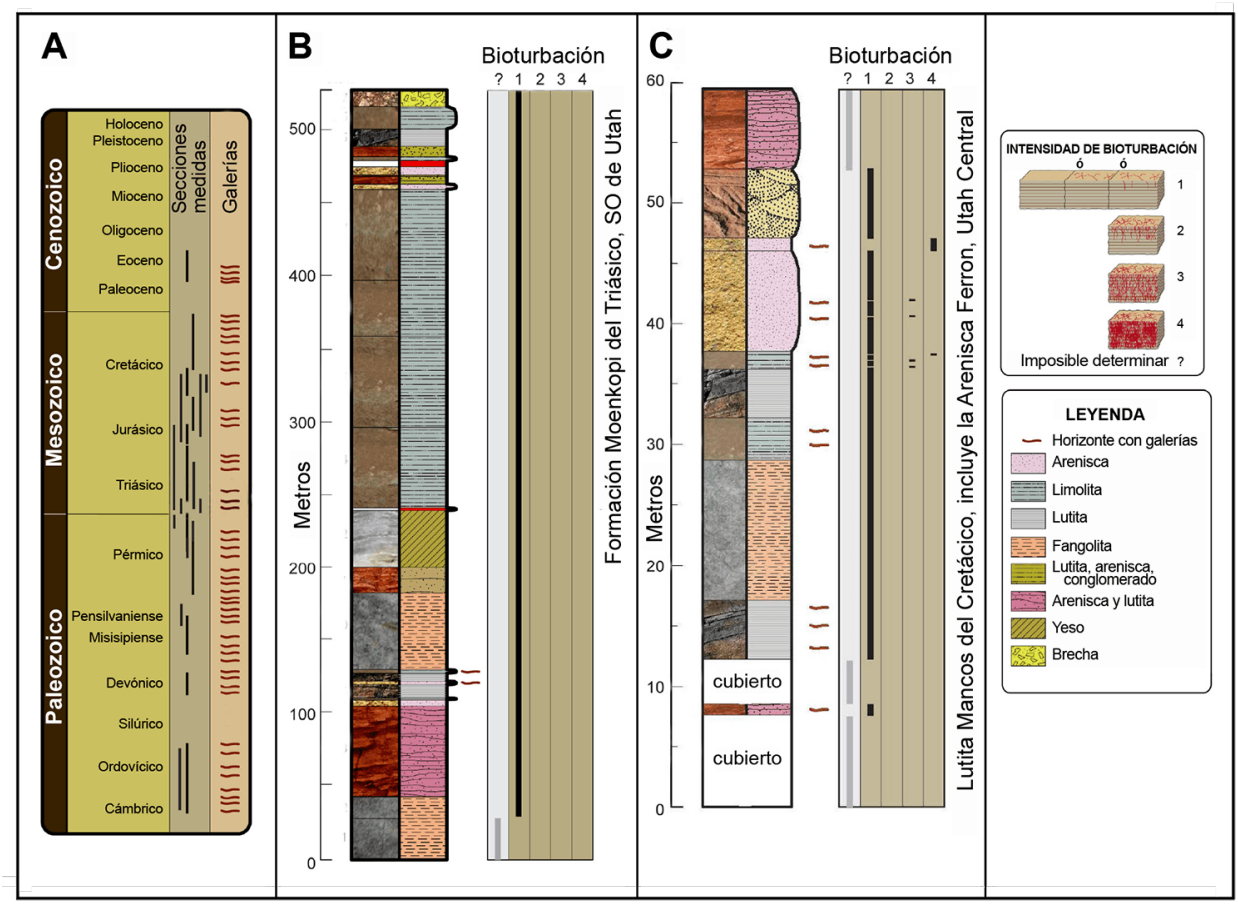


Figura 18.13. (A) La distribución de bioturbación a lo largo de la columna geológica, mostrando la ubicación estratigráfica de las secciones estudiadas por Brand y Chadwick. (B) Distribución cuantitativa de la bioturbación en la Formación Moenkopi del Triásico, que representa el promedio para las formaciones que estudiamos. (C) La bioturbación en parte de la Lutita Mancos del Cretácico, el nivel más alto de bioturbación que encontramos en nuestro estudio. Ilustración de Doug Oliver.

Es extrañamente común que las huellas fósiles de un animal aparezcan en las rocas antes que los fósiles de sus cuerpos (huesos). Las huellas de dinosaurios son bastante diversas en el Triásico y Jurásico Temprano, pero la mayor diversidad de fósiles de cuerpos de dinosaurios está en el Cretácico. Las huellas fósiles de dinosaurios pequeños y otros reptiles casi desaparecen para la mitad del Jurásico, pero al final del Mesozoico todavía había abundantes huellas grandes de dinosaurios.[42] Las huellas de dinosaurios son muy abundantes y ofrecen

Resumen 18-5

La actividad animal durante el diluvio

Datos

La distribución y abundancia documentadas de las trazas fósiles de vertebrados e invertebrados en diferentes intervalos estratigráficos del registro geológico. Otros indicadores de animales vivos (huevos, etc.) en cada intervalo.

Interpretación

La ciencia convencional: **Las interpretaciones asumirán el tiempo geológico estándar y las condiciones ecológicas equivalentes al mismo ambiente en el mundo moderno.**

El intervencionismo: **Las interpretaciones asumirán un marco de tiempo corto. No hacen otras suposiciones sobre los procesos durante el diluvio. Permiten que los datos indiquen la cantidad y el momento de la existencia animal durante el diluvio y después de él. Utilizan la evidencia de la actividad animal al modelar la naturaleza de los procesos diluviales.**

conocimiento sobre la vida de estos animales.[43] Los rastros fósiles en los depósitos del diluvio indican que la superficie no estuvo continuamente cubierta por agua profunda. Tuvieron que haber muchos intervalos breves de tiempo de agua somera (poca profundidad) o superficies terrestres expuestas cuando se hicieron las huellas.

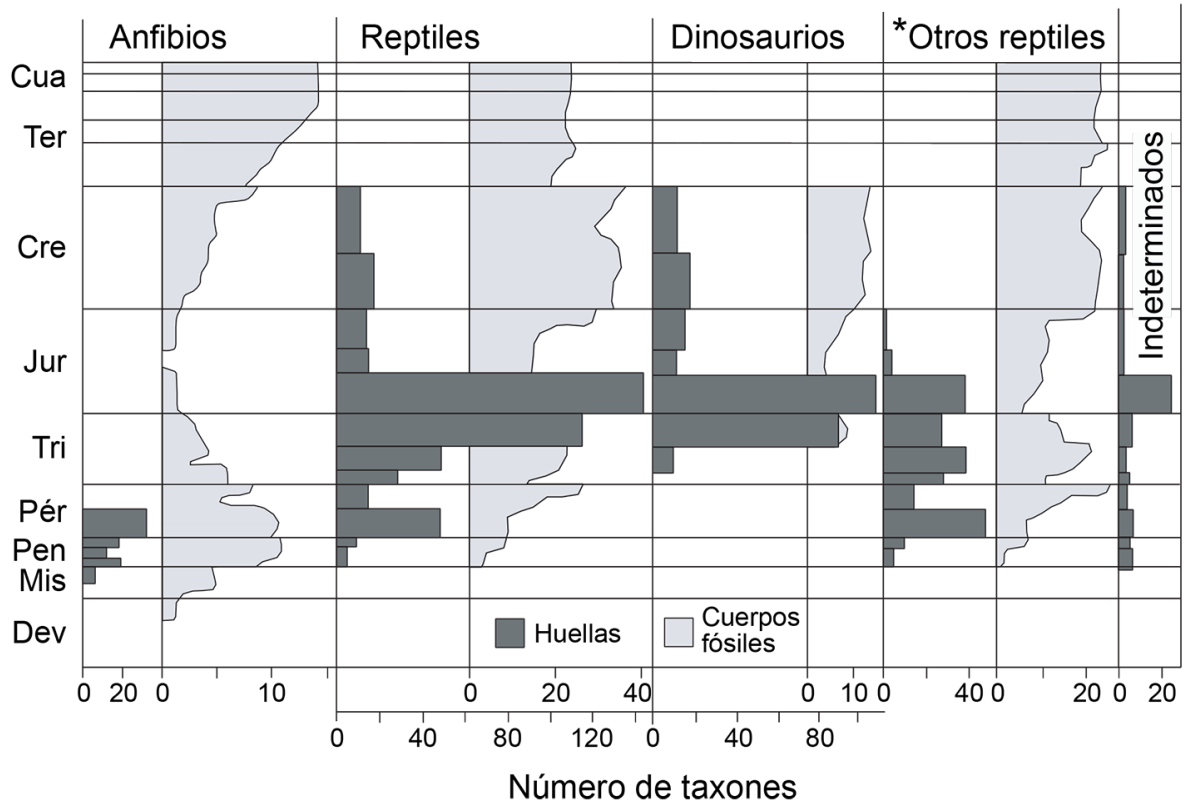


Figura 18.14. Distribución estratigráfica de huellas fósiles de anfibios y reptiles y de los fósiles corporales (de Brand y Florence 1982. *Otros reptiles= no dinosaurios. Ilustración de Leonard Brand.

Las huellas de aves y mamíferos fueron más abundantes en el Cenozoico Tardío (fig. 16.15). La distribución y el tiempo necesario para producir estas huellas y excavaciones se explican fácilmente en sedimentos que se formaron durante varios miles de años, luego de la porción principal del diluvio.

Las extinciones

En varios puntos del registro fósil, a menudo existen las llamadas crisis en la historia de la vida, y un número especialmente grande de grupos de animales se extinguió (fig. 18.15).[44] Una extinción muy destacada ocurrió al final del Cretácico.[45] Muchos de los grandes reptiles, incluyendo todos los dinosaurios, se extinguieron. Los pterosaurios y los reptiles nadadores como los plesiosaurios, ictiosaurios y otros, también se extinguieron casi al mismo tiempo, junto con muchos tipos de invertebrados marinos.

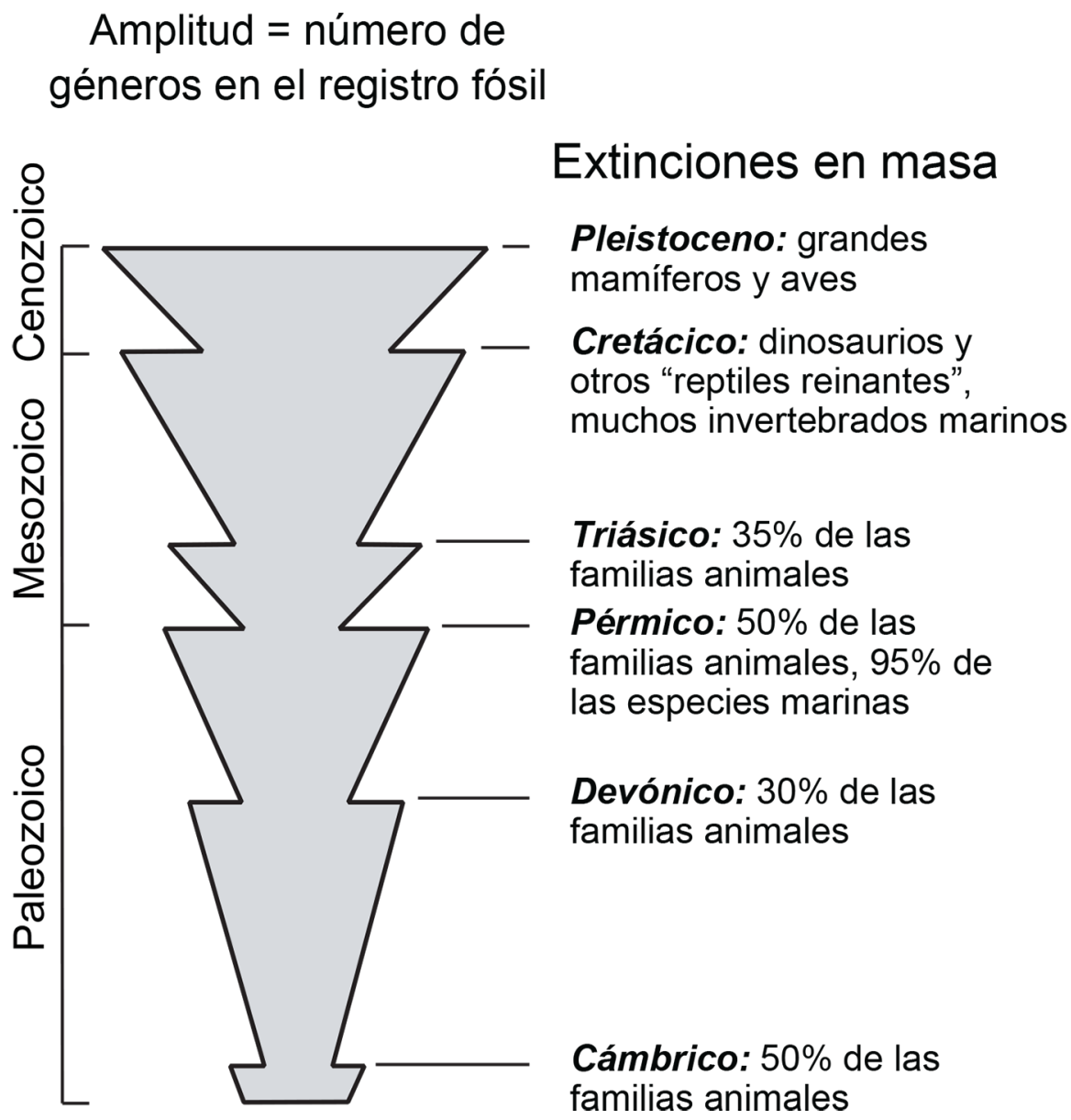


Figura 18.15. Las extinciones en el registro fósil. El ancho de la figura sombreada indica el número de géneros de animales en el registro fósil a ese nivel. Cada lugar donde la figura se estrecha representa una extinción masiva. Ilustración de Leonard Brand.

La teoría convencional propone que en estos tiempos de crisis, algo cambió, como ser el clima, y los animales no pudieron hacer frente a ello. Así muchos tipos de organismos fueron eliminados. Una teoría prominente sugiere que algunas de

estas crisis fueron causadas por impactos catastróficos de asteroides sobre nuestra tierra[46] o actividad volcánica masiva.[47] Los animales que sobrevivieron recolonizaron la tierra y evolucionaron a nuevas formas para llenar los nichos ahora vacíos.

Por otro lado, la geología de corta edad propone que estas crisis ocurrieron cuando la catástrofe geológica alcanzó algún punto crítico y los miembros restantes de ciertos grupos de organismos fueron todos muertos y enterrados. Pudo haberse destruido una zona de vida. Por ejemplo, los pantanos de tierras bajas que eran habitados por algunas criaturas del Paleozoico fueron destruidos y nunca se restablecieron. De ese modo llegaron a su fin tanto la deposición de sedimentos como los organismos de estas zonas bajas. Los depósitos que se formaron después ya no contenían fósiles de esa zona de vida. En algunos casos, un grupo de organismos casi se extingue por completo pero los individuos que sobrevivieron la extinción evitaron ser enterrados y fosilizados. No se encuentran fosilizados en rocas posteriores, sino que están vivos aún hoy. Un ejemplo es el pez celacanto que se pensó se había extinguido hace 65 millones de años, pero se lo encontró vivo en el océano cerca de Madagascar e Indonesia.

Aquellos que aceptan una teoría de corta edad tampoco saben exactamente qué sucedió, pero no es demasiado difícil imaginar algún escenario crítico en la catástrofe geológica cuando los dinosaurios y algunos otros animales ya no pudieron sobrevivir. Tal vez el impacto de un asteroide fue, por lo menos, parte del proceso que causó la extinción que ocurrió en ese tiempo. Los animales se fueron muriendo o estaban demasiado diezmados para restablecerse nuevamente. Por lo menos, no vivieron lo suficiente como para dejar un registro fósil.

La tafonomía

El campo de la tafonomía (el estudio de los procesos desde la muerte de un organismo hasta su fosilización) ha producido muchos datos fascinantes.[48] Las investigaciones han mostrado cuán importante es un enterramiento rápido para la producción de fósiles, especialmente para fósiles de vertebrados bien conservados. Parece que estas implicaciones no han sido exploradas completamente. Muchas formaciones generalmente se interpretan como que se acumularon muy lentamente —tal vez se acumuló solo unos pocos centímetros de sedimento cada mil años— pero contienen un gran número de vertebrados magníficamente conservados. Los ejemplos incluyen los peces y otros organismos de la Formación Green River, las tortugas de la Formación Bridger,[49] y las antiguas diatomitas con ballenas y otros vertebrados muy bien conservados.[50]

A menudo, se explica la falta de descomposición argumentando que los animales murieron en agua anóxica (sin oxígeno). Sin embargo, los experimentos no han respaldado la hipótesis de que el agua anóxica retrase o elimine la descomposición. Las investigaciones publicadas muestran que la descomposición no es más lenta en condiciones anóxicas. Solo involucran bacterias anaeróbicas.[51] Investigaciones recientes indican que la conservación exquisita de los animales de cuerpo blando de la Lutita Burgess se produjo en agua con oxígeno.[52] Esos fósiles bien conservados parecen requerir una deposición de sedimento muy rápida.

También debe considerarse otro aspecto de los datos tafonómicos. Si por lo menos el Paleozoico y el Mesozoico se depositaron en el lapso de un año, con procesos ecológicos sistemáticos que mataban y enterraban organismos, entonces la mayoría de los animales debe haber sido enterrada muy pronto después de morir, en horas o días. El problema con un enterramiento rápido consistente es que debería haber conservado especímenes articulados, mayormente intactos. Sin embargo, el registro fósil vertebrado incluye muchos ejemplos de huesos desarticulados y esparcidos, y de dientes. La mayoría de estos restos desarticulados probablemente requirieron varias semanas o meses de descomposición y desarticulación antes del entierro. ¿Es posible hacer encajar tantos episodios de varios meses de desarticulación en un proceso del Cámbrico al Cretácico de un año?

Las actividades de depredadores y animales carroñeros probablemente tuvieron un impacto significativo en el registro fósil. Algunos depósitos de vertebrados fósiles del Cenozoico parecen estar enteramente compuestos por fragmentos de huesos del excremento de depredadores o de *pelets* (*pellets*) de lechuzas (bolitas de excremento).[53] Esto también podría suceder durante un episodio catastrófico si grandes números de animales carroñeros y depredadores estuvieran activos. Tal vez el resultado sería un procesamiento bastante rápido desde animales apresados a huesos listos para su entierro.

Biomoléculas antiguas

Las investigaciones sobre biomoléculas tales como proteínas y ADN revelan que cuando se exponen al medioambiente, se descomponen con vidas medias de decenas a miles de años, según qué molécula sea.[54] En consecuencia, si el tiempo profundo fuera real, no deberían existir conservadas ninguna de estas biomoléculas más allá de cientos o miles de años. Sin embargo, abundante investigación en estos últimos años está encontrando evidencia cada vez más convincente que las proteínas y posiblemente incluso el ADN existen en formas claramente

identificables en los fósiles, aún en el Paleozoico.[55] Esta es una historia emergente, y todavía hay mucho que aprender. Pero aun a esta altura, la presencia de moléculas sobrevivientes por decenas o cientos de millones de años es otra indicación de que el ampliamente aceptado significado de las edades de desintegración radiométrica debe considerarse al menos tentativo.

Conclusión

Los ejemplos que se discutieron aquí no comprueban que la escala radiométrica del tiempo es incorrecta, pero la tornan bastante insatisfactoria. Algunos de nosotros hacemos la predicción de que descubriremos más razones por las que la datación radiométrica, por lo menos en el Fanerozoico, no da el tiempo correcto en años. Es solo una escala relativa de tasas isotópicas producidas por algún factor diferente al tiempo y asociadas con los eventos geológicos que ocurren en un período de tiempo real mucho más corto. Este factor será un proceso significativo que afecta todos los procesos radiométricos y no involucrará "arreglos" separados para cada método de datación.

La mayoría de los científicos objetarían considerar causas sobrenaturales para algunos eventos de la geología. Pero la pregunta real no es si nos gusta, sino más bien si en verdad ocurrió. Si realmente ocurrió, entonces es posible que alguna evidencia de ese acontecimiento singular pueda haber quedado en las rocas, y entonces podríamos encontrar esa evidencia. Por supuesto, solo podríamos reconocer esa evidencia si nuestras mentes están abiertas a esa posibilidad. Como hemos indicado, creemos que mucho de esta evidencia ya se está encontrando. A menudo se afirma que no hay evidencia para un diluvio global, pero a lo mejor la evidencia está todo a nuestro alrededor, y a menudo no se reconoce debido a suposiciones incorrectas (fig. 18.16). Es probable que no veamos algo si no creemos que existe.

En resumen, la datación radiométrica todavía es la evidencia más fuerte de la gran edad de las formaciones que contienen fósiles, pero no es una metodología completamente segura y se puede argumentar que mucha de la evidencia es contraria a su escala de tiempo. E incluso si cuestionamos la cantidad de tiempo en la historia de la tierra, los fechados radiométricos sí parecen ser el resultado de un proceso sistemático que ocurrió de la misma manera en todas partes. Incluso un geólogo de corta edad puede usar estas tasas isotópicas como una herramienta de correlación para determinar la edad relativa de las rocas, sin importar si las tasas nos dicen algo sobre el tiempo real.

Figura 18.16. Observadores que llegan a conclusiones equivocadas debido a la falta de evidencias importantes. Ilustración de Doug Oliver.

La tendencia a reconocer procesos más catastróficos es un movimiento en la dirección predicha por la teoría de corta edad. El campo de la geología se beneficiará si un mayor número de investigadores de las ciencias de la tierra activamente usaran la teoría de corta edad al proponer y poner a prueba las hipótesis sobre la datación radiométrica y la historia geológica, siempre que usen una metodología científica cuidadosa y se beneficien de la revisión científica de pares. A aquellos que están dispuestos a abrir nuevos caminos en la investigación y

observar las cosas familiares desde un nuevo punto de vista, les depara la emoción y el entusiasmo del descubrimiento. Pero este punto de vista necesitará dar cuentas de los datos de las edades radiométricas y no ignorarlos.

Cuando se trata de reconciliar la historia antigua con las Escrituras, no es sabio cambiar la posición de uno demasiado fácilmente. Por ejemplo, si una teoría de geología dada está basada en y es coherente con las Escrituras, pero no sabemos cómo hacerla concordar con los datos científicos, esto simplemente puede reflejar una falta de un conocimiento adecuado de los procesos antiguos y especialmente de cómo esos procesos pueden diferir de nuestros análogos modernos. Esto es aún más relevante si tuviéramos razón en pensar que los procesos antiguos (por ej., una catástrofe global) fueron muy diferentes de cualquier cosa que hayamos observado alguna vez. Se acepta que muchos depósitos geológicos antiguos no tengan análogos modernos adecuados.

Hay quienes han decidido que debemos reinterpretar la Escritura para que concuerde con la ciencia como la entiende la mayoría de los científicos hoy. Aunque sus razones sean comprensibles, también hay razón para pensar en un planteamiento diferente, buscar una teoría geológica coherente con una comprensión más literal de la Escritura. Dios sabe mucho más acerca de la historia de la tierra de lo que sabemos nosotros y ha demostrado un nivel de interés en comunicarse con nosotros que no es coherente con una alegorización del Génesis. Sin embargo, la Biblia indica una creación literal de una semana y un diluvio global, pero no requiere que la geología de corta edad explique toda o la mayor parte de la columna geológica dentro de un año de diluvio. Esta es una cuestión que requiere mucho más estudio.

Investigaciones y predicciones

Contrario a lo que muchos anticreacionistas dicen, los intervencionistas y la teoría de corta edad hacen numerosas sugerencias de investigaciones y predicciones que se pueden poner a prueba. El capítulo 19 describe un número de proyectos de investigación de este tipo terminados y publicados y enumera predicciones que pueden llevar a investigaciones más exitosas y nuevos conocimientos científicos.

El peso de la evidencia

Ahora podemos resumir un número de cuestiones que hemos considerado en la forma de una lista de evidencias en tres categorías de la tabla 18.3. En algunos casos, es una cuestión de opinión en qué lista específica debiera ubicarse un ítem en particular. En realidad, no se puede decidir la fortaleza de una teoría basados en el largo de tales listas, debido a que algunas líneas de evidencia tienen mucho más

peso que otras. De hecho, para desalentar la tendencia natural de decidir sobre una pregunta en base a qué lista es más larga, la tabla incluye suficiente de las mejores líneas de evidencia como para que las otras dos listas sean del mismo largo. Estas listas meramente son una manera de ayudarnos a organizar la información.

Tabla 18.3. El balance de la evidencia en favor o en contra de la macroevolución y la geología convencional.

Evidencia que favorece el intervencionismo y/ o la geología de corta edad	Evidencia neutral	Evidencia que favorece la macroevolución y la geología convencional
El problema del origen de la vida	La microevolución	La datación radiométrica, que indica largas edades
La falta de intermediarios fósiles	La especiación	La biogeografía (en parte)
El problema de originar nuevos planes corporales	La embriología	La secuencia de los fósiles de vertebrados; peces, anfibios, reptiles, mamíferos
La epigenética	Los órganos vestigiales	La clasificación precisa de los fósiles en el registro fósil
La complejidad celular	La naturaleza jerárquica de la vida	Los fósiles intermediarios entre reptiles y mamíferos
Estasis: la falta de cambio evolutivo en los fósiles	Diversos niveles de complejidad biológica	Las ballenas y sus antepasados
Las tasas de sedimentación	La homología	El tiempo requerido para enfriar los lacolitos
Las megabrechas (los clastos más grandes)	Las adaptaciones “subóptimas”	La glaciación (algo de
La pequeña cantidad de sedimentos en los océanos	La biogeografía (mayor parte)	
	El *Archaeopteryx*	

La tasa de erosión de los continentes

Las brechas en el registro geológico con algo o ninguna erosión

Formaciones sedimentarias ampliamente distribuidas

Extensos sedimentos estratificados

Bajos niveles de bioturbación

El registro de los humanos

La "transición" peces/ anfibios

La heterocronía y la pedomorfosis

La evolución de genes reguladores

Procesos de formación de rocas y minerales

Datación por carbono-14

Testigos de hielo

Evidencia usada para interpretar los ambientes de deposición

Evidencia de que en el pasado el agua cubría más de los continentes

El levantamiento de las montañas y el patrón general de erosión y desarrollo del paisaje

La glaciación (buena parte)

El proceso de fosilización

Los Channeled Scablands

la evidencia)

Los arrecifes fósiles (una parte)

Los estromatolitos que requieren tiempo para crecer

Los ciclos de mareas en los sedimentos

Los parásitos diabólicos

Depósitos evaporíticos

Movimiento lento de los continentes

Abundancia de turbiditas

"Nada ocurre en el Gran
Cañón excepto en una
catástrofe"

Las megabrechas (parte)

Fósiles marinos en el
Monte Everest

---

[1] A. Snelling, *Earth's Catastrophic Past: Geology, Creation, & the Flood* [*El pasado catastrófico de la tierra: la geología, la creación, y el diluvio*], 2 vols. (Dallas, TX: Institute for Creation Research, 2009).

[2] V.R. Baker, "The Spokane Flood Controversy and the Martian Outflow Channels" ["La controversia de la inundación de Spokane y los canales marcianos de derrame"], *Science* 202 (1978): 1249-56, doi:101126/science.202.4374.1249; V. Baker, "Joseph Thomas Pardee and the Spokane Flood Controversy" ["Joseph Thomas Pardee y la controversia de la inundación de Spokane"], *GSA Today* 5 (1995): 170-76; J.R. Soennichsen, *Bretz's Flood: The Remarkable Story of a Rebel Geologist and the World's Greatest Flood* [*La inundación de Bretz: La historia extraordinaria de un geólogo rebelde y la inundación más grande del mundo*] (Seattle, WA: Sasquatch Books, 2008).

[3] Soennichsen, *Bretz's Flood.*

[4] W.A. Berggren y J.A. Van Couvering, eds., *Catastrophes and Earth History: The New Uniformitarianism* [*Catástrofes y la historia de la Tierra: el nuevo uniformismo*] (Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984); C. Albritton, *Catastrophic Episodes in Earth History* [*Episodios catastróficos en la historia de la Tierra*] (New York: Chapman & Hall, 1989); R.J. Huggett, *Catastrophism: Systems in Earth History* [*El catastrofismo: sistemas en la historia de la Tierra*] (New York: Edward Arnold, 1990); C. Koeberl y K.G. MacLeod, *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* [*Eventos catastróficos y extinciones en masa: Impactos y más allá*] (Boulder, CO: Geological Society of America, 2002).

[5] S. Fridriksson, *Surtsey: Evolution of Life on a Volcanic Island* [*Surtsey: evolución de la vida sobre una isla volcánica*] (New York: John Wiley and Sons, 1975).

[6] W.K. Hamblin y E. H. Christiansen, *Earth's Dynamic Systems* [*El Sistema dinámico de la tierra*], 7a ed. (Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995), 130-32.

[7] H.E. Reineck e I.B. Singh, *Depositional Sedimentary Environments, with Reference to Terrigenous Clastics* [*Ambientes sedimentarios de deposición, con referencia a la clástica terrígena*], 2a. ed. (New York: Springer, 1980).

[8] R. Walker, “Mopping Up the Turbidite Mess” [“Pasándole el trapo de piso al lío de las turbiditas”], en *Evolving Concepts in Sedimentology* [*Conceptos en evolución en la sedimentología*], ed. R.N. Ginsburg (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1973), 1-37.

[9] A.V. Chadwick, “Megabreccias: Evidence for Catastrophism” [“Las megabrechas: evidencia de catastrofismo”], *Origins* 5 (1978): 39-46.

[10] Ibid.; P.J. Conaghan et al., “Nubrigyn Algal Reefs (Devonian), Eastern Australia: Allochthonous Blocks and Megabreccias” [“Arrecifes algales de Nubrigyn (Devónico), este de Australia: bloques alóctonos y megabrechas”], *Geological Society of America Bulletin* 87 (1976): 515-30.

[11] H.G. Stephens, E.M. Shoemaker, y J.W. Powell, *In the Footsteps of John Wesley Powell: An Album of Comparative Photographs of the Green and Colorado Rivers, 1871-72 and 1968* [*En los pasos de John Wesley Powell: Un álbum de fotografías comparadas de los ríos Green y Colorado, 1871-72 y 1968*] (Boulder, CO: Johnson Books, 1987).

[12] A. Roth, “Some Questions about Geochronology” [“Algunas preguntas sobre la geocronología”], *Origins* 13 (1986): 64-85.

[13] J. Gilluly, “Geologic Contrasts between Continents and Ocean Basins” [“Contrastes geológicos entre continentes y cuencas oceánicas”], en *Crust of the Earth* [*La corteza de la tierra*], ed. A. Poldervaart (Boulder, CO: Geological Society of America, 1955), 7-18.

[14] Roth, “Some Questions about Geochronology”.

[15] *Ibid*.

[16] *Ibid*.

[17] P.M. Sadler, “Sediment Accumulation Rates and the Completeness of Stratigraphic Sections” [“Las tasas de acumulación de sedimentos y la completud de las secciones estratigráficas”], *Journal of Geology* 89 (1981): 569-84.

[18] *Ibid*.

[19] C.E. Brett y G.C. Baird, “Comparative Taphonomy: A Key to Paleoenvironmental Interpretation Based on Fossil Preservation” [“Tafonomía comparada: una clave para la interpretación paleoambiental basada en la conservación de los fósiles”], *Palaios* 1 (1986): 207-27.

[20] G. Berthault, A.V. Lalomov, y M.A. Tugarova, “Reconstruction of Paleolithodynamic Formation Conditions of Cambrian-Ordovician Sandstones in the Northwestern Russian Platform” [“La reconstrucción de las condiciones paleolitodinámicas de formación de areniscas del Cámbrico-Ordovícico de la plataforma del noroeste de Rusia”], *Lithology and Mineral Resources* 46 (2011): 60-70, doi:10.1134/S0024490211010020.

[21] T.H. van Andel, “Consider the Incompleteness of the Geological Record” [“Considera la imperfección del registro geológico”], *Nature* 294 (1981): 397-98.

[22] *Ibid*., 398.

[23] *Ibid*.

[24] A. Roth, "Those Gaps in the Sedimentary Layers" ["Esas brechas en los estratos sedimentarios"], *Origins* 15 (1988): 75-92.

[25] *Ibid*.

[26] *Ibid*.

[27] C.R. Twidale, "On the Survival of Paleoforms" ["Sobre la supervivencia de las paleoformas"], *American Journal of Science* 276 (1976): 77-95, 81.

[28] G.H. Billingsley y E.D. McKee, "Pre-Supai Buried Valleys" ["Valles enterrados en el pre-Supai"], en *The Supai Group of Grand Canyon* [*El Grupo Supai en el Gran Cañón*], ed. E.D. McKee (Reston, VA: U.S. Government Printing Office, 1982), 137-53.

[29] E.D. McKee, "Erosion Surfaces" ["Superficies de erosión"], en *The Supai Group of Grand Canyon* [*El Grupo Supai del Gran Cañón*], ed. E.D. McKee (Reston, VA: U.S. Government Printing Office, 1982), 155-76.

[30] D.V. Ager, *The Nature of the Stratigraphical Record* [*La naturaleza del registro estratigráfico*], 2a ed. (New York: John Wiley and Sons, 1981), 20.

[31] N.D. Newell, "Paraconformities" ["Paraconformidades"], en *Essays in Paleontology and Stratigraphy* [*Ensayos en paleontología y estratigrafía*], ed. C. Tichert y L. Yochelson (Lawrence: University of Kansas Press, 1967), 349-67.

[32] C.E. Brett, "A Slice of the 'Layer Cake': The Paradox of 'Frosting Continuity'" ["Una rebanada de la 'torta de capas': La paradoja de 'la continuidad del glaseado'"], *Palaios* 15 (2000): 495-98.

[33] L.R. Brand et al., "Fossil Whale Preservation Implies High Diatom Accumulation in the Miocene-Pliocene Pisco Formation of Peru" ["La conservación de ballenas fósiles implica una elevada acumulación de diatomeas en la Formación Pisco del Mioceno-Plioceno de Perú"], *Geology* 32 (2004): 165-68; R. Esperante et al., "Taphonomy and Paleoenvironmental Conditions of Deposition of Fossil Whales in the Diatomaceous Sediments of the Miocene-Pliocene Pisco Formation, Southern Peru– A New Fossil-Lagerstatte" ["Tafonomía y condiciones paleoambientales de deposición de ballenas fósiles en los sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno-Plioceno, sur de Perú– un nuevo Lagerstatte fósil"], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 417 (2015): 337-70.

[34] L.R. Brand, "Lacustrine Deposition in the Bridger Formation: Lake Gosiute Extended" ["Deposición lacustre en la Bridger Formation: El Lago Gosiute extendido"], *The Mountain Geologist* 44 (2007): 69-78.

[35] H.P. Buchheim, "Paleonenvironments, Lithofacies and Varves of the Fossil Butte Member of the Eocene Green River Formation, Southwestern Wyoming" ["Paleoambientes, litofacies y varves del Fossil Butte Member de la Green River Formation del Eoceno, suroeste de Wyoming"], *Rocky Mountain Geology* 30 (1994):3-14.

[36] R.E. Biaggi, "Paleoecology, Taphonomy and Paleoenvironments of a Unique Littoral Ecosystem within the Eocene Green River Formation of Wyoming" ["Paleoecología, tafonomía y paleoambientes de un ecosistema litoral singular en la Formación Green River del Eoceno en Wyoming"] (Disertación doctoral, Loma Linda University, 2001).

[37] A. Seilacher, "Fossil Behavior" ["Conducta fósil"], *Scientific American* 217 (1967): 72-80; E.N.K. Clarkson, *Invertebrate Palaeontology and Evolution* [*Paleontología y evolución de los invertebrados*], 3a ed. (New York: Chapman & Hall, 1993), 362-66.

[38] R.G. Bromley, *Trace Fossils: Biology and Taphonomy* [*Trazas fósiles: biología y tafonomía*] (Boston: Unwin Hyman, 1990); S.K. Donovan, *The Palaeobiology of Trace Fossils* [*La paleobiología de fósiles traza*] (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1994).

[39] Bromley, *Trace Fossils,* 200-204.

[40] *Ibid*.

[41] L. Brand y J. Florence, "Stratigraphic Distribution of Vertebrate Fossil Footprints Compared with Body Fossils" ["La distribución estratigráfica de pisadas fósiles de vertebrados en comparación con los fósiles de los cuerpos"], *Origins* 9 (1982): 67-74.

[42] *Ibid*.

[43] D.D. Gillette y M.G. Lockley, *Dinosaur Tracks and Traces* [*Huellas y trazas de dinosaurios*] (New York: Cambridge University Press, 1989); T. Thulborn, *Dinosaur Tracks* [*Huellas de dinosaurios*] (London: Chapman & Hall, 1990); M.G. Lockley, *Tracking Dinosaurs: A New Look at an Ancient World* [*Rastreando los dinosaurios: Una nueva mirada a un mundo antiguo*] (New York: Cambridge University Press, 1991); M.G. Lockley y A.P. Hunt, *Dinosaur Tracks: And Other Fossil Footprints of the Western United States* [*Huellas de dinosaurios: Y otras pisadas fósiles del oeste de los Estados Unidos*] (New York: Columbia University Press, 1995).

[44] W.G. Chaloner y A. Hallam, *Evolution and Extinction: A Discussion* [*Evolución y Extinción: una discusión*] (London: Royal Society, 1989); S.K. Donovan, *Mass Extinctions: Processes and Evidence* [*Las extinciones en masa: procesos y la evidencia*] (New York: Columbia University Press, 1989); D.B. Carlisle, *Dinosaurs, Diamonds, and Things from Outer Space: The Great Extinction* [*Los dinosaurios, los diamantes, y cosas del espacio exterior: la gran extinción*] (Stanford, CA: Stanford University Press, 1995).

[45] Carlisle, *Dinosaurs, Diamonds, and Things;* S.M. Stanley, *Exploring Earth and Life through Time* [*Exploración de la tierra y la vida a lo largo del tiempo*] (New York: Freeman, 1993), 388-93.

[46] Chaloner y Hallam, *Evolution and Extinction;* L.W. Alvarez et al., "Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction" ["Una causa extraterrestre para la extinción del Cretácico-Terciario"], *Science* 208 (1980): 1095-108, doi:10.1126/science.208.4448.1095; S.J. Gould, "An Asteroid to Die For" ["Un asteroide por el cual morir"], *Discover,* Octubre 1989, 60-65; W. Glen, "What Killed the Dinosaurs?" ["¿Qué mató a los dinosaurios?"], *American Scientist* 78, (Julio 1990): 354-70; Stanley, *Exploring Earth and Life,* 389-93; P.D. Ward, "After the Fall: Lessons and Directions from the K/T Debate" ["Después de la caída: Lecciones y direcciones del debate del K/T"], *Palaios* 10 (1995): 530.

[47] R.A. Kerr, “Paleontology: A Volcanic Crisis for Ancient Life?” [“Paleontología: ¿Una crisis volcánica para la vida antigua?”], *Science* 270, no. 5223 (1995): 27-28.

[48] A.K. Behrensmeyer y A.P. Hill, *Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology* [*Fósiles en preparación: tafonomía de los vertebrados y la paleoecología*] (Chicago: University of Chicago Press, 1980); P.A. Allison y D.E. G. Briggs, *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record* [*Tafonomía: liberando los datos encerrados en el registro fósil*] (New York: Plenum, 1991); S.K. Donovan, *The Processes of Fossilization* [*Los procesos de fosilización*] (New York: Columbia University Press, 1991); R.L. Lyman, *Vertebrate Taphonomy* [*Tafonomía de los vertebrados*] (New York: Cambridge University Press, 1994); D.E.G. Briggs, “Experimental Taphonomy” [“Tafonomía experimental”], *Palaios* 10 (1995): 539-50; M.E. De Renzi et al., eds., *Current Topics on Taphonomy and Fossilization* [*Tópicos actuales sobre tafonomía y fosilización*] (Valencia, Spain: Ayuntamiento de Valencia, 2002); P.A. Allison y D.J. Bottjer, *Taphonomy: Process and Bias through Time* [*Tafonomía: proceso y sesgo a través del tiempo*], 2a ed. (Dordrecht: Springer, 2011).

[49] Brand, “Lacustrine Deposition”.

[50] Brand et al., “Fossil Whale Preservation”; Esperante et al., “Taphonomy and Paleoenvironmental Conditions”.

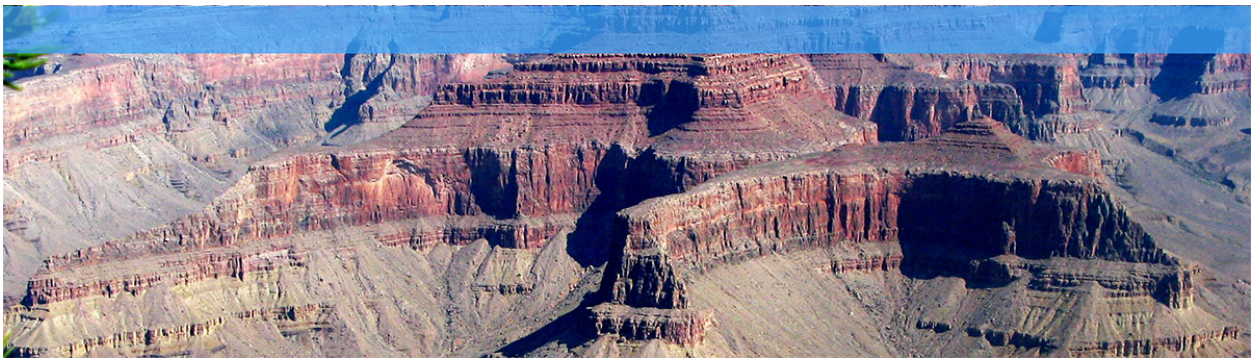
[51] Allison y Briggs, *Taphonomy;* De Renzi et al., *Current Topics;* Allison y Bottjer, *Taphonomy;* R.E. Plotnick, “Taphonomy of a Modern Shrimp: Implications for the Arthropod Fossil Record” [“Tafonomía de un camarón moderno: Implicaciones para el registro fósil de los artrópodos”], *Palaios* 1 (1986): 286-93; P.A. Allison et al., “Deep-Water Taphonomy of Vertebrate Carcasses: A Whale Skeleton in the Bathyal Santa Catalina Basin” [“Tafonomía de aguas profundas de cadáveres vertebrados: un esqueleto de ballena en la cuenca batial de Santa Catalina”], *Paleobiology* 17 (1991): 78-89.

[52] S. Dornbos, “High-Resolution Geochemical Evidence for Oxic Bottom Waters in Multiple Cambrian Burgess Shale-Type Deposits” [“Evidencia geoquímica de alta resolución para aguas del fondo con oxígeno en múltiples depósitos del tipo Burgess Shale del Cámbrico”], *Geological Society of America Bulletin* 46 (2014): 433.

[53] J.S. Mellet, “Scatological Origin of Microvertebrate Fossil Accumulations” [“Origen escatológico de acumulaciones de microvertebrados fósiles”], *Science* 185 (1974): 349-50; P. Dodson y D. Wexlar, “Taphonomic Investigations of Owl Pellets” [“Investigaciones tafonómicas de pelets de lechuza”], *Paleobiology* 5 (1979): 275-84.

[54] Por ejemplo, T. Lindahl y B. Nyberg, “Rate of Depurination of Native Deoxyribonucleic Acid” [“Tasa de depurinación del ácido desoxirribonucleico native”], *Biochemistry* 11 (1972): 36-10-18, doi:10.1021/bi00769a018; J.L. Bada, X.S. Wang, y H. Hamilton, “Preservation of Key Biomolecules in the Fossil Record: Current Knowledge and Future Challenges” [“Conservación de biomoléculas clave en el registro fósil: conocimiento actual y futuros desafíos”], *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 354 (1999): 77-86, doi:10.1098/rstb.1999.0361.

[55] G.D. Cody etal., “Molecular Signature of Chitin-Protein Complex in Paleozoic Arthropods”[“Impronta molecular de complejos de quitina-proteína en artrópodos del Paleozoico”], *Geology* 39 (2011): 255-58; M.H. Schweitzer et al., “Molecular Analyses of Dinosaur Osteocytes Support the Presence of Endogenous Molecules” [“Análisis moleculares de osteocitos de dinosaurios apoya la presencia de moléculas endógenas”], *Bone* 52 (2012): 414-23, doi:10.1016/j.bone.2012.10.010; M. Hofreiter, M. Collins, y J.R. Stewart, “Ancient Biomolecules in Quaternary Palaeoecology” [“Biomoléculas antiguas en la paleoecología del Cuaternario”], *Quaternary Science Reviews* 33 (2012): 1-13.



Capítulo 19

Investigaciones y predicciones

Reseña

A algunos de nosotros la experiencia nos convence de que las interpretaciones intervencionistas pueden ser un estímulo efectivo para investigaciones geológicas de calidad, y cuando se realizan bajo los estándares de calidad esperadas por cualquier científico, estos investigadores a menudo encuentran cosas que otros geólogos había pasado por alto. Este capítulo describe varios ejemplos de proyectos de investigación realizados por intervencionistas, que se han publicado en revistas científicas indexadas y con revisión de pares.

La investigación bajo el paradigma del intervencionismo

Nuestra experiencia nos indica que el intervencionismo, tal como se describió anteriormente, es un marco efectivo para el desarrollo de la ciencia. Lo que sigue son varios ejemplos específicos de investigaciones llevadas a cabo bajo esta filosofía intervencionista y en su mayoría, publicadas en revistas científicas con revisión de pares. Este trabajo ilustra que la creencia en el intervencionismo no inhibe de ninguna manera la investigación productiva de una calidad tal que le permite publicarse en la literatura científica con revisión de pares. A veces se han publicado declaraciones al efecto de que los creacionistas y aquellos que creen en la “geología diluviana” nunca han intentado contribuir al avance de la ciencia, y no publican trabajos de investigación científica. Esas declaraciones no son verdaderas.

Conocemos muchas personas que son intervencionistas, educadas en la ciencia, que son contribuyentes entusiastas a la empresa científica, siguiendo los altos estándares de la práctica científica.

Isaac Asimov dijo una vez, "La más fascinante frase que se pueda escuchar en la ciencia, la que proclama nuevos descubrimientos, no es 'Eureka' (¡lo encontré!), sino '¡qué gracioso!'".[1] Las investigaciones que se describen a continuación a menudo resultaron de ver algo que "parecía gracioso" porque no concordaba con la teoría aceptada. Otros no vieron esas cosas o las vieron pero no siguieron investigándolas.

Los bosques petrificados de Yellowstone

Dentro y en los alrededores del Parque Nacional Yellowstone existen depósitos volcánicos que contienen una serie de bosques petrificados, uno sobre el otro, con troncos erguidos (verticales) que parecen estar en su posición original de crecimiento. Si esos bosques que contienen algunos árboles muy grandes crecieron en su posición actual, un bosque a continuación del otro, se requeriría una gran cantidad de tiempo. Los intervencionistas comenzaron a estudiar esos bosques para determinar si existía una interpretación alternativa igualmente válida. Sus investigaciones condujeron al desarrollo de la hipótesis de que los árboles fósiles no crecieron donde están ahora, sino que fueron transportados a ese lugar junto con los sedimentos. Varias líneas de investigación, publicadas en revistas profesionales, apoyan esa hipótesis.[2]

La geología del Gran Cañón (del Río Colorado)

Arthur Chadwick ha estudiado la Arenisca Tapeats cerca del fondo del Gran Cañón. Él y sus colaboradores encontraron rasgos que claramente cambian la interpretación usual.[3] Otros han interpretado la Arenisca Tapeats como una acumulación de arena en agua somera (poca profundidad) a lo largo de la costa de un océano, con el nivel del agua y la parte superior del depósito de arena subiendo a lo largo de un acantilado existente a lo largo de millones de años. La arena finalmente cubrió la cara del acantilado y sobrepasó la cima del acantilado. Los hallazgos de Chadwick e Elaine Kennedy requieren una acumulación de arena en aguas profundas a través de procesos muy diferentes de los que sucederían en aguas poco profundas (además se produciría con mayor rapidez, pero su investigación no trató esa cuestión). Presentaron sus datos y conclusiones en una reunión profesional de geólogos y se concluyó, en base a los nuevos datos, que

Chadwick y Kennedy estaban en lo correcto. Más tarde un geólogo le preguntó al doctor Chadwick cómo fue que vio esas cosas que otros geólogos habían pasado por alto. La respuesta es que nuestra cosmovisión nos motiva a formular preguntas que otros no hacen —a cuestionar las conclusiones que otros toman por sentado— y abre nuestros ojos para ver cosas que lo más probable es que otros geólogos que trabajan dentro de la teoría científica naturalista convencional pasen por alto.

Un científico cuidadoso que permite que la historia bíblica influya sobre su ciencia no usará un método científico diferente del que usan otros científicos. Cuando estamos frente a un afloramiento de rocas, todos usamos el mismo método científico. Los tipos de datos que potencialmente están a nuestro alcance son los mismos, y usamos los mismos instrumentos científicos y procesos de la lógica para analizar los datos. La diferencia radica en (1) las preguntas que tendemos a formular, (2) los tipos de hipótesis que probablemente consideremos (el rango se inclina más hacia procesos geológicos rápidos, pero aun así, es bastante amplio), y (3) cuál de los tipos de datos potenciales es más probable que capture nuestra atención.

Los vertebrados fósiles en la Formación Bridger del Eoceno en el sudoeste de Wyoming

Mis propias investigaciones (Brand) incluyeron un estudio de los fósiles y los procesos sedimentarios en la Formación Bridger, un depósito clásico rico en vertebrados fósiles. Muchos otros paleontólogos de vertebrados han estudiado la Formación Bridger desde la década de 1860, pero las tortugas fósiles todavía son muy abundantes. Mis colaboradores y yo comenzamos a estudiar la Bridger con algunos de nosotros haciendo preguntas como las siguientes: “La evidencia, ¿apoya una escala de tiempo de millones de años para la Formación Bridger? ¿Qué procesos depositaron los fósiles y el sedimento, y cuánto tiempo duró?” Otros científicos probablemente piensen que la respuesta ya está dada con la escala radiométrica del tiempo, y por lo tanto algunas de nuestras preguntas eran diferentes de las preguntas que otros científicos hacen.

Las abundantes tortugas resultaron ser una importante línea de evidencia, en combinación con el estudio de los sedimentos que las enterraron. Varios años de investigación señalaron claramente a la conclusión de que la mayoría de las tortugas fósiles resultaron de mortalidades en masa de muchos miles de tortugas en un área de varios cientos de miles de kilómetros cuadrados. Luego, las tortugas muertas se enterraron con sedimento en el lapso de unos pocos meses, antes de que los procesos de descomposición normal pudieran desarticular sus caparazones en huesos individuales.[4] Estos procesos de descomposición y su marco de tiempo

fueron estudiados en el laboratorio.[5] La evidencia indicaba que el sedimento asociado con las tortugas se acumuló relativamente rápido.

La datación radiométrica de algunas tobas volcánicas (capas de ceniza volcánica) indican un lapso de varios millones de años para la Formación Bridger. Nuestros datos indican que por lo menos algo del sedimento se acumuló rápidamente, y similitudes a lo largo de buena parte de la formación levantan dudas sobre largos períodos de tiempo para la Bridger.[6]

A lo largo de la Formación Bridger hay un número de estratos de calizas que se formaron en lagos. En la literatura geológica se ha afirmado que la mayoría de estas calizas son locales, y solo una atraviesa toda la cuenca. También se asume que las tortugas murieron en lagunas locales o pantanos que se secaron. Debido a que mis preguntas sobre cuán extensos y catastróficos eran los procesos, comencé a mapear las calizas para determinar en realidad cuán extensas eran. Se hizo claro que la mayoría de las calizas cubren toda la cuenca de varios cientos de kilómetros cuadrados y que una mortalidad en masa de tortugas que habíamos estudiado en realidad era un proceso a lo largo de toda la cuenca, no concentraciones locales de tortugas. Las preguntas que hacíamos nos abrieron los ojos para darnos cuenta de cosas que otros no habían reconocido.

Estas investigaciones acumularon datos que hacen que surjan preguntas sobre la aplicación de fechados radiométricos para la Formación Bridger, pero nuestros hallazgos también indican que la deposición de la Formación Bridger aparentemente no pudo producirse en unas pocas semanas o meses.

La tafonomía experimental

Si comprendemos los procesos de descomposición y desarticulación esquelética de animales recién muertos en el presente, así como cuánto tiempo tardan esos procesos, es más probable que nuestras interpretaciones de estos procesos en los depósitos fósiles sean correctas. Por esa razón, hicimos un estudio comparativo de laboratorio de la descomposición y desarticulación en cadáveres de pequeños anfibios, reptiles, mamíferos y aves.[7] En esta investigación, la teoría intervencionista no sugiere hipótesis singulares, sino que simplemente reconoce el beneficio de una investigación precisa que nos puede ayudar a entender cómo se forman los depósitos de fósiles.

Las ballenas fósiles de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno de Perú

La Formación Pisco de Perú contiene numerosas ballenas fósiles en un sedimento rico en diatomeas. Las diatomeas microscópicas son organismos que flotan cerca de la superficie de lagos y océanos. Cuando se mueren, sus esqueletos de silicio se hunden, y en los océanos modernos, usualmente forman acumulaciones de diatomita de unos pocos centímetros de grosor cada mil años. Generalmente se asume que los depósitos antiguos (fósiles) de diatomita se formaron a esta baja velocidad, unos pocos centímetros por cada mil años.

Los geólogos han publicado sobre la geología general de la Formación Pisco, y los paleontólogos han estudiado las ballenas y dónde encajan en el escenario evolutivo, pero aparentemente nadie ha preguntado cómo puede ser que el sedimento que se acumula a razón de unos pocos centímetros cada mil años pueda contener ballenas completas y bien conservadas, las que parecen requerir de un entierro rápido para su conservación. Este fue otro caso en el que nuestra cosmovisión nos abrió los ojos para ver cosas que otros no habían visto o no habían tomado seriamente: la incongruencia de las ballenas bien conservadas opuestas a la presunta baja tasa de acumulación de diatomeas. Nuestras investigaciones hechas por geólogos y paleontólogos señalan un entierro rápido, probablemente en el lapso de unas pocas semanas o meses para cualquiera de las ballenas, y sugiere algunos procesos que pueden ayudar a explicar cómo las diatomeas antiguas pueden haberse acumulado mucho más rápido de lo que se suele asumir.[8]

A medida que publicamos los hallazgos de nuestras investigaciones, los científicos más destacados del campo tienen la oportunidad de evaluar nuestro trabajo y se muestran ansiosos de señalar nuestros errores. Este es un fuerte incentivo para que evitemos los descuidos. Por supuesto, en nuestras publicaciones, solo discutimos nuestro trabajo científico, no nuestra filosofía personal, y si los datos apoyan nuestras conclusiones, nuestro trabajo resistirá la crítica de los revisores científicos. En nuestras investigaciones, es muy importante estar al tanto de los datos y las ideas de los científicos que abordan el tema desde un punto de vista diferente, y, en algunos casos, incluso colaborar con ellos. A veces podemos ver cosas que otros no ven, y ellos pueden ver cosas que podemos pasar por alto, y esto funciona como un control de calidad mutuo.

Estas investigaciones no comprueban que los fechados radiométricos están equivocados, pero muestran de qué manera un abordaje científico basado en la fe puede producir nuevos conocimientos que no obtuvieron otros que no estaban haciéndose las mismas preguntas.

Rastros de vertebrados fósiles en la Arenisca Coconino del Pérmico, en el norte de Arizona

La Arenisca Coconino suele ser interpretada como un depósito de arena desértica llevada por el viento, y sus únicos fósiles, rastros de vertebrados, se han considerado como prueba en apoyo de esta interpretación. Debido a que me preguntaba cómo esa interpretación de desierto podría encajar en un modelo bíblico de la historia de la tierra, por algunos años, yo (Brand) he llevado a cabo investigaciones sobre esos rastros.[9] Al presente, no es claro cuál será la conclusión final de estas investigaciones. Los rastros tienen rasgos que parecen virtualmente imposibles de explicar a menos que los animales los hayan hecho estando completamente sumergidos en agua, mientras que las evidencias sedimentarias, tal como la interpretan los sedimentólogos, parecen apuntar a arena llevada por el viento. Esta aparente contradicción indica que existen algunas piezas desconocidas de este rompecabezas que todavía están por descubrirse. Cuando esas piezas se encuentren, podrían ofrecer nuevos conocimientos sobre los procesos de deposición de la arena, o sobre la manera en que se producen rastros bajo condiciones singulares. Sin importar cuál sea el desenlace, nuestra comprensión de la Arenisca Coconino y sus rastros fósiles estarán sobre un fundamento más seguro como resultado de mi cuestionamiento de la interpretación aceptada de esos rastros.

Al llegar a nuestras conclusiones, es importante no ir más allá de las evidencias. Estas investigaciones no muestran si los rastros se hicieron o no en el diluvio bíblico. Simplemente apuntan a un origen subacuático de esos rastros.

Inyectitas en la base de la Arenisca Coconino

A lo largo del Gran Cañón (del Río Colorado), en la parte superior de la Lutita Hermit, hay unas grietas verticales rellenas de arena desde la suprayacente Arenisca Coconino. Por muchos años, éstas han sido consideradas grietas de desecación, causadas por el secado de los sedimentos de la Lutita Hermit, y luego rellenadas por la arena de la Coconino. Esta interpretación no había sido examinada con detenimiento hasta que geólogos abiertos a nuevas interpretaciones de los paleoambientes de esos sedimentos comenzaron a estudiar esas grietas. Encontraron varios tipos de evidencia, aparentemente no vista anteriormente, que no era compatible con grietas de desecación, sino que apuntaba a la inyección forzada de arena mojada de la Coconino dentro del barro subyacente.[10] Los investigadores creen que las grietas rellenas de arena fueron inyectadas debido a la energía liberada en un terremoto durante el movimiento de la falla Bright Angel.

La especiación del ratón de patas blancas

Se realizó un estudio de la posible especiación del ratón de patas blancas (género *Peromyscus*) en varias islas del Golfo de California. Comenzó con dos hipótesis alternativas para el estado de esos ratones: (1) los ratones de las islas eran una especie separada que había surgido de ratones emparentados en el continente, *Peromyscus eremicus*, o (2) los ratones de las islas todavía eran de la misma especie que los ratones del continente. En ese caso, la teoría intervencionista no favorece automáticamente a ninguna de las dos. La evidencia apoya la conclusión de que los ratones de las islas se convirtieron en una especie separada, aparentemente en respuesta al aislamiento en las islas.[11] Este y un número de estudios similares demuestran que la filosofía intervencionista puede ser un estímulo efectivo para la investigación sobre los procesos de evolución tales como la microevolución y la especiación sin asumir que los grupo principales de organismos surgieron por el proceso de evolución.

Funciones beneficiosas de microbios en la biósfera

Se ha podido comprender mucho mejor la complejidad de las células, y el propósito de las células en los organismos multicelulares vivientes es obvia a medida que las células trabajan juntas como parte de tejidos y órganos complejos. Sin embargo, la función de las criaturas más abundantes sobre la tierra, los microbios unicelulares como las bacterias, es menos obvia. Además, como los microbios poseen exquisitos mecanismos diseñados que participan en los procesos de la enfermedad, a primera vista parecen difíciles de explicar en un contexto bíblico. Sin embargo, la gran mayoría de los microbios dan apoyo a la biósfera por medio del ciclaje y reciclaje de nutrientes, en muchos casos en una escala global.

El hecho de que los microbios participan en funciones beneficiosas en la biósfera también nos lleva a predicciones sobre cómo podrían operar en organismos vivos como agentes beneficiosos. Las investigaciones de Joseph Francis muestran que los microbios que desarrollan una función beneficiosa en un organismo o lugar pueden ser perjudiciales si se desplazaran o reubicaran en otro organismo vivo. El uso de esta "teoría de desplazamiento" puede ayudarnos a entender mejor el origen y la función de microbios patógenos.

Todos los organismos biológicos, incluyendo las simples bacterias, tienen un sistema inmune exquisito y complejo. La presencia de sistemas inmunes complejos en los organismos vivientes sugiere que la enfermedad y la muerte pueden haber sido parte de la creación original. Sin embargo, los receptores para los patógenos en el sistema inmune de los mamíferos se activan solo con unas pocas moléculas.[12]

Actualmente, Francis está trabajando sobre la idea de que originalmente, el sistema inmune mamífero operaba como un sistema filtrador para promover y proteger la asociación de microbios beneficiosos con mamíferos y humanos mediante un sistema de filtro que separaba los microbios que no eran parte del sistema. También está trabajando sobre el concepto de que el sistema inmunológico es un artefacto sensorial usado para detectar microbios beneficiosos en el medioambiente.[13]

Las paleocorrientes

Se ha realizado una extensa reseña de la evidencia geológica de la dirección del movimiento de las corrientes (casi siempre corrientes de agua) que depositaron los estratos sedimentarios en la columna geológica. Los datos provienen de publicaciones geológicas y tesis o disertaciones de alumnos de posgrado. En el presente, más de un millón de datos vienen del Precámbrico al Cenozoico de todos los continentes. La base de datos publicada de esta información es provechosa para una variedad de proyectos de investigación geológica, lo que incluye tratar de comprender los procesos geológicos durante el diluvio global.[14]

Evaluación de algunas evidencias usadas en favor del creacionismo

Polen precámbrico en el Gran Cañón (Río Colorado). Algunos investigadores creacionistas mantuvieron que las rocas del Precámbrico en el Gran Cañón contienen polen fosilizado de angiospermas (plantas con flores), y que esto es una evidencia contra la evolución (presumiblemente las plantas angiospermas no evolucionaron hasta mucho después de la era Precámbrica). Una afirmación tan significativa como esa debería ser verificada independientemente para estar seguros de su autenticidad. Otro intervencionista repitió la investigación. Sus datos indicaron que estas rocas no contienen polen fósil de angiospermas. La aseveración original aparentemente resultó de la contaminación de las muestras con polen moderno.[15]

Huellas humanas en rocas del Cretácico. Algunos intervencionistas han afirmado que una caliza del Cretácico cerca del Paluxy River en Texas contiene huellas humanas fósiles en asociación con huellas de dinosaurios. Así como con la historia del polen en el Precámbrico, una aseveración tan significativa debería continuarse con un estudio extenso y cuidadoso. Cuánto más significativas las implicaciones, con tanto más rigor debería examinarse la afirmación, antes de proclamarla como

evidencia a favor o en contra de la intervención o la evolución. Un reestudio de las huellas del Paluxy River convenció a un número de intervencionistas de que las huellas no son humanas.[16]

Otros campos

En las ciencias médicas y áreas como la biología, la química, y la física que no tratan con la evolución o la historia, un número de intervencionistas están desarrollando investigaciones científicas de alta calidad. Su filosofía no les impide de ninguna manera usar el proceso científico en su estudio de el funcionamiento del mundo natural. La suposición común de que una creencia en la creación hace imposible que una persona sea un científico efectivo simplemente no es verdad si la persona tiene una educación científica y valora la calidad del trabajo que se espera de un científico.

Predicciones

Contrario a lo que muchos anticreacionistas dicen, los intervencionistas y la teoría de corta edad formulan numerosas sugerencias de investigación y predicciones para poner a prueba. La lista en la tabla 19.1 incluye ejemplos de predicciones generales o conclusiones, y podrían subdividirse en predicciones más específicas y verificables. La lista incluye predicciones tanto biológicas como geológicas. Futuras investigaciones sin duda generarán tipos adicionales de predicciones. El hacer predicciones no siempre es una empresa infalible, pero estas predicciones generalmente son una consecuencia de los principios del intervencionismo bíblico y de la geología de corta edad. Esperamos que la verificación de estas y otras predicciones generen importantes conocimientos científicos.

Tabla 19.1. Predicciones inferidas de la geología de corta edad (en un marco de tiempo compatible con una historia bíblica literal).

---

1. Los fechados radiométricos no indican tiempo real, por lo menos para las rocas del Fanerozoico. Parecen indicar una edad relativa (qué evento precedió a qué otro) pero no edad absoluta. Por alguna razón, las tasas de isótopos radiométricos padre-hijo han

cambiado a lo largo de la columna geológica, y no por el paso de largos períodos de tiempo. Por lo menos para el Fanerozoico, el tiempo profundo no es real.

2. Si alguna vez se encontrara el arca de Noé y se datara con carbono-14, el fechado no será de unos pocos miles de años sino que indicará casi una edad infinita, o una edad similar a los depósitos de carbón del Paleozoico. Esto se debe a que el arca se construyó con madera del mundo prediluviano, que aparentemente estaba viviendo antes que los seres vivos contengan cantidades significativas de carbono-14.

3. Una buena parte del registro Fanerozoico se depositó por procesos mucho más rápidos y catastróficos de lo que la teoría convencional espera. Se encontrará que algunos, y probablemente muchos, depósitos sedimentarios se formaron por procesos que no se observan, o por lo menos que no se observan adecuadamente, en los análogos modernos.

4. Los rasgos de las rocas que se interpretan como ciclos de Milankovitch (procesos climáticos cíclicos controlados por la variación solar, que representan ciclos de cientos a decenas de miles de años cada uno) no resultaron de tales largos ciclos. Se formaron rápidamente por algún otro proceso. Otros procesos cíclicos en las rocas también fueron rápidos, y no ocuparon eones de tiempo.

5. Las finas láminas de algunas rocas generalmente se interpretan como *varves*, que son láminas que se forman una por año, como ocurre hoy en algunos lagos de áreas con glaciares. Nuestra predicción es que estos ciclos de miles de finas láminas en los depósitos antiguos no son varves. Existen otros mecanismos por descubrirse que explicarán esas rocas finamente laminadas mediante procesos mucho más rápidos.

6. Se descubrirá que muchos ejemplos de conjuntos fósiles que se parecen a un análogo moderno son el resultado de procesos diferentes de los que comúnmente vemos hoy. Puede ser que la dependencia del tiempo profundo no estimule estudios más profundos y cuidadosos si un análogo moderno parece ofrecer una explicación, por ejemplo, los bosques petrificados de Yellowstone.

7. Parte de las rocas que se formaron durante el año de la catástrofe no deberían tener grietas de desecación reales u otros rasgos similares del tipo que requiere semanas o meses para formarse en cada nivel donde ocurren.

8. Los estromatolitos, arrecifes y evaporitas, en partes del Cenozoico, generalmente se explicarán mediante procesos idénticos o similares a aquellos que usa la teoría geológica convencional. Se pueden explicar dentro de un marco de tiempo de varios miles de años sin que se distienda la teoría. En las partes inferiores de la columna geológica, se encontrará que fenómenos que parecen muy similares en realidad solo son superficialmente similares a los verdaderos estromatolitos y evaporitas, pero formados por un proceso diferente, que no requiere de mucho tiempo.

9. La mayoría de las estructuras llamadas arrecifes realmente eran un tipo de flujo de derrubios, o arrecifes que crecieron antes del diluvio.

10. Los ciclos de mareas en las rocas, con aproximadamente dos láminas formadas cada día, serán más comunes en las rocas antiguas de lo que se reconoce en la actualidad.

11. Una teoría de un diluvio global explicará mucho mejor mucho del paisaje moderno que la teoría geológica convencional. Algunos de los rasgos de la

superficie terrestre (por ej., la Grand Staircase en Utah: en forma de una gran escalinata) se explicarán mejor con un flujo masivo de agua.

12. La mayoría de las formaciones de rocas del Fanerozoico Inferior se depositaron a velocidades muy rápidas y catastróficas, a lo mejor equivalentes a la magnitud de una inundación repentina moderna pero a escala global. Podrían producirse intervalos sin deposición de hasta unos pocos meses.

13. En una buena parte del pasado, la deriva de los continentes desarrolló varios órdenes de magnitud más rápida que al presente.

14. Eventualmente, nueva evidencia refutará la teoría de que la secuencia en la aparición de los diferentes grupos fósiles en la mayor parte del registro fue el resultado de una evolución a gran escala.

15. A medida que progresa la investigación en bioquímica y biología molecular, se hará cada vez más evidente que la posibilidad de que la vida se origine alguna vez sin un diseñador inteligente es aproximadamente inversamente proporcional al crecimiento del conjunto de datos.

16. En el estudio de la evolución biológica, se encontrará cada vez más evidencia de que la microevolución y la especiación no son primariamente el resultado de mutaciones aleatorias (y selección), sino que fueron facilitadas por el potencial genético que ya estaba presente en los organismos desde el comienzo, y que los cambios no van más allá de ese potencial.

17. Las secuencias de especies o géneros de organismos que resultaron de la evolución durante la deposición de los sedimentos solo se encontrarán en las partes superiores del registro fósil. El marco de tiempo para esta deposición puede haber sido lo suficientemente

largo para que ocurriesen rápidas microevolución y especiación.

18. La parte inferior del registro fósil no contiene numerosos episodios sucesivos de muerte animal, con cada episodio seguido por varios meses de descomposición y desarticulación en su lugar. No habría tiempo para esos episodios sucesivos.

19. Evidencia reciente indica que la microevolución puede ocurrir mucho más rápido de lo que se creía, incluso en unos pocos años (por ej., cambios en los picos de los pinzones de las Galápagos). Predecimos que esta tendencia continuará.

20. La porción del registro fósil que se formó durante un año no registra que haya ocurrido ninguna microevolución ni macroevolución durante el tiempo en que depositaron esas rocas, porque no había suficiente tiempo para eso. Cualquier cambio estratigráfico en las especies o categorías taxonómicas superiores de organismos fue el resultado de algún tipo de mecanismo de clasificación, no de evolución. Una posible excepción podrían ser los microorganismos marinos, que tienen ciclos de vida de unas horas a días (Wise 1989).

Las investigaciones que ponen a prueba si es que la teoría convencional o la de corta edad ofrecen mejores explicaciones para los datos también deberían ser dirigidas especialmente a los puntos señalados en las listas de los extremos en la tabla 18.3.

[1] Declaración atribuida a Isaac Asimov. Véase https://en.wikiquote.org/wiki/Talk:Isaac_Asimov.

[2] H.G. Coffin, "Orientation of Trees in the Yellowstone Petrified Forests" ["Orientación de los árboles en los bosques petrificados de Yellowstone"], *Journal of Paleontology* 50 (1976): 539-43; H.G. Coffin, "Erect Floating Stumps in Spirit Lake, Washington" ["Tocones (troncos) erguidos (verticales) flotantes en Spirit Lake, Washington"], *Geology* 11 (1983): 298-99; H.G. Coffin, "Comment and Reply on Erect Floating Stumps in Spirit Lake, Washington" ["Comentario y respuesta sobre los tocones (troncos) erguidos (verticales) flotantes en Spirit Lake, Washington"], *Geology* 11 (1983): 734; H.G. Coffin, "Sonar and Scuba Survey of a Submerged Allochthonous 'Forest' in Spirit Lake, Washington" ["Investigación con sonar y buceo scuba de un 'bosque' alóctono sumergido en Spirit Lake, Washington"], *Palaios* 2 (1987): 178-80; A. Chadwick y T. Yamamoto, "A Paleoecological Analysis of the Petrified Trees in the Specimen Creek Area of Yellowstone National Park, Montana, U.S.A." ["Un análisis paleoecológico de los árboles petrificados en el área de Specimen Creek, Yellowstone National Park, Montana, U.S.A."], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 45 (1984): 39-48.

[3] E.G. Kennedy, K.R. Kablanow, y A.V. Chadwick, "Evidence for Deep Water Deposition of the Tapeats Sandstone, Grand Canyon, Arizona" ["Evidencia de deposición en aguas profundas para la Tapeats Sandstone, Gran Cañón, Arizona"], en *Proceedings of the Third Biennial Conference of Research on the Colorado Plateau* [*Actas de la tercera conferencia bianual de investigación sobre la Colorado Plateau (Meseta de Colorado)*], ed. C. Van Riper III y E.T. Deshler (Washington, D.C.: U.S. Department of the Interior, National Park Service, 1997), 215-28.

[4] L.R. Brand, "Lacustrine Deposition in the Bridger Formation: Lake Gosiute Extended" ["Deposición lacustre en la Bridger Formation: el lago Gosiute extendido"], *The Mountain Geologist* 44 (2007): 69-78.

[5] L.R. Brand, M. Hussey, y J. Taylor, "Taphonomy of Freshwater Turtles: Decay and Disarticulation in Controlled Experiments" ["Tafonomía de tortugas de agua dulce: descomposición y desarticulación en experimentos controlados"], *Journal of Taphonomy* 1 (2003): 233-45.

[6] Brand, "Lacustrine Deposition".

[7] Brand, Hussey, y Taylor, "Taphonomy of Freshwater Turtles".

[8] R. Esperante et al., "Taphonomy of Fossil Whales in the Diatomaceous Sediments of the Miocene/ Pliocene Pisco Formation, Peru" ["Tafonomía de ballenas fósiles en los sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, Perú"], en *International Conference Taphos 2002: 3rd Meeting on Taphonomy and Fossilization* [*Conferencia Internacional Taphos 2002: 3a Reunión sobre tafonomía y fosilización*], ed. M. De Renzi, M.V. Pardo Alonso, y M. Belinchón (Valencia, Spain: Ayuntamiento de Valencia, 2002), 337-43; L.R. Brand et al., "Fossil Whale Preservation Implies High Diatom Accumulation Rate in the Miocene-Pliocene Pisco Formation of Peru" ["La conservación de ballenas fósiles implica una alta tasa de acumulación de diatomeas en la Formación Pisco del Mioceno-Plioceno de Perú"], *Geology* 32 (2004): 165-68; L. Brand et al., "A High Resolution Stratigraphic Framework for the Remarkable Fossil Cetacean Assemblage of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Peru" ["Un marco estratigráfico de alta resolución para el extraordinario conjunto de cetáceos fósiles de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, Perú"], *Journal of South American Earth Sciences* 31 (2011): 414-25; R. Esperante et al., "Exceptional Occurrence of Fossil Baleen in Shallow Marine Sediments of the Neogene Pisco Formation, Southern Peru" ["Ocurrencia excepcional de barbas de ballena fósiles en sedimentos marinos de poca profundidad en la Formación Pisco del Neógeno, sur de Perú"], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 257 (2008): 344-60; R. Esperante et al., "Taphonomy and Paleoenvironmental Conditions of Deposition of Fossil Whales in the Diatomaceous Sediments of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Southern Peru– A New Fossil-Lagerstatte" ["Tafonomía y condiciones paleoambientales de la deposición de ballenas fósiles en los sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, sur de Perú– un nuevo Fossil-Lagerstatte"], *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 417 (2015): 337-70.

[9] L. Brand, *Field and Laboratory Studies on the Coconino Sandstone (Permian) Vertebrate Footprints and Their Paleoecological Implications* [*Estudios de campo y laboratorio de las huellas de vertebrados en la Coconino Sandstone (Pérmico) y sus implicaciones paleoecológicas*] (Amsterdam: Elsevier, 1979); L. Brand, "Field and Laboratory Studies on the Coconino Sandstone (Permian) Vertebrate Footprints and Their Paleoecological Implications" ["Estudios de campo y laboratorio de las huellas de vertebrados en la Coconino Sandstone (Pérmico) y sus implicaciones paleoecológicas"], en *Terrestrial Trace-Fossils Benchmark Papers in Geology* [*Fósiles traza terrestres- Trabajos de referencia en geología*], ed. W.A.W. Sarjeant (Stroudsburg, PA: Hutchinson Ross, 1983), 126-39; L.R. Brand y T. Tang, "Fossil Vertebrate Footprints in the Coconino Sandstone (Permian) of Northern Arizona: Evidence for Underwater Origin" ["Huellas de vertebrados fósiles en la Coconino Sandstone (Pérmico) del norte de Arizona: Evidencia de origen subacuático"], *Geology* 19 (1991): 1201-4; L. Brand, "Comment and Reply on 'Fossil Vertebrate Footprints in the Coconino Sandstone (Permian) of Northern Arizona: Evidence for Underwater Origin'" ["Comentario y respuesta sobre 'Huellas de vertebrados fósiles en la Coconino Sandstone (Pérmico) del norte de Arizona: Evidencia de origen subacuático'"], *Geology* 20 (1992): 668-70; L.R. Brand, "Variations in Salamander Trackways Resulting from Substrate Differences" ["Variaciones en los rastros de salamandras resultantes de diferencias en el sustrato"], *Journal of Paleontology* 70 (1996): 1004-10.

[10] J.H. Whitmore y R. Strom, "Sand Injectites at the Base of the Coconino Sandstone, Grand Canyon, Arizona (USA)" ["Inyectitas de arena en la base de la Coconino Sandstone, Gran Cañón, Arizona (USA)"], *Sedimentary Geology* 230 (2010): 46-59.

[11] L.R. Brand y R.E. Ryckman, "Biosystematics of *Peromyscus eremicus, P. guardia, and P. interparietalis*" ["La biosistemática de *Peromyscus eremicus, P. guardia, y P. interparietalis*"], *Journal of Mammalogy* 50 (1969): 501-13, doi:10.2307/1378777.

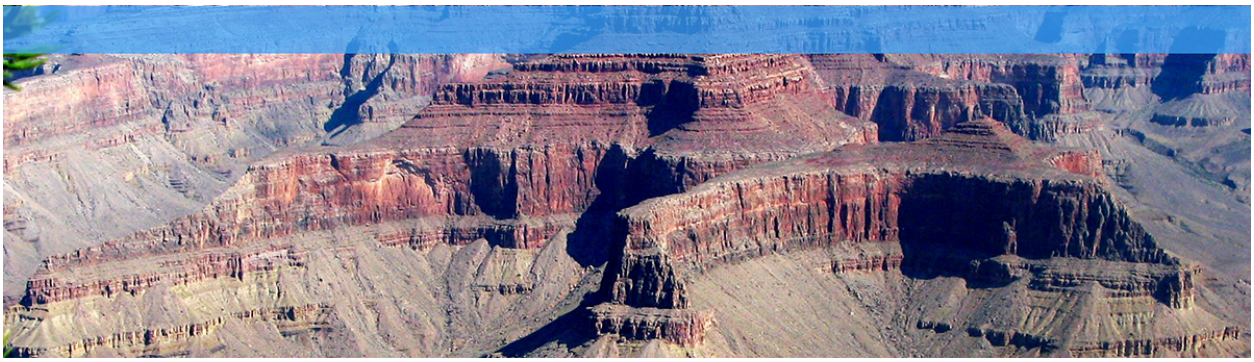
[12] A. Roesadi et al., “Toll-like Receptores on Earthworm Coelomocytes” [“Receptores tipo casetas colectoras de peaje en los celomocitos de la lombriz de tierra”] (trabajo presentado en la 32a conferencia de investigación de bachillerato de la West Coast Biological Sciences, Loyola Marymount University, Los Angeles, CA, Abril 28, 2007); J. Francis et al., “The Search for Toll-like Receptors on Earthworm Coelomocytes” [“La búsqueda de receptores tipo casetas colectoras de peaje en los celomocitos de la lombriz de tierra”], *European Journal of Soil Biology* 43 (2007): S92-S96; J.W. Francis, E.L. Cooper, y T. Wood, “Detection of Pattern Recognition Receptors (PRRs) and Their Associated Signaling Pathways in Earthworms” [“Detección de receptores de reconocimiento de patrones (PRRs) y sus vías asociadas de señalización en lombrices de tierra”], (trabajo presentado en el 9o. simposio internacional sobre ecología de lombrices de tierra, Xalapa, Mexico, Septiembre 5-10, 2010); C.R. Davidson et al., “Toll-like Receptor Genes (TLRs) from *Capitella capitata* y *Helobdella robusta* (Annelida)” [“Genes de los receptors tipo casetas colectoras de peaje (TLRs) de *Capitella capitata* y *Helobdella robusta* (Anelida)”], *Developmental and Comparative Inmunology* 32 (2008): 608-12; M. Patel et al., “Development of a Flow Cytometric, Non-radioactive Cytotoxicity Assay in *Eisenia fetida:* An in Vitro System Designed to Analize Immunosuppression of Natural Killer-like Coelomocytes in Response to 7, 12 Dimethylbenz Anthracene (DMBA)” [“Desarrollo de un ensayo de flujo citométrico y de citotoxicidad no-radioactiva en *Eisenia fetida:* Un sistema in-vitro diseñado para analizar la inmunosupresión de celomocitos naturales de tipo asesino en respuesta a 7, 12-Dimetilbenz(a)antraceno (DMBA)”], *European Journal of Soil Biology* 43 (2007): S97-S103.

[13] J.W. Francis, “A Creationist View of the Mammalian Immune System: From the Red Queen to Social Interface” [“Un punto de vista creacionista sobre el sistema inmune mamífero: desde la reina roja a la interface social”], *Journal of Creation, Theology and Science* 3 (2013): 1-5.

[14] L. Brand, M. Wang, y A. Chadwick, “Global Database of Paleocurrent Trends through the Phanerozoic and Precambrian” [“Base de datos global de tendencias en paleocorrientes a través el Fanerozoico y el Precámbrico”], *Scientific Data,* Junio 9, 2015, http://www.nature.com/articles/sdata201525, doi:10.1038/sdata.2015.25.

[15] A.V. Chadwick, “Precambrian Pollen in the Grand Canyon– A Reexamination” [“Polen precámbrico en el Gran Cañón– Una reexaminación”], *Origins* 8 (1981): 7-12.

[16] B. Neufeld, “Dinosaur Tracks and Giant Men” [“Huellas de dinosaurios y los hombres gigantes”], *Origins* 2 (1975: 64-76.



Capítulo 20

Conclusión
Fe, razón y la historia de la Tierra

Como individuos, enfrentamos la importante decisión de saber qué hacer con los paradigmas alternativos de la historia de la tierra. Por un lado, está el escenario desarrollado por la ciencia naturalista, de que la vida que surge y evoluciona por sí misma a lo largo de varios miles de millones de años. Muchos miles de científicos usan este concepto como la base para interpretar toda su evidencia. En algunas maneras ha funcionado muy bien y da la apariencia de ser una explicación estable y confiable de la historia de la tierra y de la historia de la vida.

Por otro lado, algunos creen que aunque porciones de ese paradigma científico estándar están en el camino correcto, otros aspectos significativos no lo están. Aquellos que tenemos estas creencias estamos convencidos de que, si permitimos que nuestra cosmovisión cristiana nos abra la mente a nuevas ideas y a hipótesis verificables sugeridas por la historia bíblica de los orígenes, en última instancia, ese enfoque llevará a una explicación aún más exitosa de la historia de la vida y de la tierra. Esto implica que algunos segmentos de la teoría científica que ahora parecen ser sólidos en el futuro se van a desmoronar frente a la acumulación continua de evidencia.

Este último, el paradigma intervencionista, promueve una investigación vigorosa en todas las áreas de la ciencia. El progreso se logra al abrir la mente a nuevas posibilidades que generalmente son excluidas de nuestra consideración por las reglas de la ciencia naturalista y no por ridiculizar y denigrar la habilidad de la ciencia y los científicos. Este trabajo debe ser realizado con las más altas normas de calidad científica. Elton Trueblood puso ante nosotros un objetivo importante

cuando declaró que “el científico religioso tiene más razón de ser cuidadoso de su evidencia que el científico no religioso, porque maneja lo que es intrínsecamente sagrado. Para él, lo chapucero es algo que debe desdeñar, porque es una forma de blasfemia”.[1]

Para muchos de nosotros, la ciencia basada en una limitación filosófica arbitraria, tal como el naturalismo, no tiene interés alguno. Creemos que sentimientos como la siguiente declaración no ofrecen un aspecto atractivo de la ciencia: “Dembski piensa que la inteligencia tiene un poder mágico que le permite hacer algo que sería imposible tan solo mediante causas naturales”.[2] La verdadera ciencia necesita ser una búsqueda de la verdad con una mente abierta, lo que incluye una disposición a admitir que al partir de nuestras propias limitaciones humanas, la ciencia puede no llegar a contestar algunas de las preguntas. Tal vez, en algunos casos, la ciencia solo pueda decir “no sabemos”, a menos que tengamos información desde afuera.

Sobre la base de lo dicho anteriormente, se sugiere el siguiente resumen de la teoría científica actual (las listas que siguen son representativas y no pretenden ser exhaustivas):

1. Los campos de la ciencia que, por lo menos idealmente, no necesitan verse afectados por las presuposiciones del intervencionismo o el naturalismo y que deberían progresar con igual eficacia bajo cualquier paradigma — campos que no se centran en el estudio de la historia— son:
    - Anatomía
    - Fisiología
    - Bioquímica
    - Biología molecular (la mayor parte)
    - Ciencia médica
    - Química física
    - Química orgánica
    - Física
    - Conducta animal (la mayor parte)
    - Ecología

2. Áreas de la teoría científica que tratan de explicar la historia y que los intervencionistas aceptamos como dignos de nuestra confianza, con los cambios normales esperados a medida que avanza la ciencia, son:
    - La genética de la microevolución y la especiación, y la macroevolución a niveles taxonómicos inferiores (por lo menos los géneros)
    - El análisis de las vías filogenéticas de cambios biológicos al nivel de subespecies hasta aproximadamente el de géneros (sin involucrar la evolución de nuevas estructuras o sistemas fisiológicos).
    - El análisis genético de cambios de conducta esbozados en la teoría de la sociobiología (sin incluir ninguna interpretación que dependa de presuposiciones naturalistas).
    - Los procesos geológicos y paleontológicos que se pueden estudiar en el mundo moderno, y el reconocimiento de esos procesos en el registro geológico (siempre que entendamos que estos análogos modernos pueden no representar todo el rango de procesos ocurridos en el pasado).
    - La secuencia de eventos geológicos y paleontológicos que pueden determinarse por la evidencia en las rocas.

3. Áreas de la teoría científica que tratan de explicar la historia y que los intervencionistas predicen como no confiables y que, en última instancia, necesitan ser refutadas por nueva evidencia, son:
    - La escala de tiempo convencional para eventos en la porción Fanerozoica del registro geológico.

- El origen de la vida por procesos naturales, sin intervención informada.
- La macroevolución: la evolución de nuevas formas de vida, nuevos planes corporales y nuevas estructuras importantes por procesos naturales.
- La explicación del origen del paisaje en referencia a los análogos modernos.

Estas listas demuestran que el intervencionismo está en armonía con la mayor parte de la ciencia. Las áreas en desacuerdo son la escala de tiempo convencional para la historia de la vida sobre la tierra y el concepto de que la vida puede originarse sin aporte inteligente y puede evolucionar en nuevas formas de vida o planes corporales por mutación y selección natural o cualquier proceso similar. La realidad de la microevolución y especiación está basada en un sólido cuerpo de evidencia. En contraste, la evidencia biológica para la macroevolución es escasa y permanecerá muy débil a menos que se pueda demostrar en forma convincente que nuevos complejos de genes, coordinados y adaptados, pueden surgir por un proceso que comienza con mutaciones al azar y luego prosigue solo por los procesos de selección natural disponibles en la naturaleza. Hasta que eso se pueda demostrar en forma empírica (y predecimos que no se podrá), la posibilidad de que la infinita complejidad de la vida surja por sí misma permanece como una idea intelectualmente insatisfactoria para muchos.

A menudo se afirma que la existencia de varios niveles de complejidad en los ojos de varios animales demuestra cómo es que ojos más complejos han evolucionado. Pero se asume simplemente que la evolución de un tipo de ojo a otro funcionará. No hay evidencia para las vastas series de transformaciones bioquímicas necesarias para lograr esa tarea. Este tipo de razonamiento es común en las publicaciones evolutivas.

Sin la secuencia de la aparición de las formas de vida en las rocas, el concepto de la macroevolución tendría poca evidencia firme que la respalde. Pero la evidencia de esta secuencia de fósiles demanda una explicación. El registro geológico Fanerozoico ¿es el resultado de actividad catastrófica en un marco de tiempo corto o de 541 millones de años de evolución? El creciente reconocimiento de un número mayor de procesos geológicos catastróficos es una tendencia importante en la ciencia. Es consistente con las expectativas de los intervencionistas de corta edad, pero todavía quedan muchos desafíos.

Tratemos de imaginarnos que estamos en los días de Noé. Las personas que vivían entonces probablemente eran muy inteligentes. Tal vez estudiaban la ciencia

en gran profundidad, ya que muchos de ellos tenían más de 900 años en los cuales dedicarse a estudiar. Imaginemos a Noé trabajando en su arca con la acostumbrada multitud de espectadores molestos reunidos a su alrededor. No solo los curiosos se reían de él, sino que los científicos le presentaban los datos que mostraban que su diluvio pronosticado era imposible. Noé escucha pensativo y dice: "Sí, he examinado esos datos yo mismo, y he tratado de entender cómo podría suceder un diluvio. No tengo una explicación para darles, pero creo que Dios es más inteligente que nosotros". Entonces Noé procede a martillar el siguiente clavo en su arca.

Dios todavía sigue siendo más inteligente que nosotros, lo suficientemente inteligente como para comunicarnos la verdad a pesar de la humanidad de los escritores bíblicos. Nos gusta tener respuestas para todo, pero no tenemos respuestas para todas las preguntas sobre la historia de la tierra. Estaremos en mucho mejores condiciones si reconocemos que las limitaciones en la evidencia disponible y en la cantidad de tiempo que tenemos para investigar esos temas hace que sea poco realista esperar que en un futuro cercano obtengamos respuestas científicas a todas nuestras preguntas.

Además de la evidencia que hemos considerado en este volumen, no podemos dejar de pensar en otras irritantes dudas sobre la evolución de la vida. Mire a su alrededor y piense sobre la belleza de una rosa o las alas de una mariposa, o una sinfonía ejecutada por una gran orquesta, o de las insondables destrezas mentales de algunos individuos. Considera la delicadeza física exhibida por un violinista o un pianista o la destreza mental y física de un jardinero izquierdo de béisbol que sigue el rápido movimiento de una pequeña pelota por el aire y posiciona su guante de béisbol en el lugar preciso para agarrarla. Estos y muchos más parecen estar mucho más allá de lo que se necesita para la supervivencia y la reproducción, los únicos blancos visibles a la selección natural.

Aunque respetamos a los científicos que ven estas cuestiones de manera muy diferente que nosotros, sí nos parece que el contenido intelectual del punto de vista naturalista sobre los orígenes puede compararse a Isaías 44,14-17. "Planta un pino, que la lluvia hace crecer […]. Enciende un fuego […]. La mitad de la madera la quema en el fuego […]. Con el resto hace un dios, su ídolo; se postra ante él y lo adora" (NVI).

Cuando permitimos que las Escrituras nos ayuden a desarrollar hipótesis sobre la historia de la tierra, abriendo nuestros ojos para ver lo que realmente hay allí en las rocas, podremos usar con éxito estas hipótesis para guiarnos en una investigación científica productiva. Karl Popper declaró: "Solo […] en nuestra fe subjetiva podemos estar 'absolutamente seguros'".[3] Esperar que la ciencia nos provea ese tipo de certeza es mirar en el lugar equivocado. Los hallazgos de la ciencia tampoco indican que debemos abandonar nuestra confianza en Dios.

Podemos tener confianza en nuestra relación con él y en su comunicación con nosotros. Si realmente confiamos en él, esa creencia nos ayudará a ser buenos científicos.

En resumen, la aceptación de una creación bíblica literal no es una negación de la ciencia. Por el contrario, la ciencia practicada bajo esta cosmovisión intervencionista bíblica explica mucho y lleva al descubrimiento de muchas cosas que otros pasan por alto. Creo que esta visión finalmente explicará todo, una vez que se descubra nuevas evidencias que obliguen a una reinterpretación de cosas que ahora parecen contradecirla (evidencias relacionadas especialmente con el tiempo geológico y la macroevolución).

Que una persona piense que vale la pena dedicarse a una teoría intervencionista de un registro geológico de corta edad, depende en gran medida de saber si tiene más confianza en la comunicación de Dios mediante la Biblia o más confianza en las teorías científicas humanas contemporáneas sobre la historia de la tierra. La explicación del registro fósil es importante para el cristiano por sus implicaciones para la naturaleza y el futuro de la humanidad. Si la vida es el resultado de la evolución (ya sea la evolución naturalista o la evolución teísta), entonces los humanos han estado evolucionando y mejorando. La humanidad no cayó desde un estado perfecto, y no se necesita un Salvador para redimirnos. Pero si la vida, incluidos los humanos, fue creada perfecta y los seres humanos cayeron de ese estado perfecto, entonces el relato bíblico de un Salvador que murió para salvarnos significa todo para nosotros.

---

[1] E. Trueblood, *The Yoke of Christ, and Other Sermons* [*El yugo de Cristo, y otros sermones*] (New York: Harper & Row, 1958), 170.

[2] J. Shallit y W. Elsberry, “Playing Games with Probability” [“Jugando juegos con la probabilidad”], en *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué el diseño inteligente fracasa: Una crítica científica del nuevo creacionismo*], ed. M. Young y T. Edis (New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004), 121-38, 129.

[3] K.R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery* (New York: Harper & Row, 1959), 280 [Existe versión en español: *La lógica del descubrimiento científico*, Madrid: Tecnos, 1962].

Glosario

Abiogénesis (*abiogenesis*). El origen naturalista de la vida mediante la combinación de moléculas inorgánicas para formar moléculas orgánicas cada vez más complejas hasta que se termina formando un organismo viviente.

Ácidos nucleicos (*nucleic acids*). Los bloques de construcción que se unen en cadenas largas para formar el ADN y el ARN.

ADN, o DNA (*DNA*). La molécula orgánica (ácido desoxirribonucleico) que consiste en una larga cadena de bloques de construcción llamados nucleótidos, y que determina la información genética en los cromosomas de casi todas las células vivas. Existen cuatro tipos de nucleótidos, y cada juego de tres nucleótidos consecutivos (un codón) a lo largo del ADN, forman un código que especifica un aminoácido particular en una proteína específica.

Alelo (*allele*). Una de varias formas de gen que pueden existir en una posición dada sobre un cromosoma (por ej., los diferentes alelos para los diferentes colores de ojos).

Altruismo (*altruism=altruistic behavior=conducta altruista*). Comportamiento que beneficia a otro individuo en detrimento del individuo que realiza tal conducta.

Aminoácidos (*amino acids*). Los bloques de construcción de las proteínas. En las proteínas de los seres vivos existen veinte aminoácidos diferentes. Estos aminoácidos se combinan en cadenas de una secuencia específica para formar una proteína.

Análoga (*analogous*). Una característica presente en dos o más grupos de organismos pero que no está presente en su supuesto antepasado, con la implicación de que esa característica evolucionó independientemente en cada grupo.

Anóxica (*anoxic*). Sin oxígeno.

Aptitud (*fitness*). La habilidad de un organismo de pasar sus genes a la siguiente generación por medio de esfuerzos reproductivos exitosos.

Aptitud inclusiva (*inclusive fitness*). La habilidad de un organismo de pasar sus genes directamente a la siguiente generación mediante sus propios

descendientes e indirectamente mediante los descendientes de parientes que comparten muchos de los mismos genes que tiene.

ARN, o RNA (*RNA*). Una forma de ácido nucleico (ácido ribonucleico) que está involucrado en la síntesis de proteínas y el transporte de información genética desde el ADN a los sitios de síntesis proteica.

Arrecife (*reef*). Una estructura en forma de montículo construido por organismos calcáreos, especialmente corales, y que consisten principalmente de sus restos.

Baramín (*baramin*). Un término acuñado por Frank Marsh (1941, 1976) para designar un grupo creado de animales o plantas. Los límites de un baramín creado se desconocen, pero se podrían explorar con futuras investigaciones.

Bentos (*benthos*). Los organismos que viven sobre el fondo de un cuerpo de agua.

Biogeografía (*Biogeography*). El estudio de la distribución de los organismos sobre la superficie de la tierra y los procesos que determinaron esa distribución.

Biota (*biota*). El total combinado de todos los organismos vivientes en un área determinada.

Bioturbación (*bioturbation*). El entremezclado y alteración del sedimento por organismos cuando excavan o transitan en él.

Cabalgamiento (*overthrust*). Movimiento a gran escala de rocas a lo largo de una falla, que empuja la roca y los estratos sobre otros (un sobrecorrimiento), más jóvenes, a lo largo de distancias que se miden en kilómetros.

Catastrofismo (*catastrophism*). El concepto de que, por lo menos, parte de los procesos geológicos en la tierra en incluso en otros planetas ocurre y ha ocurrido muy rápidamente.

Cladística (*cladistics*). Un abordaje al estudio de la sistemática (clasificar y nombrar los organismos) basado en la teoría evolutiva. Se usan los principios evolutivos para identificar relaciones de ancestros-descendientes, que, a su vez, son la base para la clasificación. También se denomina sistemática filogenética.

Clase (*Class*). Una unidad de la biología sistemática que incluye uno más órdenes de organismos (por ej., la clase Mamalia incluye a los mamíferos, que se agrupan en como 20 órdenes).

Cocolito (*coccolith*). Elementos esqueléticos microscópicos de carbonato de calcio de pequeños organismos marinos flotantes. La acumulación de cocolitos forma creta y algunos cienos del fondo marino profundo.

Columna geológica (*geologic column*). La secuencia de formaciones de rocas, una sobre otra, desde las rocas más antiguas (abajo, al fondo, o al comienzo de la secuencia), hasta las más jóvenes, que forman parte de la corteza externa de la tierra.

Complejidad irreductible (*irreducible complexity*). Una estructura o sistema compuesto de varias partes que interactúan y se ensamblan bien, que son necesarias para el funcionamiento del sistema. Deben estar todas las partes presentes al mismo tiempo para que el sistema funcione.

Consolidado (*consolidated*). Sedimentos que se han cementado o compactado en una roca sólida.

Control experimental (*experimental control*). Un procedimiento en un experimento con el cual se puede comparar el grupo experimental. Por ejemplo, los efectos de una dieta experimental con la que se alimenta un grupo de ratas (el grupo experimental) se pueden evaluar al compararlos con los efectos de una dieta conocida y verificada que se administra a otro grupo de ratas (el grupo control).

Convergencia (*convergence*). El proceso por el cual una característica evoluciona independientemente en diferentes grupos de organismos (por ej., su estructura converge hacia mayor similitud de lo que tenían sus antepasados).

Cosmovisión (*worldview*). Una filosofía que contesta las grandes preguntas en la vida, tales como de dónde vinimos, por qué estamos aquí, a dónde vamos, y si hay un Dios que se involucró en la historia de la tierra.

Cratón (*craton*). Una porción del continente que ha permanecido estable durante una gran parte del tiempo geológico. El cratón de Norteamérica incluye la mayor parte del continente, excepto el oeste más lejano y la costa este.

Creacionismo (*Creationism*). La creencia que la vida fue creada por un Dios inteligente.

Creacionismo de tierra joven (*young earth creationism: YEC*). La creencia de que toda la vida, la tierra y todo el universo entero fueron creados en la semana bíblica de la creación hace unos pocos miles de años.

Darwinismo (*Darwinian theory*). La teoría de la evolución propuesta por Charles Darwin. Este término no siempre se usa en forma consistente. La teoría original de Darwin en algunas maneras es diferente de la Síntesis Neodarwinista moderna. Algunos autores usan el término darwinismo como un sinónimo de la teoría moderna, pero eso no es completamente correcto.

Deducción (*deduction*). Un proceso de la lógica que usa una generalización como base para interpretar los datos en un caso particular.

Deriva genética (*genetic drift*). Cambios genéticos aleatorios en una especie, o más específicamente, cambios aleatorios en las frecuencias de genes en una población.

Diseño Inteligente: DI (*Intelligent Design: ID*). El concepto de que los seres vivos muestran evidencia de haber sido diseñados, en lugar de surgir solo por procesos naturales. El Diseño Inteligente no se preocupa con la historia geológica ni con la identidad del diseñador, sino solo con la evidencia de inteligencia involucrada en el origen de la vida. A menudo las publicaciones evolucionistas lo denominan Diseño Inteligente Creacionista (IDC), y lo usa como término despectivo.

Efecto fundador (*founder effect*). Cuando un pequeño grupo de individuos termina aislado de otros de su especie y funda una nueva especie, las características de la nueva especie reflejarán las características del grupo fundador. Si los fundadores son más grandes que el promedio, la nueva especie será más grande que la especie ancestral.

Elementos móviles (*movable elements*). Véase elementos de transposición y transposones.

Elementos de transposición (*transposable elements*). Una porción de un cromosoma que puede moverse a otras partes del cromosoma, o aún copiarse a otra especie (transferencia lateral de genes), con los virus como agentes de transferencia. Los “genes móviles” pueden “saltar” a otras porciones del genoma y se denominan “transposones”. Muchas mutaciones son causadas por estos elementos de transposición (también elementos transponibles o transportables).

Endócrino (*endocrine*). Un sistema de glándulas sin conductos que producen hormonas, que controlan el crecimiento y el desarrollo y regulan las funciones del cuerpo tales como el metabolismo.

Enzima (*enzime*). Una molécula orgánica (una proteína) que sirve como catalizador para acelerar la tasa de una reacción bioquímica específica dentro de una célula viva.

Epigenética (*epigenetics*). Procesos de la herencia por sobre o por fuera del ADN. Incluye procesos de pegar etiquetas a genes específicos, que modificarán la acción de esos genes; estos cambios son heredables a través de las células hijas, pero estos procesos no cambian la secuencia del ADN.

Escudo (*shield*). Un área donde las rocas del basamento están expuestas (generalmente del Precámbrico) y no están recubiertas por sedimentos (por ej., el Escudo Canadiense en el este de Canadá).

Especiación (*speciation*). El proceso evolutivo que produce una nueva especie.

Especie (*species*). Organismos de una población que normalmente en la naturaleza no se reproducen con otras poblaciones de organismos similares.

Estasis (*stasis*). No ocurre ningún cambio. De acuerdo con la paleontología, si una especie fósil no cambia a través del tiempo, es un ejemplo de estasis.

Estratos (*strata*). Las capas de roca depositadas una sobre la otra, que forman la columna geológica.

Estromatolito (*stromatolite*). Una estructura, usualmente en forma de montículo, compuesta por una serie de capas de sedimento precipitado o atrapado en una capa tras otra por organismos, principalmente algas azul-verdes que crecen en su superficie.

Eucariota (*eukaryote*). Un organismo viviente formado de células que tienen un núcleo con su ADN. La mayoría de los seres vivos son eucariotas (vea procariota).

Evolución (*evolution*). El proceso de cambio en los organismos a lo largo del tiempo; descendencia con modificación.

Facies (*facies*). Un tipo de roca distintivo, formado en un ambiente particular o por un proceso geológico específico (por ej., facies marinas formadas en el océano, facies de agua dulce, facies de aguas profundas, facies costeras, etc.). Una formación rocosa continua puede gradar lateralmente de una facie a otra, dependiendo del ambiente en el cual se depositó.

Familia (*Family*). Una unidad sistemática biológica que consiste de uno o más

géneros de organismos (por ej., la Familia Canidae incluye los perros y sus parientes). Varias familias forman un Orden.

Fanerozoico (*Phanerozoic*). La porción de la columna geológica que contiene vida abundante (restos)– desde el Cámbrico hasta el presente.

Fango enrulado (*mudcurls*). Cuando el agua se evapora, en la arcilla que se está secando se forman grietas de desecación y, al secarse más, hace que la fina capa de arcilla se enrule y forme "fango o barro enrulado".

Fauna de Ediacara (*Ediacaran fauna*). Un grupo de fósiles en la porción superior de las rocas del Precámbrico. Son los únicos organismos complejos por debajo del Cámbrico, y no es claro qué tipos de organismos son.

Filo o Tipo (*Phylum, pl. phyla*). Una unidad sistemática biológica que consiste de una o más clases de organismos (por ej., el Filo Chordata consiste de animales con una columna dorsal).

Filogenia (*Phylogeny*). La historia evolutiva de un grupo de organismos.

Flujo génico (*gene flow*). El movimiento de genes a través de una población por el movimiento de animales individuales o semillas de plantas o polen en cada generación.

Fluvial (*fluvial deposit=depósito fluvial*). Pertinente a los ríos. Un depósito fluvial es un depósito de sedimento que se acumuló por un flujo de agua en ríos o arroyos.

Género (*Genus, pl. genera*). Una unidad sistemática biológica que consiste de una o más especies de organismos vivientes (por ej., el género *Canis* incluye los perros y los lobos). Varios géneros forman una familia.

Genes móviles (*jumping genes*). Véase elementos de transposición y transposones.

Genoma (*genome*). El complemento total de material genético de un organismo dado.

Glaciación (*glaciation*). La formación y movimiento del hielo en los glaciares de las montañas o casquetes de hielo continental.

Gondwana (*Gondwana*). Los continentes del hemisferio sur se juntaron y formaron un gran continente en las etapas tempranas de la tectónica de placas.

Gradualismo (*gradualism*). El concepto que el cambio biológico y/o geológico solo ocurre lenta y gradualmente.

Heterocronía (*heterochrony*). Los cambios de los momentos en que ocurren los procesos del desarrollo embriológico, que resultan en la aceleración o retraso del desarrollo de un carácter estructural o de desarrollo particular. Tres tipos de heterocronía son la neotenia, la paedomorfosis, y la progénesis.

Homología (*homology; homologous=homólogo*). Una similitud entre dos organismos que se debe a: (1) similitud en el desarrollo embriológico; o las siguientes definiciones interpretativas: (2) herencia de la característica de un antepasado común; o (3) similitud debida a un plan común utilizado por el Diseñador de la vida.

Homoplasia (*homoplasy*). Bajo este término se incluyen dos conceptos: (1) una característica similar que es compartida por dos grupos de organismos pero que no reúne los criterios para ser una homología; y (2) una analogía, o característica que se cree evolucionó independientemente en cada grupo (convergencia).

Ígnea (*igneous; igneous rock=roca ígnea*). Roca que se forma el enfriarse el material fundido o parcialmente fundido (por ej., granito o lava volcánica).

Inducción (*induction*). Un proceso de razonamiento que comienza con observaciones individuales y usa éstas para desarrollar generalizaciones.

In situ (*in situ*). Este término se refiere a caracteres que se formaron o crecieron en el mismo lugar donde los encontramos como fósiles; por ejemplo, bosques o animales que vivieron en el sitio donde encontramos sus fósiles en lugar de ser transportados desde algún otro lugar antes de ser enterrados. Un sinónimo de *in situ* es autóctono (*autochthonous*).

Intervención informada, intervencionismo (*informed intervention*). El paradigma o filosofía que acepta la posibilidad de la intervención Divina en la historia, especialmente en el origen de las formas de vida.

Lacustre (*lacustrine; lacustrine deposit=depósito lacustre*). Pertinente a un lago. Un depósito de sedimento formado en las quietas aguas de un lago.

Macroevolución (*Macroevolution*). El cambio evolutivo por encima del nivel de especie. Incluye todo lo que se considera bajo la definición de megaevolución más los cambios suficientes para ser denominados un nuevo género.

Materialismo (*Materialism*). La filosofía que sostiene que la materia es la sustancia fundamental en el universo. Todos los fenómenos son el resultado de interacciones en la materia física bajo las leyes de la física y de la química.

Metabolismo (*metabolism*). La suma de las reacciones químicas en la célula o en un organismo que liberan calor y energía. La tasa de metabolismo varía de acuerdo con la temperatura y el control interno por el organismo.

Metamórfica (*metamorphic; metamorphic rock=roca metamórfica*). Que proviene del metamorfismo. Una roca metamórfica es formada por la alteración de otras rocas por temperatura o presión, generalmente resultante del sepultamiento bajo una gruesa sobrecarga de roca adicional.

Metilo (*methyl*). Una pequeña molécula etiqueta que se adhiere al ADN en los procesos epigenéticos, encendiendo o apagando el gén o reduciendo su efecto.

Metilación (*methylation*). El proceso epigenético de adherir moléculas de metilo a genes específicos del ADN.

Microevolución (*microevolution*). Cambios evolutivos de pequeña escala que produce variación dentro de una especie de organismo.

Mundo de ARN (*ARN world*). La teoría de que el ARN jugó un rol crítico en los primeros pasos del origen de la vida. Más adelante el ADN asumió la función inicial del ARN.

Naturalismo (*Naturalism*). El paradigma científico o filosofía que solo considera hipótesis o teorías que no requieren ninguna intervención divina en el funcionamiento del universo en ninguna época de la historia.

Naturalismo metodológico, NM (*Methodological naturalism, MN*). La versión del naturalismo que no dice si existe un dios que obra milagros o no, pero simplemente es un método del pensamiento científico que nunca usa lo sobrenatural como una explicación. Sin embargo, en la práctica, el NM tiene el mismo efecto que el naturalismo filosófico al negar que alguna vez hubo alguna acción sobrenatural por un Creador.

Neocatastrofismo (*neocatastrophism*). El paradigma geológico moderno que reconoce la evidencia de procesos catastróficos, pero coloca estos eventos en un esquema de tiempo de cientos de millones de años de tiempo evolutivo.

Neotenia (*neoteny*). La retención de previos caracteres juveniles en la edad adulta de un organismo. En algunas especies de salamandra, las branquias

(normalmente una característica juvenil) permanecen funcionales en los adultos.

Nicho (*niche*). El rol de un organismo en su medioambiente. Para un animal, esto incluye el lugar donde vive; de qué se alimenta; cuándo, dónde y cómo consigue su alimento y sus relaciones con otros tipos de organismos.

No consolidado (*unconsolidated*). Sedimentos que no se han cementado o compactado para formar una roca dura.

Ontogenia (*Ontogeny*). El desarrollo embriológico de un organismo; la secuencia de los eventos del desarrollo durante ese proceso.

Orden (*Order*). Una unidad sistemática biológica que consiste de una o más familias de organismos (por ej., el Orden Rodentia, que es un orden en la Clase Mammalia, incluye todos los roedores).

Paedomorfosis (*paedomorphosis*). La retención de caracteres juveniles ancestrales hasta las etapas posteriores del desarrollo embriológico.

Pangea (*Pangea*). Un supercontinente hipotético temprano en la historia del Fanerozoico compuesto de todos los continentes actuales unidos en un único continente.

Paraconformidad (*paraconformity*). Un nivel en el registro geológico que no muestra ninguna evidencia de erosión y/o levantamiento de sedimentos antes de que las siguientes capas se depositaron, aunque una porción del tiempo geológico falta en este contacto.

Paradigma (*paradigm*). Una amplia y explicativa teoría científica; un marco para interpretar la evidencia, tal como la teoría heliocéntrica o la teoría de la evolución naturalista.

Plan corporal (*body plan*). La organización estructural general de un grupo de organismos. El plan corporal de los artrópodos incluye un esqueleto externo articulado, extremidades articuladas, y órganos internos por dentro de sus varios segmentos corporales.

Procariota (*prokaryote*). Una célula sin un núcleo discernible. Las bacterias y algunos otros organismos simples son procariotas (vea *eucariotas*).

Progénesis (*progenesis*). Una alteración de los momentos de procesos embriológicos de tal modo que un organismo que es morfológicamente juvenil pueda alcanzar la madurez sexual.

Radiación adaptativa (*adaptive radiation*). La evolución desde una especie ancestral singular de una variedad de formas que ocupan medioambientes un tanto diferentes.

Reptil/Reptilia (*reptile/Reptilia*). En los términos de la sistemática filogenética evolutiva, el término "reptil", como se usa generalmente, no es apropiado porque es un grupo parafilético (no incluye todos los descendientes de los reptiles). Sin embargo, el término se usa aquí como lo entenderán los lectores que no están familiarizados con los detalles de la sistemática filogenética.

Revolución científica (*scientific revolution*). El proceso por el cual un nuevo paradigma o una teoría reemplaza a otro luego de que una crisis revela problemas con la antigua teoría y un competidor exitoso gana la alianza de la comunidad científica.

Ribosoma (*ribosome*). Pequeños organelos presentes en las células que son los sitios de la síntesis de proteínas.

Sedimentaria (*sedimentary rock=roca sedimentaria*). Pertinente a los sedimentos. Una roca sedimentaria se forma por la erosión de otras rocas; este sedimento erosionado se transporta a una cuenca donde se deposita como estratos sedimentarios.

Selección natural (*Natural Selection*). Los individuos en una población que están mejor preparados para sobrevivir y reproducirse en su medioambiente, pasan más de sus genes a sus siguientes generaciones que otros individuos.

Selección por parentesco (*kin selection*). La selección natural por medio de conductas animales que mejorarán el éxito reproductivo principalmente de parientes cercanos (por ej., llamados de alarma dados por ardillas que viven cercanas a muchos familiares, y, por lo tanto, aumentan las posibilidades de que esos parientes escaparán al peligro).

Sociobiología (*Sociobiology*). La aplicación de la teoría evolutiva a la explicación del comportamiento animal, con la presuposición de que toda la conducta es el resultado de la evolución.

Sopa primordial o primitiva (*primeval soup*). Aguas oceánicas en las cuales las moléculas orgánicas se iban acumulando y donde se presume que ocurrió la abiogénesis.

Tafonomía (*Taphonomy*). El estudio de los procesos que producen un fósil,

incluyendo la muerte del organismo, que determinan si será sepultado y en qué condiciones, los cambios que causan la fosilización y las alteraciones al organismo que ocurren después que se ha fosilizado.

Taxón, pl. taxones (*taxon, pl. taxa*). Un término general que se refiere a cualquier grupo de animales o plantas. Especies, géneros, familias, y tipos son ejemplos de taxones.

Tectónica de placas (*plate tectonics*). Una teoría global sobre la estructura y los cambios en la corteza de la tierra, en la que la corteza exterior se divide en un número de placas que se mueven en relación a las demás (deriva continental). Los movimientos de estas placas están involucrados en la generación de terremotos, volcanes y los cordones montañosos.

Transferencia lateral de genes (*lateral gene transfer*). Véase elementos de transposición y transposones.

Turbidita (*turbidite*). Un depósito distintivo y particular de sedimento producido por una corriente de turbidez, que es un flujo rápido de agua y sedimento generalmente cuesta abajo sobre una ladera subacuática de suave inclinación.

Uniformismo (*Uniformism=uniformitarianism*). El concepto que los procesos geológicos ocurren por la acción de leyes naturales que son siempre las mismas (uniformes), y por procesos que se pueden observar en el presente. Charles Lyell además incluyó el concepto ahora rechazado de que los procesos son siempre lentos y graduales (gradualismo). A veces se usa el término uniformitarianismo.

Variabilidad genética (*genetic variability*). La variabilidad de caracteres en una población (por ej., la variación en el tamaño de los individuos dentro de la misma especie).

Verdad proposicional (*propositional truth*). En teología, información o conceptos específicos, objetivos y verdaderos, tales como los diez mandamientos o la historia del origen de la vida, que pueden ser comunicados por Dios a sus profetas.

Bibliografía

Abelson, P.H. “Chemical Events on the Primitive Earth” [“Eventos químicos en la tierra primitiva”]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 55, no. 6 (1966): 1365-72.

Ager, D.V. *The Nature of the Stratigraphical Record* [*La naturaleza del registro estratigráfico*], 2a ed. New York: John Wiley and Sons, 1981.

Albritton, C. *Catastrophic Episodes in Earth History* [*Episodios catastróficos en la historia de la tierra*]. New York: Chapman & Hall, 1989.

Alcock, J. *The triumph of Sociobiology* [*El triunfo de la sociobiología*]. New York: Oxford University Press, 2001.

Alexander, R.D. *The Biology of Moral Systems* [*La biología de los sistemas morales*]. New York: Walter de Gruyter, 1987.

Allen, J.R.L. *Principles of Physical Sedimentology* [*Principios de sedimentología física*]. London: Allen & Unwin, 1985.

Alley, R.B. *The Two-Mile Time Machine: Ice Cores, Abrupt Climate Change, and Our Future* [*La máquina de las dos millas: testigos de hielo, abrupto cambio climático, y nuestro futuro*]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2000.

Allis, C.D., T. Jenuwein, y D. Reinberg. *Epigenetics* [*Epigenética*]. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2007.

Allison, P.A., y D.J. Bottjer. *Taphonomy: Process and Bias through Time* [*Tafonomía: proceso y sesgo a través del tiempo*]. 2ª ed. Dordrecht: Springer, 2011.

Allison, P.A., y D.E.G. Briggs. *Taphonomy: Releasing the Data Locked in the Fossil Record* [*Tafonomía: liberando los datos encerrados en el registro fósil*]. New York: Plenum, 1991).

Allison, P.A., et al. “Deep-Water Taphonomy of Vertebrate Carcasses: A Whale Skeleton in the Bathyal Santa Catalina Basin” [“Tafonomía de cadáveres de vertebrados en aguas profundas: el esqueleto de una ballena en la Cuenca batial de Santa Catalina”]. *Paleobiology* 17 (1991): 78-89.

Alvarez, L.W., et al. “Extraterrestrial Cause for the Cretaceous-Tertiary Extinction” [“Una causa extraterrestre para la extinción del Cretácico-Terciario”]. *Science* 208 (1980): 1095-1108. doi:101126/science.208.4448.1095.

Anderson, D. “Sex Machines” [“Máquinas de sexo”]. *Science Digest* 90 (1982): 74-77, 96.

Andolfatto, P. “Adaptive Evolution of Non-coding DNA in *Drosophila*” [“Evolución adaptativa del ADN no-codificante en *Drosophila*”]. *Nature* 437 (2005): 1149-52. doi:10.1038/nature04107.

Anonymous. “Devil’s Hole Plays Devil’s Advocate” [“El Devil’s Hole (Agujero del Diablo) juega a defensor del diablo”]. *Geotimes* 37 (1992): 7.

Arber, W. “The Existence of a Creator Represents a Satisfactory Solution” [“La existencia de un Creador representa una solución satisfactoria”]. En *Cosmos, Bios, Theos: Scientists Reflect on Science, God, and the Origins of the Universe, Life, and Homo Sapiens* [*Cosmos, Bios, Teos: los científicos reflexionan sobre la ciencia, Dios, y el origen del universo, la vida, y Homo sapiens*], editado por H. Margenau y R.A. Varghese, 141-43. La Salle, IL: Open Court, 1992.

Archer, A.W., G.J. Kuecher, y E.P. Kvale. “The Role of Tidal-Velocity Asymmetries in the Deposition of Silty Tidal Rhythmites (Carboniferous, Eastern Interior Coal Basin, U.S.A.)” [“El rol de las velocidades asimétricas de mareas en la deposición de ritmitas limosas de mareas (Carbonífero, Cuenca de Carbón del interior oriental, U.S.A.)”]. *Journal of Sedimentary Research* 65ª (1995): 408-16.

Archer, A.W., y E.P. Kvale. “Season and Yearly Cycles within Tidally Laminated Sediments: An Example from the Pennsylvanian of Indiana, U.S.A.” [“Ciclos estacionales y anuales en sedimentos laminados de mareas: un ejemplo del Pensilvánico de Indiana, U.S.A.”]. *Illinois Basin Study* 1 (1989): 45-56.

Arthur, W. *The Origin of Animal Body Plans: A Study in Evolutionary Developmental Biology* [*El origen de los planes corporales animales: un estudio en la biología evolutiva del desarrollo*]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Ashley, M.V., et al. “Evolutionarily Enlightened Management” [“Manejo evolutivo iluminado”]. *Biological Conservation* 111 (2003): 115-23.

Ashton, E.H., et al. “The Results of Geographic Isolation on the Teeth and Skull of the Green Monkey (*Cercopithecus aethips sabaeus*) in St. Kitts– a Multivariate Retrospect” [“Los resultados de aislamiento geográfico sobre los dientes y cráneo del mono verde (*Cercopithecus aethiops sabaeus*) en St. Kitts– una retrospección multivariada”]. *Journal of Zoology* 188 (1979): 533-55. doi:10.1111/j.1469-7998.1979.tb03433.x.

Asimov, I. *A Short History of Biology*. Garden City, NY: Natural History Press, 1964. Versión castellana: *Breve historia de la biología.* Buenos Aires: Eudeba, 1966.

Austin, S.A. *Grand Canyon: Monument to Catastrophe* [*El Gran Cañón: monumento a la catástrofe*]. Santee, CA: Institute for Creation Research, 1994.

_____. “Rapid Erosion at Mount St. Helens” [“Rápida erosión en el Mount St. Helens”]. *Origins* 11 (1984): 90-98.

Austin, S.A., et al. “Catastrophic Plate Tectonics: A Global Flood Model of Earth History” [“Una tectónica de placas catastrófica: un modelo de un diluvio global para la historia de la tierra”]. En *Proceedings of the Third International Conference on Creationism* [*Actas de la tercera conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por R.E. Walsh, 609-21. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994.

Avers, C.J. *Process and Pattern in Evolution* [*Procesos y patrones en la evolución*]. New York: Oxford University Press, 1989.

Ayala, F.J. *Darwin and Intelligent Design*. Minneapolis, MN: Fortress, 2006. Versión castellana: *Darwin y el diseño inteligente. Creacionismo, cristianismo y evolución.* Madrid: Alianza, 2007.

Ayala, F.J., y J.C. Avise. *Essential Readings in Evolutionary Biology* [*Lecturas esenciales en la biología evolutiva*]. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2014.

Bada, J.L., X.S. Wang, y H. Hamilton. “Preservation of Key Biomolecules in the Fossil Record: Current Knowledge and Future Challenges” [“La conservación de biomoléculas clave en el registro fósil: el conocimiento actual y los desafíos futuros”]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 354 (1999): 77-86. doi:10.1098/rstb.1999.0361.

Baker, A.J., y A. Moeed. “Rapid Genetic Differentiation and Founder Effect in Colonizing Populations of Common Mynas (*Acridotheres tristis*)” [“Rápida diferenciación genética y el efecto fundador en poblaciones colonizadoras de estorninos comunes (*Acridotheres tristis*)”]. *Evolution* 41 (1987): 525-38. doi:10.2307/2409254.

Baker, V. “Joseph Thomas Pardee and the Spokane Flood Controversy” [“Joseph Thomas Pardee y la controversia de la inundación de Spokane”]. *GSA Today* 5 (Septiembre 1995): 170-76.

Baker, V.R. “The Spokane Flood Controversy and the Martian Outflow Channels” [“La controversia de la inundación de Spokane y los canales marcianos de derrame”]. *Science* 202 (1978): 1249-56. doi:10.1126/science.202.4374.1249.

Bakker, R. “Evolution by Revolution” [“La evolución por medio de una revolución”]. *Science* 85 (1985): 72-80.

Barash, D.P. *The Whisperings Within* [*Los susurros por dentro*]. New York: Harper & Row, 1979.

Barbour, I.G. *Myths, Models, and Paradigms: A Comparative Study in Science and Religion* [*Mitos, modelos y paradigmas: un estudio comparativo en ciencia y religión*]. New York: Harper & Row, 1974.

_____. *Religion in an Age of Science* [*Religión en una edad de ciencia*]. San Francisco: Harper & Row, 1990.

Barluenga, M., et al. “Sympatric Speciation in Nicaraguan Crater Lake Cichlid Fish” [“Especiación simpátrica en peces cíclidos de lagos de cráteres de Nicaragua”]. *Nature* 439 (2006): 719-23. doi:10.1038/nature04325.

Barrick, R.E., y W.J. Showers. “Oxygen Isotope Variability in Juvenile Dinosaurs (*Hypacrosaurus*): Evidence for Thermoregulation” [“La variabilidad de los isótopos de oxígeno en dinosaurios juveniles (*Hypacrosaurus*): Evidencia de termorregulación”]. *Paleobiology* 21 (1995): 552-60. doi:10.2307/2401221.

Barth, K. *Church Dogmatics* [*Dogmática de la iglesia*]. Edinburgh, UK: T&T Clark, 1936.

Barton, N.H., et al. *Evolution* [*Evolución*]. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2007.

Baumgardner, J. "3-D Finite Element Simulation of the Global Tectonic Changes Accompanying Noah's Flood" ["Una simulación de elemento finito en 3-D de los cambios tectónicos globales que acompañaron el diluvio de Noé"]. En *Proceedings of the Second International Conference on Creationism* [*Actas de la segunda conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, 2:35-45. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1990.

_____. "3-D Numerical Investigation of the Mantle Dynamics Associated with the Breakup of Pangea" ["Investigación numérica en 3-D de la dinámica del manto asociada con la ruptura de Pangea"]. Trabajo presentado en la reunión otoñal de la American Geophysical Union, San Francisco, CA, Diciembre 1992.

_____. "Carbon-14 Evidence for a Recent Global Flood and a Young Earth" ["Evidencia de carbono-14 para un diluvio global reciente y una tierra joven"]. En *RATE II: Radioisotopes and the Age of the Earth* [*RATE II: radioisótopos y la edad de la tierra*]. Vol. 2, *Results of a Young-Earth Creationist Research Initiative* [Vol. 2, *Resultados de una iniciativa de investigación creacionista de tierra joven*], editado por Larry Vardiman et al. El Cajón, CA: Institute for Creation Research, 2005.

_____. "Computer Modeling of the Large-Scale Tectonic Associated with the Genesis Flood" ["Modelación computacional de la tectónica a gran escala asociada con el diluvio del Génesis"]. En *Proceedings of the Third International Conference on Creationism, Technical Symposium Sessions* [*Actas de la tercera conferencia internacional sobre creacionismo, sesiones técnicas del simposio*], Pittsburgh, Pennsylvania, Julio 18-23, 1994, editado Por R.E. Walsh, 49-62. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994.

_____. "Numerical Simulation of the Large-Scale Tectonic Changes Accompanying the Flood" ["Simulación numérica de los cambios tectónicos a gran escala que acompañaron el diluvio"]. En *Proceedings of the First International Conference on Creationism* [*Actas de la primera conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, 2:17-31. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1986.

_____. "Runaway Subduction as the Driving Mechanism for the Genesis Flood" ["Subducción desenfrenada como el mecanismo impulsor para el diluvio del Génesis"]. En *Proceedings of the Third International Conference on Creationism, Technical Symposium Sessions* [*Actas de la tercera conferencia internacional sobre creacionismo, Sesiones técnicas del simposio*], Pittsburgh, Pennsylvania, Julio 18-23, 1994, editado por R.E. Walsh, 63-75. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994.

_____. "Thermal Runaway in the Mantle" ["Desenfreno termal en el manto"]. Resumen. *American Geophysical Union, Eos Supplement, AGU Transactions* 75 (1994): 687.

Baynes, E.R., et al. "Erosion during Extreme Flood Events Dominates Holocene Canyon Evolution in Northeast Iceland" ["La erosión durante eventos extremos de inundación domina la evolución de cañones en el Holoceno en el noreste de Islandia"]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 112 (2015): 2355-60. doi:10.1073/pnas.1415443112.

Behe, M.J. *The Edge of Evolution: The Search for the Limits of Darwinism* [*El borde de la evolución: la búsqueda de los límites del Darwinismo*]. New York: Free Press, 2007.

_____. "Irreducible Complexity: Obstacle to Darwinian Evolution" ["Complejidad irreductible: un obstáculo a la evolución darwiniana"]. En *Debating Design: From Darwin to DNA* [*Debatiendo el diseño: desde Darwin al ADN*], editado por W.A. Dembski y M. Ruse, 352-70. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

_____. "Reply to my Critics: A Response to Reviews of Darwin's Black Box: The Biochemical Challenge to Evolution" ["Respuesta a mis críticos: una respuesta a las reseñas de *La caja negra de Darwin: el desafío bioquímico a la evolución*"]. *Biology & Philosophy* 16 (2001): 683-707. doi:10.1023/A:1012268700496.

_____. "Self-organization and Irreducibly Complex Systems: A Reply to Shanks and Joplin" ["La autoorganización y los sistemas de complejidad irreductible: una respuesta a Shanks y Joplin"]. *Philosophy of Science* 67 (2000): 155-62. doi:10.2307/188618.

Behrensmeyer, A.K., y A.P. Hill. *Fossils in the Making: Vertebrate Taphonomy and Paleoecology* [*Fósiles en preparación: tafonomía de los vertebrados y la paleoecología*]. Chicago: University of Chicago Press, 1980.

Bellis, M.A., y R.R. Baker. “Do Females Promote Sperm Competition? Data for Humans” [“Las hembras ¿promueven la competencia de espermatozoides? Datos sobre los humanos”]. *Animal Behavior* 40 (1990): 997-99.

Belyaev, D., y L.N. Trut. “Some Genetic and Endocrine Effects of Selection for Domestication in Silver Foxes” [“Algunos efectos genéticos y endócrinos en la selección para la domesticación en zorros plateados”]. En *The Wild Canids: Their Systematics, Behavioral Ecology and Evolution* [*Los Cánidos salvajes: su sistemática, conducta ecológica y evolución*], editado por M.W. Fox, 416-26. New York: Van Nostrand Reinhold, 1975.

Bentley, D.R., y R.R. Hoy. “Genetic Control of the Neuronal Network Generating Cricket (*Teleogryllus gryllus*) Song Patterns” [“El control genético del circuito neuronal que genera los patrones de canto en los grillos (*Teleogryllus gryllus*)”]. *Animal Behavior* 20 (1972): 478-92.

Benton, M.J. *The Fossil Record 2* [*El registro fósil 2*]. New York: Springer, 1993.

_____. *Vertebrate Palaeontology* [*Paleontología de los vertebrados*]. 3ª ed. Malden, MA: Blackwell Science, 2005.

Berggren, W.A., y J.A. Van Couvering, eds. *Catastrophes and Earth History: The New Uniformitarianism* [*Catástrofes en la historia de la tierra: el nuevo uniformismo*]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984.

Bergstrom, C.T., y L.A. Dugatkin. *Evolution* [*Evolución*]. New York: Norton, 2012.

Berta, A. “What Is a Whale?” [“¿Qué es una ballena?”]. *Science* 263 (1994): 180-81.

Berthault, G., A.V. Lalomov, y M.A. Tugarova. “Reconstruction of Paleolithodynamic Formation Conditions of Cambrian-Ordovician Sandstones in the Northwestern Russian Platform” [“La reconstrucción de las condiciones paleolitodinámicas de formación de areniscas del Cámbrico-Ordovícico de la plataforma del noroeste de Rusia”]. *Lithology and Mineral Resources* 46 (2011): 60-70. doi:10.1134/S0024490211010020.

Berthold, P., y U. Querner. “Genetic Basis of Migratory Behavior in European Warblers” [“La base genética de la conducta migratoria en parúlidos europeos (ave cantora)”]. *Science* 212 (1981): 77-79.

Bertram, B.C.R. “Social Factors Influencing Reproduction in Wild Lions” [“Los factores sociales que influyen en la reproducción de leones salvajes”]. *Journal of Zoology* 177 (1975): 463-82.

Biaggi, R.E. “Paleoecology, Taphonomy and Paleoenvironments of a Unique Littoral Ecosystem within the Eocene Green River Formation of Wyoming” [“Paleoecología, tafonomía y paleoambientes de un ecosistema litoral singular en la Formación Green River del Eoceno de Wyoming”]. Disertación doctoral, Loma Linda University, 2001.

Billingsley, G.H., y E.D. McKee. “Pre-Supai Buried Valleys” [“Valles enterrados en el pre-Supai”]. En *The Supai Group of Grand Canyon* [*El Grupo Supai en el Gran Cañón*], editado por E.D. McKee, 137-53. Reston, VA: U.S. Government Printing Office, 1982.

Birkeland, P.W., y E.E. Larson. *Putnam’s Geology* [*La geología de Putnam*]. 3ª ed. New York: Oxford University Press, 1978.

Bogue, S.W., y J.M.G. Glen. “Very Rapid Geomagnetic Fiel Change Recorded By the Partial Remagnetization of a Lava Flow” [“Un cambio muy rápido del campo geomagnético registrado en la remagnetización parcial de una colada de lava”]. *Geophysical Research Letters* 37 (2010). doi:1029/201DGL044286.

Bollinger, R.R., et al. “Biofilms in the Normal Human Large Bowel: Fact Rather tan Fiction” [“Biopelículas en el intestino grueso humano normal: hecho en lugar de ficción”]. *Gut* 56 (2007): 1481-82.

Bowler, P.J. *Charles Darwin: The Man and His Influence*. Oxford, UK: Blackwell Science, 1990. Versión castellana: *Charles Darwin: El hombre y su influencia.* Madrid: Alianza, 1996.

Brand, L.R. “A Biblical Perspective on the Philosophy of Science” [“Una perspectiva bíblica sobre la filosofía de la ciencia”]. *Origins* 59 (2006): 6-42.

_____. “Comment and Reply on ‘Fossil Vertebrate Footprints in the Coconino Sandstone (Permian) of Northern Arizona: Evidence for Underwater Origin” [“Comentario y respuesta sobre ‘Huellas de vertebrados fósiles en la Coconino Sandstone (Pérmico) del norte de Arizona: evidencia de origen subacuático’”]. *Geology* 20 (1992): 668-70.

_____. “A Critique of Current Anti-ID Arguments and ID Responses” [“Una crítica a los argumentos anti-DI y las respuestas del DI”]. *Origins* 63 (2008): 5-53.

_____. “Field and Laboratory Studies on the Coconino Sandstone (Permian) Vertebrate Footprints and Their Paleoecological Implications” [“Estudios de campo y laboratorio de las huellas de vertebrados en la Coconino Sandstone (Pérmico) y sus implicaciones paleoecológicas”]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 28 (1979): 25-38.

_____. “Field and Laboratory Studies on the Coconino Sandstone (Permian) Vertebrate Footprints and Their Paleoecological Implications” [“Estudios de campo y laboratorio de las huellas de vertebrados en la Coconino Sandstone (Pérmico) y sus implicaciones paleoecológicas”]. En *Terrestrial Trace-Fossils Benchmark Papers in Geology* [*Fósiles traza terrestres-Trabajos de referencia en geología*], editado por W.A.S. Sarjeant, 126-39. Stroudsburg, PA: Hutchinson Ross, 1983.

_____. *Field and Laboratory Studies on the Coconino Sandstone (Permian) Vertebrate Footprints and Their Paleoecological Implications* [*Estudios de campo y laboratorio de las huellas de vertebrados en la Coconino Sandstone (Pérmico) y sus implicaciones paleoecológicas*]. Amsterdam: Elsevier, 1979.

_____. “How Do We Know What Is True?” [“¿Cómo sabemos lo que es verdad?”]. *Journal of Adventist Education* 73 (2010/2011): 16-23.

_____. “Lacustrine Deposition in the Bridger Formation: Lake Gosiute Extended” [“Deposición lacustre en la Formación Bridger: el Lago Gosiute extendido”]. *The Mountain Geologist* 44 (2007): 69-78.

_____. “Naturalism: Its Role in Science” [“El naturalismo: su rol en la ciencia”]. *Origins* 64 (2015): 21-37.

_____. “Tree Nests of California Chipmunks (*Eutamias*)” [“Nidos arbóreos de ardillas listadas (chipmunks *Eutamias*) de California”]. *American Midland Naturalist* 91 (1974): 489-91.

_____. “Variations in Salamander Trackways Resulting from Substrate Differences” [“Variaciones en los rastros de salamandras resultantes de diferencias en el sustrato”]. *Journal of Paleontology* 70 (1996): 1004-10.

_____. "The Vocal Repertoire of Chipmunks (Genus *Eutamias*) in California" ["El repertorio vocal de las ardillas listadas (chipmunks del género *Eutamias*) en California"]. *Animal Behaviour* 24 (1976): 319-35.

_____. "Vocalizations and Behavior of the Chipmunks (Genus *Eutamias*) in California" ["Vocalizaciones y la conducta de las ardillas listadas (chipmunks del género *Eutamias*) en California"]. Disertación doctoral, Cornell University, 1970.

_____. *Vocalizations and Behavior of the Chipmunks (Genus* Eutamias*) in California* [*Vocalizaciones y la conducta de las ardillas listadas (chipmunks del género* Eutamias*) en California*]. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1970.

_____. "Wholistic Geology: Geology before, during, and after the Biblical Flood" ["Geología holística: la geología antes, durante, y después del diluvio bíblico"]. *Origins* 61 (2007): 7-34.

Brand, L.R., M. Wang, y A. Chadwick. "Global Database of Paleocurrent Trends through the Phanerozoic and Precambrian" ["Base de datos global de tendencias en paleocorrientes a través del Fanerozoico y el Precámbrico"]. *Scientific Data* (Junio 9, 2015). Accedido 12 Julio 2020: www.nature.com/articles/sdata201525. doi:10.1038/sdata.2015.25.

Brand, L.R., y R.M. Davidson. *Choose You This Day: Why It Matters What You Believe about Creation* [*Elige tú este día: por qué importa lo que tú crees sobre la creación*]. Nampa, ID: Pacific, 2013.

Brand, L.R., R. Esperante, A.V. Chadwick, O.P. Porras, y M. Alomia. "Fossil Whale Preservation Implies High Diatom Accumulation Rate in the Miocene-Pliocene Pisco Formation of Peru" ["La conservación de ballenas fósiles implica una alta tasa de acumulación de diatomeas en la Formación Pisco del Mioceno-Plioceno de Perú"]. *Geology* 32 (2004): 165-68.

Brand, L.R., y J. Florence. "Stratigraphic Distribution of Vertebrate Fossil Footprints Compared with Body Fossils" ["La distribución estratigráfica de pisadas fósiles de vertebrados en comparación con los fósiles de los cuerpos"]. *Origins* 9 (1982): 67-74.

Brand, L.R., M. Hussey, y J. Taylor. "Taphonomy of Freshwater Turtles: Decay and Disarticulation in Controlled Experiments" ["Tafonomía de tortugas de agua dulce: descomposición y desarticulación en experimentos controlados"]. *Journal of Taphonomy* 1 (2003): 233-45.

Brand, L.R., y D.C. Jarnes. *Beginnings.* Nampa, ID: Pacific, 2006. Versión castellana: *En el principio… La ciencia y la Biblia en la búsqueda de la verdad.* Buenos Aires: ACES; Libertador San Martín: Editorial UAP, 2007.

Brand, L.R., y R.E. Ryckman. "Biosystematics of *Peromyscus eremicus, P. guardia, and P. interparietalis*" ["La biosistemática de *Peromyscus eremicus, P. guardia, y P. interparietalis*"]. *Journal of Mammalogy* 50 (1969): 501-13. doi:10.2307/1378777.

_____. "Laboratory Life Histories of *Peromyscus eremicus* and *Peromyscus interparietalis*" ["Historias de vida de laboratorio de *Peromyscus eremicus* y *Peromyscus interparietalis*"]. *Journal of Mammalogy* 49 (1968): 495-501.

Brand, L.R., y T. Tang. "Fossil Vertebrate Footprints in the Coconino Sandstone (Permian) of Northern Arizona: Evidence por Underwater Origin" ["Huellas de vertebrados fósiles en la Coconino Sandstone (Pérmico) del norte de Arizona: Evidencia de origen subacuático"]. *Geology* 19 (1991): 1201-4.

Brand, L.R., et al. "A High Resolution Stratigraphic Framework for the Remarkable Fossil Cetacean Assemblage of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Peru" ["Un marco estratigráfico de alta resolución para el extraordinario conjunto de cetáceos fósiles de la Formación Pisco del Mioceno/ Plioceno, Perú"]. *Journal of South American Earth Sciences* 31 (2011): 414-25.

Brandes, C. "Genetic Differences in Learning Behavior in Honeybees (*Apis mellifera capensis*)" ["Diferencias genéticas en la conducta de aprendizaje en abejas de la miel (*Apis mellifera capensis*)"]. *Behavior Genetics* 21 (1991): 271-94.

Branscomb, L.M. "Integrity in Science" ["Integridad en la ciencia"]. *American Scientist* 73 (1985): 421-23.

Bray, J.R. "Volcanic Triggering of Glaciation" ["Desencadenante volcánico de la glaciación"]. *Nature* 260 (1976): 414-5.

Breithaupt, B.H. "Eocene Mammals from the Fossil Butte Member of the Green River Formation, Fossil Basin, Wyoming: Chronological and Environmental Implications" ["Mamíferos del Eoceno del Fossil Butte Member de la Formación Green River, Fossil Basin, Wyoming: Implicaciones cronológicas y ambientales"]. Resumen. *Geological Society of America, Rocky Mountain Section, 43rd Annual Meeting, Jackson, WY, Mayo 21-23, Meeting Abstracts with Programs* 22, no. 6 (1990): 4.

Brescia, F., et al. *Chemistry: A Modern Introduction* [*Química: una introducción moderna*]. Philadelphia: Saunders, 1974.

Bressan, P. "Why Babies Look Like Their Daddies: Paternity Uncertainty and the Evolution of Self-Deception in Evaluating Family Resemblance" ["¿Por qué los bebés se parecen a sus padres?: La incertidumbre de la paternidad y la evolución de la auto decepción al evaluar el parecido familiar"]. *Acta Ethologica* 4 (2002): 113-18.

Brett, C.E. "A Slice of the 'Layer Cake': The Paradox of 'Frosting Continuity'" ["Una rebanada de la 'torta de capas': La paradoja de 'la continuidad del glaseado'"]. *Palaios* 15 (2000): 495-98.

Brett, C.E., y G.C. Baird. "Comparative Taphonomy: A Key to Paleoenvironmental Interpretation Base don Fossil Preservation" ["Tafonomía comparada: Una clave para la interpretación paleoambiental basada en la conservación de los fósiles"]. *Palaios: International Journal of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists* 1 (1986): 207-27.

Bretz, J.H. "Channeled Scabland and the Spokane Flood" ["El Channeled Scabland y la inundación Spokane"]. *Journal of Washington Academy of Science* 17 (1927): 200-211.

_____. "The Channeld Scablands of the Columbia Plateau" ["Los Channeled Scablands de la meseta Columbia"]. *Journal of Geology* 31 (1923): 617-49.

Briggs, D.E.G. "Experimental Taphonomy" ["Tafonomía experimental"]. *Palaios* 10 (1995): 539-50.

Bromley, R.G. *Trace Fossils: Biology and Taphonomy* [*Fósiles traza: biología y tafonomía*]. Boston: Unwin Hyman, 1990.

Brooks, J., y G. Shaw. *Origin and Development of Living Systems* [*Origen y desarrollo de los sistemas vivientes*]. London: Academic Press, 1973.

Brosch, R., et al. "A New Evolutionary Scenario for the Mycobacterium *Tuberculosis* Complex" ["Un nuevo escenario evolutivo para el complejo Mycobacterium *Tuberculosis*"]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 99 (2002): 3684-89.

Brown, M.W., A.W. Archer, y E.P. Kvale. "Neap-Spring Tidal Cyclicity in Laminated Carbonate Channel-Fill Deposits and Its Implications; Salem Limestone (Mississippian), South-Central Indiana, U.S.A." ["Ciclicidad de

mareas vivas y muertas en depósitos de calizas laminadas en relleno de canales y sus implicaciones: Caliza de Salem (Misisípico), Sur-centro de Indiana, U.S.A."]. *Journal of Sedimentary Research* 60 (1990): 152-59.

Brown, P.D. "Evolution in ID Perspective: The Aspect of Evolution through Loss" ["La evolución en la perspectiva del DI: el aspecto de la evolución a través de la pérdida"]. Ponencia presentada en la Conferencia RAPID 2, Biola University, La Mirada, CA, Mayo 11-13, 2006.

Brown, R.H. "Amino Acid Dating" ["Datación con aminoácidos"]. *Origins* 12 (1985): 8-25.

_____. "C-14 Age Profiles for Ancient Sediments and Peat Bogs" ["Perfiles de edades de C-14 para sedimentos antiguos y turberas"]. *Origins* 2 (1975): 6-18.

_____. "Compatibility of Biblical Chronology with C-14 Age" ["Compatibilidad de la cronología bíblica con las edades de C-14"]. *Origins* 21 (1994): 66-79.

_____. "Correlation of C-14 Age with the Biblical Time Scale" ["Correlación de edades de C-14 con la escala de tiempo bíblica"]. *Origins*17 (1990): 56-65.

_____. "Implications of C-14 Age vs Depth Profile Characteristics" ["Implicaciones de edades de C-14 versus características de perfiles de profundidad"]. *Origins* 15 (1988): 19-29.

_____. "The Interpretation of C-14 Dates" ["La interpretación de los fechados con carbono-14"]. *Origins* 6 (1979): 30-44.

_____. "Mixing Lines– Considerations Regarding Their Use in Creationist Interpretation of Radioisotope Age Data" ["Líneas de mezcla– consideraciones con respecto a su uso en la interpretación creacionista de datos de datación con radioisótopos"]. En *Proceedings of the Third International Conference on Creationism, Technical Symposium Sessions* [*Actas de la tercera conferencia internacional sobre creacionismo, sesiones técnicas del simposio*], Pittsburgh, Pennsylvania, July 18-23, 1994, editado por R.E. Walsh, 123-30. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1994.

Brown, R.H., y C.L. Webster. "Interpretation of Radiocarbon and Amino Acid Data" ["Interpretación de datos del radiocarbono y de los aminoácidos"]. *Origins* 18 (1991): 66-78.

Buchheim, H.P. “Eocene Fossil Lake, Green River Formation, Wyoming: A History of Fluctuating Salinity” [“El lago Fossil Lake del Eoceno, Formación Green River, Wyoming: Una historia de salinidad fluctuante”]. En *Sedimentology and Geochemistry of Modern and Ancient Saline Lakes* [*Sedimentología y geoquímica de lagos salinos modernos y antiguos*], editado por B.L. Garces y J.G. Aquilar, 239-47. Tulsa, OK: Society of Sedimentary Geology, 1994.

_____. “Paleoenvironments, Lithofacies and Varves of the Fossil Butte Member of the Eocene Green River Formation, Southwestern Wyoming” [“Paleoambientes, litofacies y varves del Miembro Fossil Butte de la Green River Formation del Eoceno, suroeste de Wyoming”]. *Rocky Mountain Geology* 30 (1994): 3-14.

Bultman, R. “Is Exegesis without Presuppositions Possible?” [“¿Es posible la exégesis sin presuposiciones?”]. En *Existence and Faith* [*La existencia y la fe*], editado por M. Ogden, 289-92. New York: World, 1960.

Buono, M., et al. “Un arqueoceto (Cetacea: Archaeoceti) del Eoceno temprano tardío de Isla Marambio (Formación La Meseta), Antártida.” Trabajo presentado en el *IV Congreso Latinoamericano de Paleontología de Vertebrados,* San Juan, Argentina, Septiembre 2011.

Burchfiel, B. “New Technology: New Geological Challenges” [“Nueva tecnología: los nuevos desafíos geológicos”]. *GSA Today* 14 (2004): 4-9.

Butler, R.F. *Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes* [*Paleomagnetismo: de dominios magnéticos a terrenos geológicos*]. Boston: Blackwell Scientific, 1992.

Cabej, N. *Epigenetic Principles of Evolution* [*Principios epigenéticos de evolución*]. London: Elsevier, 2012.

Cain, A.J. “The Perfection of Animals” [“La perfección de los animales”]. *Biological Journal of the Linnean Society* 36 (1989): 3-29. doi:10.1111/j.1095-8312.1989.tb00479.x.

Cairns, J., J. Overbaugh, y S. Miller. “The Origin of Mutants” [“El origen de los mutantes”]. *Nature* 335 (1988): 142-45.

Cairns-Smith, A.G. *Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life* [*La adquisición genética y los orígenes minerales de la vida*]. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.

Callaway, E. *The Epigenetics Revolution: How Modern Biology Is Rewriting Our Understanding of Genetics, Disease, and Inheritance* [*La revolución epigenética: cómo la biología moderna está reescribiendo nuestra comprensión de la genética, la enfermedad, y la herencia*]. New York: Columbia University Press, 2012.

_____. "Neanderthals Had Outsize Effect on Human Biology" ["Los neandertales tuvieron un efecto muy grande en la biología humana"]. *Nature* 523 (2015): 512-13. doi:10.1038/523512ª.

_____. "Rival Species Recast Significance of 'First Bird'" ["Especies rivales cambian el significado de la 'Primera Ave'"]. *Nature* 516 (2014):18-19.

Carey, N. *Junk DNA: A Journey through the Dark Matter of the Genome* [*ADN basura: un viaje a través de la materia oscura del genoma*]. New York: Columbia University Press, 2015.

Carlisle, D.B. *Dinosaurs, Diamonds, and Things from Outer Space: The Great Extinction* [*Los dinosaurios, los diamantes, y las cosas del espacio exterior: la gran extinción*]. Stanford, CA: Stanford University Press, 1995.

Carroll, R.L. *The Rise of Amphibians: 365 Million Years of Evolution* [*El surgimiento de los anfibios: 365 millones de años de evolución*]. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2009.

_____. "Towards a New Evolutionary Synthesis" ["Hacia una nueva síntesis evolutiva"]. *Trends in Ecology & Evolution* 15 (2000): 27-32.

_____. *Vertebrate Paleontology and Evolution* [*Paleontología y evolución de los vertebrados*]. New York: Freeman, 1988.

Carson, H.L. "The Genetics of Speciation at the Diploid Level" ["La genética de la especiación al nivel diploide"]. *The American Naturalist* 109 (1975): 83-92.

Carson, H.L., y R.G. Wisotzkey. "Increase in Genetic Variance Following a Population Bottleneck" ["Aumento en la variabilidad genética luego de un cuello de botella en la población"]. *The American Naturalist* 134 (1989): 668-73.

Chadwick, A., y T. Yamamoto. “A Paleoecological Analysis of the Petrified Trees in the Specimen Creek Area of Yellowstone National Park, Montana, U.S.A.” [“Un análisis paleoecológico de los árboles petrificados en el área de Specimen Creek, Yellowstone National Park, Montana, U.S.A.”]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 45 (1984): 39-48.

Chadwick, A.V. “*Cappasporites*: A Common Middle Pennsylvanian Palynomorph” [“*Cappasporites:* Un palinomorfo común del Pensilvánico Medio”]. *Palynology* 7 (1983): 205-10. doi:10.2307/3687467.

_____. “Megabreccias: Evidence for Catastrophism” [“Las megabrechas: evidencia de catastrofismo”]. *Origins* 5 (1978): 39-46.

_____. “Precambrian Pollen in the Grand Canyon-A Reexamination” [“Polen precámbrico en el Gran Cañón-Una reexaminación”]. *Origins* 8 (1981): 7-12.

Chadwick, A.V., y R.F. DeHaan. “The Trilobite: Enigma of Complexity– A Case for Intelligent Design” [“El trilobite: Un enigma de complejidad–un caso a favor del diseño inteligente”]. *Perspective on Science and Christian Faith* 52 (2000): 233-41.

Chaloner, W.G., y A. Hallam. *Evolution and Extinction: A Discussion* [*Evolución y extinción: Una discusión*]. London: Royal Society. 1989.

Chamberlin, T.C. “The Method of Multiple Working Hypothesis” [“El método de múltiples hipótesis de trabajo”]. *Science* 148 (1965): 754-59. (Véase también *Journal of Geology* 103 (1995): 349-354, para una reimpresión del artículo con una introducción de D.C. Raup).

Check, E. “It’s the Junk That Makes Us Human” [“Es la basura la que nos hace humanos”]. *Nature* 444 (2006): 130-31.

Clark, H.W. *The New Diluvialism* [*El nuevo diluvialismo*]. Angwin, CA: Science Publications, 1946.

Clark, M.E. *Contemporary Biology* [*Biología contemporánea*]. 2ª ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1979.

Clarkson, E.N.K. *Invertebrate Palaeontology and Evolution* [*La paleontología y evolución de los invertebrados*]. 3ª ed. New York: Chapman & Hall, 1993.

Clausen, B. “Baumgardner’s Modeling of Rapid Plate Tectonic Motion” [“El modelo de Baumgardner del movimiento rápido en la tectónica de placas”]. *Geoscience Reports* 26 (1998): 9-10.

Cleaves, H.J., et al. “A Reassessment of Prebiotic Organic Synthesis in Neutral Planetary Atmospheres” [“Una reevaluación de la síntesis orgánica prebiótica en atmósferas planetarias neutrales”]. *Origin of Life and Evolution of the Biosphere* 38 (2007): 105-15. doi: 10.1007/s11084-007-9120-3.

Cobban, W.A. *Scaphitoid Cephalopods of the Colorado Group* [*Cefalópodos escafitoideos del Colorado Group*]. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office, 1951.

Cody, G.D., et al. “Molecular Signature of Chitin-Protein Complex in Paleozoic Arthropods” [“Impronta molecular de complejos de quitina-proteína en artrópodos del Paleozoico”]. *Geology* 39 (2011): 255-58.

Coe, R.S., et al. “Demise of the Rapid-Field-Change Hypothesis at Steens Mountains: The Crucial Role of Continuous Thermal Demagnetization” [“Deceso de la hipótesis del cambio rápido de campo en Steens Mountain: El rol crucial de una demagnetización termal continua”]. *Earth and Planetary Science Letters* 400 (2014): 302-12.

Coe, R.S., M. Prevot, y P. Camps. “New Evidence for Extraordinarily Rapid Change of the Geomagnetic Field during a Reversal” [“Nueva evidencia de cambio extraordinariamente rápido del campo geomagnético durante una inversión”]. *Nature* 374 (1995): 687.

Coffin, H.G. “Comment and Reply on Erect Floating Stumps in Spirit Lake, Washington” [“Comentario y respuesta sobre los tocones (troncos) erguidos (verticales) flotantes en Spirit Lake, Washington”]. *Geology* 11 (1983): 734.

_____. “Erect floating Stumps in Spirit Lake, Washington” [“Tocones (troncos) erguidos (verticales) flotantes en Spirit Lake, Washington”]. *Geology* 11 (1983): 298-99.

_____. “The Organic Levels of the Yellowstone Petrified Forests” [“Los niveles orgánicos de los bosques petrificados de Yellowstone”]. *Origins* 6 (1979): 71-82.

_____. "Orientation of Trees in the Yellowstone Petrified Forests" ["Orientación de los árboles en los bosques petrificados de Yellowstone"]. *Journal of Paleontology* 50 (1976): 539-43.

_____. "The Puzzle of the Petrified Trees" ["El acertijo de los árboles petrificados"]. *Dialogue* 4 (1992): 11-13, 30, 31.

_____. "Sonar and Scuba Survey of a Submerged Allochthonous 'Forest' in Spirit Lake, Washington" ["Investigación con sonar y buceo scuba de un 'bosque' alóctono sumergido en Spirit Lake, Washington"]. *Palaios* 2 (1987): 178-80.

_____. "The Yellowstone Petrified Forests" ["Los bosques petrificados de Yellowstone"]. *Spectrum* 9 (1979): 42-53.

Coffin, H.G., y R.H. Brown. *Origin by Design* [*Origen mediante el diseño*]. Hagerstown, MD: Review and Herald, 1983.

Cole, S.T., et al. "Massive Gene Decay in the Leprosy Bacillus" ["Descomposición masiva de genes en el bacilo de la lepra"]. *Nature* 409 (2001): 1007-11.

Conaghan, P.J., et al. "Nubrigyn Algal Reefs (Devonian), Eastern Australia: Allochthonous Blocks and Megabreccias" ["Arrecifes algales de Nubrigyn (Devónico), este de Australia: Bloques alóctonos y megabrechas"]. *Geological Society of America Bulletin* 87 (1976): 515-30.

Cook, H.E., et al. "Allochthonous Carbonate Debris Flows at Devonian Bank ('Reef') Margins, Alberta, Canada" ["Flujos de derrubios alóctonos de carbonato en los márgenes del Devonian Bank ('arrecife'), Alberta, Canadá"]. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology* 20 (1972): 439-97.

Cook, T.D., et al., eds. *Stratigraphic Atlas of North & South America* [*Atlas estratigráfico de norte y sudamérica*]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1975.

Cooper, J.D., R.H. Miller, y J. Patterson. *A Trip through Time: Principles of Historical Geology* [*Un viaje a través del tiempo: Principios de geología histórica*]. 2ª ed. Columbus, OH: Merrill, 1990.

Coppinger, R., y L. Coppinger. *Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behavior, and Evolution* [*Los perros: Un sorprendente nuevo entendimiento del origen, la conducta y la evolución de los caninos*]. Chicago: University of Chicago Press, 2001.

Corbet, G.B., y J.E. Hill. *A World List of Mammalian Species* [*Una lista mundial de especies de mamíferos*]. New York: Oxford University Press, 1991.

Coyne, J.A., y H.A. Orr. *Speciation* [*La especiación*]. Sunderland, MA: Sinauer, 2004.

Crick, F.H. *Life Itself: Its Origin and Nature* [*La vida misma: Su origen y naturaleza*]. New York: Simon & Schuster, 1981.

_____. *What Mad Pursuit: A Personal View of Scientific Discovery* [*Qué loca persecución: Un punto de vista personal sobre el descubrimiento científico*]. New York: Basic Books, 1988.

Crick, F.H., y L.E. Orgel. "Directed Panspermia" ["Panspermia dirigida"]. *Icarus* 19 (1973): 341-46.

Cromer, A.H. *Uncommon Sense: The Heretical Nature of Science* [*Un sentido poco común: La naturaleza herética de la ciencia*]. New York: Oxford University Press, 1993.

Crowell, J.C. "Origin of Pebbly Mudstone" ["El origen de fangolitas pedregosas"]. *Geological Society of America Bulletin* 68 (1957): 993-1010.

Crowell, J.C., y L.A. Frakes. "Late Paleozoic Glaciation: Part IV, Australia" ["La glaciación del Paleozoico tardío: Parte IV, Australia"]. *Geological Society of America Bulletin* 82 (1971): 2515-40.

Daeschler, E.B., N.H. Shubin, y F.A. Jenkins Jr. "A Devonian Tetrapod-like Fish and the Evolution of the Tetrapod Body Plan" ["Un pez del Devónico parecido a los tetrápodos y la evolución del plan corporal de los tetrápodos"]. *Nature* 440 (2006): 757-63.

Dalrymple, G.B. *The Age of the Earth* [*La edad de la tierra*]. Stanford, CA: Stanford University Press. 1991.

Dalton, R. "Discovery Pushes Back Date of First Four-Legged Animal" ["Un descubrimiento empuja hacia atrás la edad del primer animal de cuatro patas"]. *Nature News* (Enero 6, 2010). doi:10.1038/news. 2010.1.

Darwin, C. *On the Origin of Species*. London: John Murray, 1859. Versión castellana: *El origen de las especies*. 6ª ed. Barcelona: Grijalbo S.A., 1995.

Davidson, C.R., et al. “Toll-like Receptor Genes (TLRs) from *Capitella capitata* and *Helobdella robusta* (Annelida)” [“Genes de los receptores tipo casetas colectoras de peaje (TLRs) de *Capitella capitata* y *Helobdella robusta* (Anélida)”]. *Developmental and Comparative Immunology* 32 (2008): 608-12.

Davidson, R.M. “Biblical Evidence for the Universality of the Genesis Flood” [“Evidencias bíblicas para la universalidad del diluvio del Génesis”]. *Origins* 22 (1995): 58-73.

_____. “Biblical Interpretation” [“Interpretación bíblica”]. En *Handbook of Seventh-day Adventist Theology,* editado por R. Dederen. Vol. 12 in the Seventh-day Adventist Bible Commentary Reference Series. 58-104. Hagerstown, MD: Review and Herald, 2000.

_____. “The Genesis Account of Origins” [“El registro del Génesis sobre los orígenes”]. En *The Genesis Creation Account and Its Reverberations in the Old Testament* [*El registro de la creación del Génesis y sus reverberaciones en el Antiguo Testamento*], editado por G.A. Klingbeil, 59-129. Berrien Springs, MI: Andrews University Press, 2015.

_____. “The Genesis Flood Narrative: Crucial Issues in the Current Debate” [“La narrativa del diluvio del Génesis: cuestiones cruciales en el debate actual”]. *Andrews University Seminary Studies* 42 (2004): 49-77.

_____. “How Reliable Is the Bible?” [“¿Cuán confiable es la Biblia?”], en *Always Prepared: Answers to Questions about Our Faith* [*Siempre preparados: Respuestas a preguntas sobre nuestra fe*], editado por H.M. Rasi y N.J. Vyhmeister, 13-26. Nampa, ID: Pacific, 2011.

Davis, W.M. “The Value of Outrageous Geological Hypotheses” [“El valor de las hipótesis geológicas descomunales”]. *Science* 63 (1926): 463-68.

Dawkins, R. *The Blind Watchmaker.* New York: Norton, 1986. Versión castellana: *El relojero ciego.* Barcelona: RBA, 1993.

_____. *Climbing Mount Improbable* [*Escalando el monte improbable*]. New York: Norton, 1996.

_____. *Unweaving the Rainbow: Science, Delusion, and the Appetite for Wonder.* New York: Houghton Mifflin, 1998. Versión castellana: *Destejiendo el arco iris.* Barcelona: Tusquets, 2000.

Day, W. *Genesis on Planet Earth: The Search for Life's Beginning* [*Génesis en el planeta Tierra: La búsqueda de los orígenes de la vida*]. New Haven, CT: Yale University Press, 1984.

Dayhoff, M.O. *Atlas of Protein Sequence and Structure* [*Atlas de la secuencia y estructura de las proteínas*]. Washington, D.C.: National Biomedical Research Foundation, 1972.

De Muizon, C. "Walking with Whales" ["Caminando con las ballenas"]. *Nature* 413 (2001): 259-60.

De Queiroz, A. *The Monkey's Voyage: How Improbable Journeys Shaped the History of Life* [*El viaje del mono: Cómo viajes improbables modelaron la historia de la vida*]. New York: Basic Books, 2014.

De Renzi, M.E., et al., eds. *Current Topics on Taphonomy and Fossilization* [*Tópicos actuales sobre tafonomía y fosilización*]. Valencia, Spain: Ayuntamiento de Valencia, 2002.

De Sousa, M. "Warning: Scientists Are Becoming Too Much Like Chefs" ["Advertencia: Los científicos se están pareciendo mucho a los chefs"]. *Scientist* 3, no. 1 (1989): 9, 11.

De Young, D. *Thousands… Not Billions* [*Miles… no billones*]. Green Forest, AZ: Master Books, 2005.

Delbrück, M., et al. *Mind from Matter?: An Essay on Evolutionary Epistemology* [*¿La mente a partir de la materia?: Un ensayo sobre la epistemología evolutiva*]. Palo Alto, CA: Blackwell Scientific, 1986.

Dembski, W.A. *Darwin's Nemesis: Phillip Johnson and the Intelligent Design Movement* [*El némesis de Darwin: Phillip Johnson y el movimiento del diseño inteligente*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2006.

_____. *Intelligent Design: The Bridge between Science & Theology.* Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1999. Versión castellana: *Diseño Inteligente: Un puente entre la ciencia y la teología.* Miami, FL: Vida, 2005.

_____. *Mere Creation: Science, Faith & Intelligent Design* [*Mera creación: La ciencia, la fe, y el diseño inteligente*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1998.

_____. *No Free Lunch: Why Specified Complexity Cannot Be Purchased without Intelligence* [*No hay almuerzo gratis: Por qué sin la inteligencia no se puede comprar la complejidad especificada*]. Lanham, MD: Rowman & Littlefield, 2002.

Dembski, W.A., y J.M. Kushiner. *Signs of Intelligence: Understanding Intelligent Design* [*Señales de inteligencia: Comprendiendo el diseño inteligente*]. Grand Rapids, MI: Brazos Press, 2001.

Dembski, W.A., y S. McDowell. *Understanding Intelligent Design: Everything You Need to Know in Plain Language* [*Comprendiendo el Diseño Inteligente: Todo lo que necesitas saber en lenguaje sencillo*]. Eugene, OR: Harvest House, 2008.

Dembski, W.A., y J. Wells. *The Design of Life: Discovering Signs of Intelligence in Biological Systems* [*El diseño de la vida: Descubriendo señales de inteligencia en los sistemas biológicos*]. Dallas, TX: Found. for Thought and Ethics, 2008.

Dennett, D.C., y A. Plantinga. *Science and Religion: Are They Compatible?* [*La ciencia y la religión: ¿Son compatibles?*]. New York: Oxford University Press, 2011.

Denton, M. *Evolution: A Theory in Crisis* [*La evolución: Una teoría en crisis*]. Bethesda, MD: Burnett Books, 1985.

_____. *Nature's Destiny: How the Laws of Biology Reveal Purpose in the Universe* [*El destino de la naturaleza: Cómo las leyes de la biología revelan propósito en el universo*]. New York: Free Press, 1998.

Dessauer, H.C., G.F. Gee, y J.S. Rogers. "Allozyme Evidence for Crane Systematics and Polymorphisms within Populations of Sandhill, Sarus, Siberian, and Whooping Cranes" ["Evidencias en alozimas de la sistemática y los polimorfismos en las poblaciones de grullas de las dunas, siberianas, sarus y trompeteras"]. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 1 (1992): 279-88.

Diamond, J.M. "Flightlessness and Fear of Flying in Island Species" ["La imposibilidad de volar y el miedo a volar en especies que viven en islas"]. *Nature* 293 (1981): 507-8.

Dias, B.G., y K.J. Ressler. "Parental Olfactory Experience Influences Behavior and Neural Structure in Subsequent Generations" ["La experiencia olfatoria parental influye en la conducta y la estructura neural en generaciones subsiguientes"]. *Nature Neuroscience* 17 (2014): 89-96.

Dilger, W.C. “The Behavior of Lovebirds” [“La conducta de los periquitos africanos”]. *Scientific American* 206 (1962): 88-98.

_____. “The Comparative Ethology of the African Parrot Genus *Agapornis*” [“La etología comparada del género *Agapornis* de loros africanos”]. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 17 (1960): 649-85.

Dobzhansky, T. “Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution” [“En la biología nada tiene sentido excepto a la luz de la evolución”]. *The American Biology Teacher* 35 (1973): 125-29.

Dodson, E.O., y P. Dodson. *Evolution: Process and Product* [*La evolución: Proceso y producto*]. Boston: Prindle, Weber & Schmidt, 1985.

Dodson, P., y D. Wexlar. “Taphonomic Investigations of Owl Pellets” [“Investigaciones tafonómicas de pelets de lechuza”]. *Paleobiology* 5 (1979): 275-84.

Dodson, P., et al. “Taphonomy and Paleoecology of the Dinosaur Beds of the Jurassic Morrison Formation” [“Tafonomía y paleoecología de los estratos con dinosaurios de la Morrison Formation del Jurásico”]. *Paleobiology: A Quarterly Journal of the Paleontological Society* 6 (1980): 208-32.

Donovan, S.K. *Mass Extinctions: Processes and Evidence* [*Las extinciones en masa: Procesos y la evidencia*]. New York: Columbia University Press, 1989.

_____. *The Palaeobiology of Trace Fossils* [*La paleobiología de fósiles traza*]. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1994.

_____. *The Processes of Fossilization* [*Los procesos de fosilización*]. New York: Columbia University Press, 1991.

Dorn, M. *Das Problem der Autonomie der Naturwissenschaften bei Galilei.* Stuttgart, Germany: Franz Steiner Verlag, 2000.

Dornbos, S. “High-Resolution Geochemical Evidence for Oxic Bottom Waters in Multiple Cambrian Burgess Shale-Type Deposits” [“Evidencia geoquímica de alta resolución para aguas del fondo con oxígeno en múltiples depósitos del tipo Burgess Shale del Cámbrico”]. *Geological Society of America Bulletin* 46 (2014): 433.

Dott, R.H. “Squantum Tillite, Massachusetts–Evidence of Glaciation or Subaqueous Mass Movements?” [“La tillita de Squantum, Massachusetts–

¿Evidencia de glaciación o de movimientos subacuáticos masivos?"]. *Geological Society of America Bulletin* 72 (1961): 1289-306.

Dott, R.H., y D.R. Prothero. *Evolution of the Earth* [*La evolución de la tierra*]. 5ª ed. New York: McGraw-Hill, 1994.

Doukhan, J.B. "The Genesis Creation Story: Text, Issues, and Truth" ["La historia de la creación del Génesis: Texto, cuestiones, y la verdad"]. *Origins* 55 (2004): 12-33.

_____. "When Death Was Not Yet" ["Cuando todavía no era la muerte"]. En *The Genesis Creation Account and Its Reverberations in the Old Testament* [*El registro de la creación del Génesis y sus reverberaciones en el Antiguo Testamento*], editado por G.A. Klingbeil, 329-42. Berrien Springs, MI: Andrews University Press, 2015.

Drickamer, L.C., y S.H. Vessey. *Animal Behavior: Mechanisms, Ecology, and Evolution* [*Conducta animal: Mecanismos, ecología y evolución*]. 3ª ed. Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1992.

Dubiel, R.F. "Triassic Deposystems, Paleogeography, and Paleoclimate of the Western Interior" ["Deposistemas del Triásico, paleogeografía y paleoclima del interior occidental"]. En *Mesozoic Systems of the Rocky Mountain Region, USA* [*Sistemas del Mesozoico de la región de las Rocallosas, USA*], editado por M.V. Caputo, K.J. Franczyk, y J.A. Peterson, 133-68. Denver, CO: Rocky Mountain Section, Society for Sedimentary Geology, 1994.

Dunbar, C.O. *Historical Geology* [*Geología histórica*]. 2ª ed. New York: John Wiley and Sons, 1961.

Dunford, C. "Behavioral Aspects of Spatial Organization in the Chipmunk, *Tamias striatus*" ["Aspectos conductuales de la organización espacial en la ardilla listada *Tamias striatus*"]. *Behaviour* 36 (1970): 215-30.

Eardley, A.J. *General College Geology* [*Geología general para bachilleratos*]. New York: Harper & Row, 1965.

Eaton, J.E. "The By-passing and Discontinuous Deposition of Sedimentary Materials" ["La deposición discontinua y en circunvalación de materiales sedimentarios"]. *AAPG Bulletin* 13 (1929): 713-61.

Eibl-Eibesfeldt, I.R. *Ethology: The Biology of Behavior* [*Etología: La biología de la conducta*]. 2ª ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1975.

Eiseley, L.C. *Darwin and the Mysterious Mr. X: New Light on the Evolutionists* [*Darwin y el misterioso Sr. X: Nueva luz sobre los evolucionistas*]. New York: Dutton, 1979.

_____. "Was Darwin Wrong about the Human Brain?" ["¿Se equivocó Darwin sobre el cerebro humano?"]. *Harpers Monthly* (Noviembre 1955): 66-70.

Eldredge, N. *The Monkey Business: A Scientist Looks at Creationism* [*Una payasada: Un científico observa el creacionismo*]. New York: Washington Square Press, 1982).

_____. "Species, Speciation and the Environment" ["Las especies, la especiación y el medioambiente"]. *Actionbioscience* (2000). www.actionbioscience.org/evolution/eldredge.html.

Eldredge, N., y S.J. Gould. "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism" ["El equilibrio puntuado: Una alternativa al gradualismo filético"]. En *Models in Biology* [*Modelos en biología*], editado por T.J.M. Schopf, 82-115. San Francisco: Freeman, Cooper, 1972.

Eldredge, N., et al. "The Dynamics of Evolutionary Stasis" ["La dinámica de la estasis evolutiva"]. *Paleobiology* 31 (2005): 133-45.

ENCODE Project Consortium (Consorcio del Proyecto ENCODE), "An Integrated Encyclopedia of DNA Elements in the Human Genome" ["Una enciclopedia integrada de elementos del ADN en el genoma humano"]. *Nature* 489 (2012): 57-74. doi:10.1038/nature11247.

Endler, J.A. *Natural Selection in the Wild* [*La selección natural en el ambiente silvestre*]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986.

Esperante, R., et al. "Taphonomy of Fossil Whales in the Diatomaceous Sediments of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Peru" ["Tafonomía de ballenas fósiles en los sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, Perú"]. En *International Conference Taphos 2002: 3rd Meeting on Taphonomy and Fossilization* [*Conferencia Internacional Taphos 2002: 3ª Reunión sobre tafonomía y fosilización*], editado por M. De Renzi, M.V. Pardo Alonso, y M. Belinchón, 337-43. Valencia, Spain: Ayuntamiento de Valencia, 2002.

Esperante, R., L.R. Brand, A.V. Chadwick, y O. Poma. "Taphonomy and Paleoenvironmental Conditions of Deposition of Fossil Whales in the Diatomaceous Sediments of the Miocene/Pliocene Pisco Formation, Southern Peru–A New Fossil-Lagerstatte" ["Tafonomía y condiciones paleoambientales de deposición de ballenas fósiles en los sedimentos diatomáceos de la Formación Pisco del Mioceno/Plioceno, sur de Perú–Un nuevo Lagerstatte fósil"]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 417 (2015): 337-70.

Esperante, R., L.R. Brand, K.E. Nick, O. Poma, y M. Urbina. "Exceptional Occurrence of Fossil Baleen in Shallow Marine Sediments of the Neogene Pisco Formation, Southern Peru" ["Ocurrencia excepcional de ballestas fósiles en sedimentos marinos someros de la Formación Pisco, Neógeno, sur de Perú"]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 257, no. 3 (2008): 344-60.

Evans, D., y P.L. Larson. "Tumors, Tears, Fusion, Decalcification, Fractures and Infection–Tough Times for a Tyrannosaur" ["Tumores, lágrimas, fusión, descalcificación, fracturas e infección–tiempos duros para un Tiranosaurio"]. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23 (2003): 48A.

Ewer, R.F. *The Carnivores* [*Los carnívoros*]. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1973.

_____. *Ethology of Mammals* [*Etología de los mamíferos*]. New York: Plenum, 1968.

Eyles, N., y N. Januszczak. "Syntectonic Subaqueous Mass Flows of the Neoproterozoic Otavi Group, Namibia: Where Is the Evidence of Global Glaciation?" ["Flujos sintectónicos subacuáticos masivos del Grupo Otavi del Neoproterozoico de Namibia: ¿Dónde está la evidencia de glaciación global?"]. *Basin Research* 19 (2007): 179-98.

Fagan, B.M. *The Little Ice Age: How Climate Made History, 1300-1850* [*La Pequeña Edad de Hielo: Como el clima hizo historia, 1300-1850*]. New York: Basic Books, 2000.

Faure, G., y T.M. Mensing. *Isotopes: Principles and Applications* [*Isótopos: Principios y aplicaciones*]. 3ª ed. Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2006.

Feduccia, A., y H.B. Tordoff. “Feathers of *Archaeopteryx:* Symmetric Vanes Indicate Aerodynamic Function” [“Las plumas de *Archaeopteryx:* Las barbas simétricas indican una función aerodinámica”]. *Science* 203 (1979): 1021-22.

Felsenstein, J. *Inferring Phylogenies* [*La inferencia de filogenias*]. Sunderland, MA: Sinauer, 2004.

Feyerabend, P. *Against Method: Outline of an Anarchistic Theory of Knowledge.* New York: Verso, 1978. Versión castellana: *Tratado contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento.* Madrid: Editorial Tecnos, 2010.

_____. *Farewell to Reason.* New York: Verso, 1987. Versión castellana: *Adiós a la razón.* Madrid: Editorial Tecnos, 2007.

Finocchiaro, M.A. *The Galileo Affair: A Documentary History* [*El affair de Galileo: Una historia documental*]. Berkeley: University of California Press, 1989.

Fischman, J. “Were Dinos Cold-Blooded after All? The Nose Knows” [“Después de todo, ¿eran los dinosaurios de sangre fría? La nariz sabe”]. *Science* 270 (1995): 735-36.

Fisher, A. “A New Synthesis Comes of Age” [“Madura una nueva síntesis”]. *Mosaic* 22 (1991): 1-17.

Fontdevila, A. “Genetic Instability and Rapid Speciation: Are They Coupled?” [“Inestabilidad genética y especiación rápida: ¿Están acopladas?”]. *Genetica* 86 (1992): 247-58.

Foster, R.J. *General Geology* [*Geología general*]. Columbus, OH: C.E. Merrill, 1969.

Francis, J., et al. “The Search for Toll-like Receptors on Earthworm Coelomocytes” [“La búsqueda de receptores tipo casetas colectoras de peaje en los celomocitos de la lombriz de tierra”]. *European Journal of Soil Biology* 43 (2007): S92-S96.

Francis, J.E. “Arctic Eden” [“El Edén del ártico”]. *Nat. History* 100 (1991): 56-63.

Francis, J.W. “A Creationist View of the Mammalian Immune System: From the Red Queen to Social Interface” [“Un punto de vista creacionista sobre el sistema inmune mamífero: Desde la reina roja a la interface social”]. *Journal of Creation, Theology and Science* 3 (2013): 1-5.

Francis, J.W., E.L. Cooper, y T. Wood. “Detection of Pattern Recognition Receptors (PRRs) and Their Associated Signaling Pathways in Earthworms” [“Detección de receptores de reconocimiento de patrones (PRRs) y sus vías asociadas de señalización en lombrices de tierra”]. Trabajo presentado en el 9º simposio internacional sobre ecología de lombrices de tierra, Xalapa, Mexico, Septiembre 5-10, 2010.

Franze, K., et al. “Müller Cells Are Living Optical Fibers in the Vertebrate Retina” [“Las células Müller son fibras ópticas vivientes en la retina de los vertebrados”]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 104 (2007): 8287-92.

Frey, R.W., ed. *The Study of Trace Fossils: A Synthesis of Principles, Problems, and Procedures in Ichnology* [*El estudio de fósiles traza: Una síntesis de principios, problemas y procedimientos en icnología*]. New York: Springer-Verlag, 1975.

Fridriksson, S. *Surtsey: Evolution of Life on a Volcanic Island* [*Surtsey: Evolución de la vida en una isla volcánica*]. New York: John Wiley and Sons, 1975.

Fritz, W.J. “Reinterpretation of the Depositional Environment of the Yellowstone Fossil Forests” [“Reinterpretación del ambiente de deposición de los Bosques Petrificados de Yellowstone”]. *Geology* 8 (1980): 309-13.

Fritz, W.J., y J.N. Moore. *Basics of Physical Stratigraphy and Sedimentology* [*Lo básico de la estratigrafía física y la sedimentología*]. New York: John Wiley and Sons, 1988.

Frodeman, R. “Geological Reasoning: Geology as an Interpretive and Historical Science” [“El razonamiento geológico: La geología como una ciencia interpretativa e histórica”]. *Geological Society of America Bulletin* 107 (1995): 960-68.

Fu, Q. “An Early Modern Human from Romania with a Recent Neanderthal Ancestor” [“Un humano moderno temprano de Rumania con un reciente antepasado Neandertal”]. *Nature* 524 (2015): 216-19. doi:10.1038/nature14558.

Fu, X. “Non-coding RNA: A New Frontier in Regulatory Biology” [“El ARN no-codificante: Una nueva frontera en la biología de la regulación”]. *National Science Review* 1, no. 2 (2014): 190-204. doi:10.1093/nsr/nwu008.

Futuyma, D.J. *Evolution* [*La evolución*]. Sunderland, MA: Sinauer, 2013.

_____. *Evolutionary Biology* [*Biología evolutiva*]. 2ª ed. Sunderland, MA: Sinauer, 1986.

_____. *Science on Trial: The Case for Evolution* [*La ciencia en juicio: El caso a favor de la evolución*]. New York: Pantheon, 1983.

Garwood, R.J., J.A. Dunlop, G. Giribet, y M.D. Sutton. "Anatomically Modern Carboniferous Harvestmen Demonstrate Early Cladogenesis and Stasis in Opiliones" ["Cosechadoras anatómicamente modernas del Carbonífero demuestran cladogénesis temprana y estasis en Opiliones"]. *Nature Communications* 2 (2011): 444. doi:10.1038/ncomms1458.

Gee, H.R., R. Howlett, y P. Campbell. "15 Evolutionary Gems" ["15 gemas evolutivas"]. *Nature* (Enero 2009). doi:10.1038/nature07740.

Gentet, R.E. "The CCC Model and Its Geological Implications" ["El modelo CCC y sus implicaciones geológicas"]. *Creation Research Society Quarterly* 37 (2000): 10-21.

Gibbons, A. "On the Many Origins of Species" ["Sobre los muchos orígenes de las especies"]. *Science* 273 (1996): 1496-99.

Gibson, L. "Genesis Kinds and the Sea Urchin" ["Las especies del Génesis y el erizo de mar"]. *Origins* 60 (2007): 3-5.

_____. "Pseudogenes and Origins" ["Los pseudogenes y los orígenes"]. *Origins* 21 (1994): 91-108.

Gillette, D.D., y M.G. Lockley. *Dinosaur Tracks and Traces* [*Huellas y trazas de dinosaurios*]. New York: Cambridge University Press, 1989.

Gilluly, J. "Geologic Contrasts between Continents and Ocean Basins" ["Contrastes geológicos entre continentes y cuencas oceánicas"]. En *Crust of the Earth* [*La corteza de la tierra*], editado por A. Poldervaart, 7-18. Boulder, CO: Geological Society of America, 1955.

Gilmore, C.W. "Fossil Footprints from the Grand Canyon" ["Pisadas fósiles en el Gran Cañón"]. *Smithsonian Miscellaneous Collections* 80 (1927): 1-78.

Gingerich, P.D. "Rates of Evolution: Effects of Time and Temporal Scaling" ["Las tasas de la evolución: Efectos del escalamiento temporal y del tiempo"]. *Science* 222 (Octubre 14, 1983): 159-61.

Gingerich, P.D., et al. “New Whale from the Eocene of Pakistan and the Origin of Cetacean Swimming” [“Una nueva ballena del Eoceno de Pakistán y el origen de la natación cetácea”]. *Nature* 368 (1994): 844-47.

Gingerich, P.D., et al. “Origin of Whales from Early Artiodactyls: Hands and Feet of Eocene Protocetidae from Pakistan” [“Origen de las ballenas a partir de los artiodáctilos tempranos: Manos y pies de los Protocétidos del Eoceno de Pakistán”]. *Science* 293 (2001): 2239-42. doi:10.1126/science.1063902.

Glen, W. “What Killed the Dinosaurs?” [“¿Qué mató a los dinosaurios?”]. *American Scientist* 78 (Julio 1990): 354-70.

Gold, T. *The Deep Hot Biosphere* [*La biósfera profunda y caliente*]. New York: Copernicus, 1999.

Goldschmidt, T. *Darwin’s Dreampond: Drama in Lake Victoria* [*El lago del sueño de Darwin: Drama en el Lago Victoria*]. Cambridge, MA: MIT Press, 1996.

Gonzalez, G., y J.W. Richards. *The Privileged Planet: How Our Place in the Cosmos Is Designed for Discovery* [*El planeta privilegiado: Cómo nuestro lugar en el cosmos está diseñado para el descubrimiento*]. Washington, D.C.: Regnery, 2004.

Gould, S.J. “An Asteroid to Die For” [“Un asteroide por el cual morir”]. *Discover* (Octubre 1989): 60-65.

_____. “Common Pathways of Illumination” [“Vías comunes de iluminación”]. *Natural History* 103 (1994): 10-20.

_____. “Is Uniformitarianism Necessary?” [“¿Es necesario el uniformismo?”]. *American Journal of Science* 263 (1965): 223-28.

_____. “Of It, Not above It” [“De él, no arriba de él”]. *Nature* 377 (1995): 681-82.

_____. *Ontogeny and Phylogeny* [*Ontogenia y filogenia*]. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1977.

_____. *The Panda’s Thumb: More Reflections in Natural History.* New York: Norton, 1980. Versión castellana: *El pulgar del panda. Reflexiones sobre historia natural y evolución.* Barcelona: Crítica, 1994.

_____. “The Paradox of the Visibly Irrelevant” [“La paradoja de lo visiblemente irrelevante”]. *Natural History* 106 (1997-1998): 12-18, 60-66.

_____. “Pillars of Wisdom” [“Pilares de sabiduría”]. *Natural History* 108 (1999): 28-34, 87-89.

_____. *Rocks of Ages: Science and Religion in the Fullness of Life.* New York: Ballantine Books, 1999. Versión castellana: *Ciencia versus religión: Un falso conflicto.* Barcelona: Crítica, 2000.

_____. “Toward the Vindication of Punctuational Change” [“Hacia la vindicación del cambio puntuado”]. En *Catastrophes and Earth History: The New Uniformitarianism* [*Catástrofes y la historia de la tierra: El nuevo uniformismo*], editado por W.A. Berggren y J.A. Van Couvering, 9-34. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1984.

_____. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History.* New York: Norton, 1989. Versión castellana: *La vida maravillosa.* Barcelona: Crítica, 1999.

Gould, S.J., y E.S. Vrba. “Exaptation–a Missing Term in the Science of Form” [“La exaptación–Un término faltante en la ciencia de la forma”]. *Paleobiology* 8 (1982): 4-15.

Gradstein, F.M., et al. *The Geologic Time Scale 2012* [*La escala del tiempo geológico 2012*]. Boston: Elsevier, 2012.

Grand, S.P. “Mantle Shear Structure beneath the Americas and Surrounding Oceans” [“Estructuras cortantes en el manto debajo de las Américas y los océanos circundantes”]. *Journal of Geophysical Research* 99 (1994): 11591-621.

Grande, L. *Paleontology of the Green River Formation, with a Review of the Fish Fauna* [*Paleontología de la Formación Green River, con una revisión de la fauna de peces fósiles*]. 2ª ed. Laramie, WY: Geological Survey of Wyoming, 1984.

Grande, L., y H.P. Buchheim. “Paleontological and Sedimentological Variation in Early Eocene Fossil Lake” [“Variación paleontológica y sedimentológica en el Fossil Lake del Eoceno temprano”]. *Contributions to Geology* 30 (1994): 33-56.

Greene, J.C. *The Death of Adam: Evolution and Its Impact on Western Thought* [*La muerte de Adán: La evolución y su impacto sobre el pensamiento occidental*]. Ames: Iowa State University Press, 1959.

Griffin, D.R., F.A. Webster, y C.R. Michael. "The Echolocation of Flying Insects by Bats" ["La ecolocación por murciélagos de insectos en vuelo"]. *Animal Behaviour* 8 (1960): 141-54.

Gross, L. "Demonstrating the Theory of Ecological Speciation in Cichlids" ["La demostración de la teoría de la especiación ecológica en los cíclidos"]. *PLoS Biology* 4 (2006): 3449. doi:10.1371/journal.pbio.0040449.

Grove, J.M. *The Little Ice Age* [*La pequeña edad de hielo*]. New York: Methuen, 1988.

Hall, E.R. *The Mammals of North America* [*Los mamíferos de Norteamérica*]. New York: John Wiley and Sons, 1981.

Hallam, A. *Continental Drift and the Fossil Record* [*La deriva continental y el registro fósil*]. San Francisco: W.H. Freeman, 1972.

Hamblin, W.K., y E.H. Christiansen. *Earth's Dynamic Systems* [*Los sistemas dinámicos de la tierra*]. 7ª ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.

Hamilton, W.J., y H.W. Mossman. *Human Embryology* [*Embriología humana*]. Baltimore, MD: William and Wilkins, 1972.

Hampe, A. "La Competition entre les elements ossent du zengopode de Poulet." *Journal of Embryology and Experimental Morphology* 8 (1960): 241-45.

Han, G., et al. "A New Raptorial Dinosaur with Exceptionally Long Feathering Provides Insights into Dromaeosaurid Flight Performance" ["Un nuevo dinosaurio raptor con un plumaje excepcionalmente largo provee revelaciones sobre el desempeño del vuelo en Dromaeosauridos"]. *Nature Communications* 5 (2014): 4382.

Harland, W.B., et al., eds. *The Fossil Record: A Symposium with Documentation, Jointly Sponsored by the Geological Society of London and the Palaeontological Association* [*El registro fósil: Un simposio con documentación patrocinado conjuntamente por la Geological Society of London y la Palaeontological Association*]. London: Geological Society of London, 1967.

Hasel, G.F. *Biblical Interpretation Today: An Analysis of Modern Methods of Biblical Interpretation and Proposals for the Interpretation of the Bible as the Word of God* [*La interpretación bíblica hoy: Un análisis de los métodos modernos de interpretación bíblica y propuestas para la interpretación de la Biblia como la palabra de Dios*]. Washington, D.C.: Biblical Research Institute, 1985.

_____. "The Biblical View of the Extent of the Flood" ["Una visión bíblica sobre la extensión del diluvio"]. *Origins* 2 (1975): 77-95.

_____. "The 'Days' of Creation in Genesis 1: Literal 'Days' or Figurative 'Periods/Epochs' of Time?" ["Los 'días' de la Creación en Génesis 1: ¿'Días' literales, o 'períodos/épocas' figurativos de tiempo?"]. *Origins* 21 (1994): 5-38.

_____. "Genesis 5 and 11: Chronogeneologies in the Biblical History of Beginnings" ["Génesis 5 y 11: Cronogenealogías en la historia bíblica de los comienzos"]. *Origins* 7 (1980): 23-37.

_____. "The Meaning of the Chronogeneologies of Genesis 5 and 11" ["El significado de las cronogenealogías de Génesis 5 y 11"]. *Origins* 7 (1980: 53-70, 68.

_____. "The Polemic Nature of the Genesis Cosmology" ["La naturaleza polémica de la cosmología del Génesis"]. *Evangelical Quarterly* 46 (1974): 81-102.

_____. "Some Issues Regarding the Nature and Universality of the Genesis Flood Narrative" ["Algunas cuestiones en cuanto a la naturaleza y la universalidad de la narrativa del diluvio del Génesis"]. *Origins* 5 (1978): 83-98.

_____. *Understanding the Living Word of God* [*Comprendiendo la palabra viva de Dios*]. Mountain View, CA: Pacific, 1980.

Hasel, G.F., y M.G. Hasel. "The Unique Cosmology of Genesis 1 against Ancient Near Eastern and Egyptian Parallels" ["La singular cosmología de Génesis 1 contra los paralelismos del cercano oriente antiguo y de Egipto"]. En *The Genesis Creation Account and Its Reverberations in the Old Testament* [*El registro de la creación del Génesis y sus reverberaciones en el Antiguo Testamento*"], editado por G.A. Klingbeil, 9-29. Berrien Springs, MI: Andrews University Press, 2015.

Hatcher, R.D. *Structural Geology: Principles, Concepts, and Problems* [*Geología estructural: Principios, conceptos, y problemas*]. 2ª ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1995.

Heinlein, R.A. *The Number of the Beast* [*El número de la bestia*]. New York: Fawcett Columbine, 1980.

Herb, B.R. et al. "Reversible Switching between Epigenetic States in Honeybee Behavioral Subcastes" ["Intercambio reversible entre estados epigenéticos en las subcastas conductuales de la abeja de la miel"]. *Nature Neuroscience* 15 (2012): 1371-73.

Herron, J.C., y S. Freeman. *Evolutionary Analysis* [*Análisis evolutivo*]. 5ª ed. Boston: Pearson Education, 2014.

Hibbard, C.W., et al. "Quaternary Mammals of North America" ["Mamíferos del Cuaternario de América del Norte"]. En *The Quaternary of the United States* [*El Cuaternario de Estados Unidos*], editado por H.E. Wright Jr. y D.G. Frey, 509-25. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1965.

Hill, J.E., y J.D. Smith. *Bats: A Natural History* [*Murciélagos: Una historia natural*]. Austin: University of Texas Press, 1984.

Hinegardner, R. "Evolution of Genome Size" ["Evolución del tamaño del genoma"]. En *Molecular Evolution* [*Evolución Molecular*], editado por F.J. Ayala, 179-99. Sunderland, MA: Sinauer, 1976.

Hirotsune, S., et al. "An Expressed Pseudogene Regulates de Messenger-RNA Stability of Its Homologous Coding Gene" ["Un pseudogén expresado regula la estabilidad del ARN mensajero de su gen codificador homólogo"]. *Nature* 423 (2003): 91-96.

Hirsch, J., y T.R. McGuire. *Behavior-Genetic Analysis* [*Análisis genético-conductual*]. Stroudsburg, PA: Hutchinson Ross, 1982.

Hofreiter, M., M. Collins, y J.R. Stewart. "Ancient Biomolecules in Quaternary Palaeoecology" ["Moléculas antiguas en la paleoecología del Cuaternario"]. *Quaternary Science Reviews* 33 (2012): 1-13.

Holmes, W.G., y P.W. Sherman. "Kin Recognition in Animals: The Prevalence of Nepotism among Animals Raises Basic Questions about How and Why They Distinguish Relatives from Unrelated Individuals" ["Reconocimiento de parentesco en animales: La prevalencia de nepotismo entre los animales plantea

preguntas básicas sobre cómo y por qué distinguen a los parientes de individuos no emparentados"]. *American Scientist* 71 (1983): 46-55. doi:10.2307/27851817.

Hopson, J.A. "Synapsid Evolution and Radiation of Non-eutherian Mammals" ["La evolución de los sinápsidos y la radiación de los mamíferos no-euterios"]. En *Major Features of Vertebrate Evolution* [*Los aspectos principales de la evolución de los vertebrados*], editado por R.M. Schoch y D.R. Prothero, 190-219. Knoxville, TN: Paleontological Society, 1994.

Hrdy, S.B. "Infanticide as a Primate Reproductive Strategy" ["El infanticidio como una estrategia reproductiva en los primates"]. *American Scientist* 65 (1977); 40-49.

_____. *The Langurs of Abu: Female and Male Strategies of Reproduction* [*Los langures de Abu: Estrategias de reproducción en los machos y las hembras*]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1977.

_____. "Male-Male Competition and Infanticide among the Langurs (*Presbytis entellus*) of Abu, Rajasthan" ["La competición macho-macho e infanticidio entre los langures (*Presbytis entellus*) de Abu, Rajasthan"]. *Folia Primatologica* 22 (1974): 19-58.

Huggett, R.J. *Catastrophism: Systems of Earth History* [*El catastrofismo: Sistemas en la historia de la tierra*]. New York: Edward Arnold, 1990.

Hughes, J.F., et al. "Chimpanzee and Human Y Chromosomes Are Remarkably Divergent in Structure and Gene Content" ["Los cromosomas Y de chimpancés y humanos son notablemente divergentes en estructura y contenido de genes"]. *Nature* 463 (2010): 536-39.

Hughes, V. "Epigenetics: The Sins of the Father" ["Epigenética: Los pecados del padre"]. *Nature* 507 (2014): 22-24.

Hulett, H.R. "Limitations on Prebiological Synthesis" ["Las limitaciones sobre síntesis prebiológicas"]. *Journal of Theoretical Biology* 24 (1969): 56-72.

Hull, D.E. "Thermodynamics and Kinetics of Spontaneous Generation" ["La termodinámica y quinética de la generación espontánea"]. *Nature* 186 (1960): 693-94.

Humphreys, D.R. "Physical Mechanism for Reversals of the Earth's Magnetic Field during the Flood" ["Mecanismo físico para las inversiones del campo

magnético de la tierra durante el diluvio"]. En *Proceedings of the Second International Conference on Creationism* [*Actas de la segunda conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, 2:129-43. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1990.

_____. "Reversals of the Earth's Magnetic Field during the Genesis Flood" ["Inversiones del campo magnético de la tierra durante el diluvio del Génesis"]. En *Proceedings of the First International Conference on Creationism* [*Actas de la primera conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por C.L. Brooks, R.E. Walsh, y R.S. Crowell, 113-25. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1986.

Hunter, C.G. *Darwin's God: Evolution and the Problem of Evil* [*El dios de Darwin: La evolución y el problema del mal*]. Grand Rapids, MI: Brazos Press, 2001.

_____. *Science's Blind Spot: The Unseen Religion of Scientific Naturalism* [*El punto ciego de la ciencia: La religión no visible del naturalismo científico*]. Grand Rapids, MI: Brazos Press, 2007.

Hutton, J. *Theory of the Earth: With Proofs and Illustrations. Edinburgh: William Creech, 1795.* Versión castellana: *Teoría de la Tierra* (traducción de Cándido Manuel García Cruz). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* 12(2), 126-132.

Hyde, G.M. *A Symposium on Biblical Hermeneutics* [*Un simposio sobre hermenéutica bíblica*]. Biblical Research Committee, General Conference of Seventh-day Adventists, 1974.

Imbrie, J.I., y K.P. Imbrie. *Ice Ages: Solving the Mystery* [*Las eras de hielo: Resolviendo el misterio*]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1979.

Jablonka, E., y M.J. Lamb. *Evolution in Four Dimensions: Genetic, Epigenetic, Behavioral, and Symbolic Variation in the History of Life* [*La evolución en cuatro dimensiones: Genética, epigenética, conductual, y la variación simbólica de la historia de la vida*]. Cambridge, MA: MIT Press, 2005.

_____. "Transgenerational Epigenetic Inheritance" ["La herencia epigenética transgeneracional"]. En *Evolution: The Extended Synthesis* [*Evolución: La síntesis extendida*], editado por G.B. Müller y M. Pigliucci, 137-74. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

James, N.P. “Reef Environment” [“Ambiente de arrecifes”]. En *Carbonate Depositional Environments* [*Ambientes de deposición de carbonatos*], editado por D.G. Bebout, C.H. Moore, y P.A. Scholle, 345-440. Tulsa, OK: American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1983.

Jasper, W.C., et al. “Large Scale Coding Sequence Change Underlies the Evolution of Post-developmental Novelty in Honey Bees” [“Cambio en la secuencia de codificación a gran escala forman la base de la evolución de novedades pos-desarrollo en las abejas de la miel”]. *Molecular Biology and Evolution* 32 (2015): 334-46. doi:10.1093/molbev/msu292.

Javor, G.T. *Evidences for Creation* [*Evidencias de la creación*]. Hagerstown, MD: Review and Herald, 2005.

Javorsek, D., et al. “Power Spectrum Analyses of Nuclear Decay Rates” [“Análisis del espectro de fuerza de las tasas de desintegración nuclear”]. *Astroparticle Physics* 34 (2010): 173-78.

Jaworowski, Z. “Ancient Atmosphere–Validity of Ice Records” [“La atmósfera antigua–La validez de los registros del hielo”]. *Environmental Science and Pollution Research International* 1 (1994): 161-71. doi:10.1007/bf02986939.

Jenkins, A., y G. Perez. “Looking for Life in the Multiverse” [“Buscando vida en el multiverso”]. *Scientific American* 302 (2010): 42-49.

Jenkins, J.H., et al. “Evidence of Correlations between Nuclear Decay Rates and Earth-Sun Distance” [“Evidencia de correlaciones entre las tasas de desintegración nuclear y la distancia entre la tierra y el sol”]. *Astroparticle Physics* 32 (2009): 42.

John, B., y G.L.G. Miklos. *The Eukaryote Genome in Development and Evolution* [*El genoma eucariota en el desarrollo y la evolución*]. Boston: Allen & Unwin, 1988.

Johnson, D.H. *Systematic Review of the Chipmunks* (genus *Eutamias*) of California [*Revisión sistemática de las ardillas listadas* (género *Eutamias*) *de California*]. Berkeley: University of California Press, 1943.

Johnson, M.W. “The Copepod *Cyclops dimorphus* Kiefer from the Salton Sea” [“El copépodo *Cyclops dimorphus* Kiefer del Salton Sea”]. *American Midland Naturalist* 49 (1953): 188-92.

Johnson, P.E. *Darwin on Trial.* Washington, D.C.: Regnery Gateway, 1991. Versión castellana: *Proceso a Darwin. Por qué la teoría darwinista no es nada más que eso: una teoría.* Grand Rapids, MI: Portavoz, 1995.

_____. *Defeating Darwinism by Opening Minds* [*Venciendo el darwinismo al abrir las mentes*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1997.

_____. *Reason in the Balance: The Case against Naturalism in Science, Law & Education* [*La razón en la balanza: El caso contra el naturalismo en la ciencia, las leyes y la educación*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1995.

_____. *The Right Questions: Truth, Meaning & Public Debate* [*Las preguntas correctas: La verdad, el significado y el debate público*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2002.

_____. *The Wedge of Truth: Splitting the Foundations of Naturalism* [*La cuña de la verdad: Partiendo los fundamentos del naturalismo*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2000.

Johnston, R.F., y R.K. Selander. "House Sparrows: Rapid Evolution of Races in North America" ["Gorriones caseros: Rápida evolución de razas en Norteamérica"]. *Science* 144 (1964): 548-50.

Joyce, G.F., y L.E. Orgel. "Prospects for Understanding the Origin of the RNA World" ["Posibilidades de entender el origen del mundo de ARN"]. En *The RNA World* [*El mundo de ARN*], editado por J.F. Atkins y R.F. Gesteland, 1-25. Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1993.

Kauffman, E.G., et al. "Molluscan Biostratigraphy of the Cretaceous Western Interior Basin, North America, Special Paper 39" ["La bioestratigrafía de moluscos de la cuenca cretácica Western Interior, Norteamérica, Special Paper 39"]. En *Evolution of the Western Interior Basin* [*La evolución de la cuenca Western Interior*], editado por W.G.E. Caldwell y E.G. Kauffman, 397-434. St John's, Newfoundland and Labrador: Geological Association of Canada, 1993.

Kauffman, S.A. *The Origins of Order: Self-organization and Selection in Evolution* [*Los orígenes del orden: La autoorganización y la selección en la evolución*]. New York: Oxford University Press, 1993.

Kennedy, E.G., K.R. Kablanow, y A. Chadwick. “Evidence for Deep Water Deposition of the Tapeats Sandstone, Grand Canyon, Arizona” [“Evidencia de deposición en aguas profundas para la Tapeats Sandstone, Gran Cañón, Arizona]. En *Proceedings of the Third Biennial Conference of Research on the Colorado Plateau* [*Actas de la tercera conferencia bianual de investigación sobre la Colorado Plateau (Meseta de Colorado)*], editado por C. Van Riper III y E.T. Deshler, 215-28. Washington, D.C.: U.S. Department of the Interior, National Park Service, 1997.

Kerr, R.A. “Did Darwin Get It All Right?” [“¿Lo hizo Darwin todo correctamente?”]. *Science* 267 (1995): 1421-22.

_____. “Paleontology: A Volcanic Crisis for Ancient Life?” [“Paleontología: ¿Una crisis volcánica para la vida antigua?”]. *Science* 270, no. 5223 (1995): 27-28.

_____. “A Revisionist Timetable for the Ice Ages” [“Una línea de tiempo revisionista para las edades glaciales”]. *Science* 258 (1992): 220-21.

Khalturin, K., et al. “More tan Just Orphans: Are Taxonomically-Restricted Genes Important in Evolution?” [“Más que simples huérfanos: Los genes restringidos taxonómicamente ¿son importantes en la evolución?”]. *Trends in Genetics* 25 (2009): 404-13.

Kiessling, W., E. Fluegel, y J. Golonka. “Paleoreef Maps: Evaluation of a Comprehensive Database on Phanerozoic Reefs” [“Mapas de paleo-arrecifes: Evaluación de una abarcante base de datos sobre arrecifes del Fanerozoico”]. *AAPG Bulletin* 83 (1999): 1552-87.

Kneller, G.F. *Science as a Human Endeavor* [*La ciencia como un esfuerzo humano*]. New York: Columbia University Press, 1978.

Koeberl, C., y K.G. MacLeod. *Catastrophic Events and Mass Extinctions: Impacts and Beyond* [*Eventos catastróficos y extinciones en masa: Impactos y más allá*]. Boulder, CO: Geological Society of America, 2002.

Koss, J., F.G. Ethridge, y S.A. Schumm. “An Experimental Study of the Effects of Base-Level Change on Fluvial, Coastal Plain and Shelf Systems” [“Un estudio experimental de los efectos del cambio de nivel de base sobre sistemas fluviales, de planicies costeras y de plataformas”]. *Journal of Sedimentary Research* B64 (1994): 90-98.

Krebs, J.R., y N.B. Davies. *An Introduction to Behavioural Ecology* [*Introducción a la ecología del comportamiento*]. 2ª ed. Sunderland, MA: Sinauer, 1987.

Krynine, P.D. "Uniformitarianism Is a Dangerous Doctrine" ["El uniformismo es una doctrina peligrosa"]. *Journal of Sedimentary Research* 26 (1956): 184.

Kuenen, P.H., y C.I. Migliorini. "Turbidity Currents as a Cause of Graded Bedding" ["Las corrientes de turbidez como causa de la estratificación gradada"]. *Journal of Geology* 58 (1950): 91-127.

Kuhlwilm, M., et al. "Ancient Gene Flow from Early Modern Humans into Eastern Neanderthals" ["Antiguo flujo genético desde humanos modernos tempranos hacia los Neandertales del este"]. *Nature* 530 (Febrero 1016): 429-33. doi:10.1038/nature16544.

Kuhn, T.S. *The Essential Tension: Selected Studies in Scientific Tradition and Change.* Chicago: University of Chicago Press, 1977. Versión castellana: *La tensión esencial: Estudios selectos sobre la tradición y el cambio en el ámbito de la ciencia.* 2ª ed. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 1982.

_____. *The Structure of Scientific Revolutions.* Chicago: University of Chicago Press, 1970. Versión castellana: *La estructura de las revoluciones científicas.* Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 2006.

Kyriacou, C.P. "The Molecular Ethology of the Period Gene in *Drosophila*" ["La etología molecular del gen para el período en *Drosophila*"]. *Behavior Genetics* 20 (1990): 191-211.

Lakatos, I. *The Methodology of Scientific Research Programmes.* New York: Cambridge University Press, 1978. Versión castellana: *La metodología de los programas de investigación científica.* Madrid: Alianza Editorial, 1983.

Landgren, P. "On the Origin of 'Species': Ideological Roots of the Species Concept" ["Sobre el origen de las 'especies': Raíces ideológicas del concepto de especie"]. En *Typen des Lebens,* editado por S. Sherer, 47-64. Berlin: Pascal-Verlag, 1993.

Larsen, J. "Synthetic Fuels: From Lignin to Coal in a Year" ["Combustibles sintéticos: De lignina a carbón en un año"]. *Nature* 314 (1985): 316.

Laudan, L. *Progress and Its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth.* Berkeley: Univ. of California Press, 1977. Versión castellana: *El progreso y sus problemas: Hacia una teoría del progreso científico.* Madrid: Ed. Tecnos, 1986.

Le Page, M. “The Ancestor Within” [“El ancestro en el interior”]. *New Science* 193 (2007): 28-33.

Lemey, P., M. Salemi, y A.M. Vandamme. *The Phylogenetic Handbook: A Practical Approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis Testing* [*El manual filogenético: Un abordaje práctico al análisis filogenético y la verificación de hipótesis*]. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

Lemon, R.R. *Vanished Worlds: An Introduction to Historical Geology* [*Mundos desaparecidos: Una introducción a la geología histórica*]. Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1993.

Lester, L.P., R.G. Bohlin, y V.E. Anderson. *The Natural Limits to Biological Change* [*Los límites naturales del cambio biológico*]. 2ª ed. Dallas, TX: Probe Books, 1989.

Levinton, J.S. “The Big Bang of Animal Evolution” [“El Big Bang de la evolución animal”]. *Scientific American* 267 (1992): 84-91.

Lewontin, R. “Billions and Billions of Demons: Review of *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark* by Carl Sagan” [“Billones y billones de demonios: Reseña de *El mundo acosado por el demonio: La ciencia como una vela en la oscuridad* por Carl Sagan”]. *The New York Review of Books* 44, no. 1 (Enero 9, 1997): 28-32.

Lillegraven, J.A., Z. Kielan-Jaworowska, y W.A. Clemens. *Mesozoic Mammals: The First Two-Third of Mammalian History* [*Los mamíferos del Mesozoico: Los primeros dos tercios de la historia de los mamíferos*]. Berkeley: University of California Press, 1979.

Lindahl, R., y B. Nyberg. “Rate of Depurination of Native Deoxyribonucleic Acid” [“Tasa de depurinación del ácido desoxirribonucleico nativo”]. *Biochemistry* 11 (1972): 3610-18. doi:10.1021/bi00769a018.

Little, J. “Life in the Fast Lane: Some Species Are Evolving Far More Quickly tan Darwin Ever Imagined” [“La vida en la vía rápida: Algunas especies están evolucionando mucho más rápido de lo que Darwin alguna vez imaginó”]. *Discover* 36 (2015): 70-72.

Liu, Y., et al. “Convergent Sequence Evolution between Echolocating Bats and Dolphins” [“Evolución de secuencias convergentes entre los murciélagos y los delfines ecolocadores”]. *Current Biology* 20 (2010): 53-54. doi:10.1016/j.cub.2009.11.058.

Liu, Y., et al. “The Hearing Gene Prestin Unites Echolocating Bats and Whales” [“El gen Prestin para la audición une a los murciélagos y las ballenas ecolocadores”]. *Current Biology* 20 (2010): 55-56.

Liu, Z.J., y X. Wang. “A Perfect Flower from the Jurassic of China” [“Una flor perfecta del Jurásico de China”]. *Historical Biology* 5 (2015): 1-13.

Lockley, M.G. *Tracking Dinosaurs: A New Look at an Ancient World* [*Rastreando los dinosaurios: Una nueva mirada a un mundo antiguo*]. New York: Cambridge University Press, 1991.

Lockley, MG., y A.P. Hunt. *Dinosaur Tracks: And Other Fossil Footprints of the Western United States* [*Huellas de dinosaurios: Y otras pisadas fósiles del oeste de los Estados Unidos*]. New York: Columbia University Press, 1995.

Lodish, H., et al. *Molecular Cell Biology.* 4ª ed. New York: Freeman, 2000. Versión castellana: *Biología celular y molecular.* 5ª ed. Editorial Médica Panamericana, 2008.

Longwell, C.R., R.F. Flint, y J.E. Sanders. *Physical Geology* [*Geología física*]. New York: Wiley, 1969.

Lönnig, W.E., y H. Saedler. “Chromosome Rearrangements and Transposable Elements” [“Reordenación de cromosomas y los elementos transponibles”]. *Annual Review of Genetics* 36 (2002): 389-410.

Losos, J.B. “What Darwin Got Wrong” [“En lo que Darwin se equivocó”]. *The Chronicle of Higher Education* (Enero 24, 2014): B13-B15.

Love, J. “Cenozoic Sedimentation and Crustal Movement in Wyoming” [“La sedimentación del Cenozoico y el movimiento de la corteza en Wyoming”]. *American Journal of Science* 258-A (1960): 204-14.

Løvtrup, S. *Darwinism: The Refutation of a Myth* [*Darwinismo: La refutación de un mito*]. New York: Croom Helm, 1987.

Lubenow, M.L. *Bones of Contention: A Creationist Assessment of the Human Fossils* [*Huesos de discordia: Una evaluación creacionista de los fósiles humanos*]. Grand Rapids, MI: Baker Book House, 1992.

Luo, Z.X., et al. "A New Eutriconodont Mammal and Evolutionary Development in Early Mammals" ["Un nuevo mamífero eutriconodonte y el desarrollo evolutivo en los mamíferos tempranos"]. *Nature* 446 (2007): 288-93.

Lyell, C., y G.P. Deshayes. *Principles of Geology, Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation* [*Principios de Geología, siendo un intento de explicar los cambios antiguos en la superficie de la tierra, en referencia a las causas que operan actualmente*]. 3 vols. London: John Murray, 1830-33.

Lyman, R.L. *Vertebrate Taphonomy* [*Tafonomía de los vertebrados*]. New York: Cambridge University Press, 1994.

MacFadden, B.J. *Fossil Horses: Systematics, Paleobiology, and Evolution of the Family Equidae* [*Los caballos fósiles: Sistemática, paleobiología y evolución de la familia Equidae*]. New York: Cambridge University Press, 1992.

Mallet, J. "Hybrid Speciation" ["Especiación híbrida"]. *Nature* 446 (2007): 279-83.

Malthus, T.R. *An Essay on the Principle of Population.* London: J. Johnson, 1798. Versión castellana: *Ensayo sobre el principio de la población.* México: Fondo de Cultura Económica, 1951.

Marks, J. *What It Means to be 98% Chimpanzee: Apes, People, and Their Genes* [*Lo que significa ser 98% chimpancé: Los simios, la gente, y sus genes*]. Berkeley: University of California Press, 2002.

Marler, P., y W.J. Hamilton. *Mechanisms of Animal Behavior* [*Mecanismos de conducta animal*]. New York: John Wiley and Sons, 1967.

Marsh, F.L. *Fundamental Biology* [*Biología fundamental*]. Lincoln, NE: Author, 1941.

_____. *Variation and Fixity in Nature: The Meaning of Diversity and Discontinuity in the World of Living Things, and Their Bearing on Creation and Evolution* [*La variación y el fijismo en la naturaleza: El significado de la diversidad y la discontinuidad en el mundo de los seres vivos, y su relevancia en la creación y evolución*]. Mountain View, CA: Pacific, 1976.

Martin, A.J. *Introduction to the Study of Dinosaurs* [*Introducción al estudio de los dinosaurios*]. Malden, MA: Blackwell Science, 2001.

Mattick, J.S. "The Hidden Genetic Program of Complex Organisms" ["El programa genético escondido de los organismos complejos"]. *Scientific American* 291 (2004): 60-67.

_____. "A New Paradigm for Developmental Biology" ["Un nuevo paradigma para la biología del desarrollo"]. *Journal of Experimental Biology* 210 (2007): 1526-47.

Mattick, J.S., y M.E. Dinger. "The Extent of Functionality in the Human Genome" ["El alcance de la funcionalidad en el genoma humano"]. *The HUGO Journal* 7 (2013): 1-4.

Mavárez, J., et al. "Speciation by Hybridization in *Heliconius* Butterflies" ["La especiación a través de la hibridación en las mariposas *Heliconius*']. *Nature* 441 (2006): 868-71.

Mayr, E. "The Modern Evolutionary Theory" ["La teoría moderna de la evolución"]. *Journal of Mammalogy* 77 (1996): 1-7.

_____. *Populations, Species, and Evolution: An Abridgment of Animal Species and Evolution* [*Poblaciones, especies y la evolución: Una síntesis sobre las especies animales y la evolución*]. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1970.

McKee, E.D. "Erosion Surfaces" ["Superficies de erosión"]. En *The Supai Group of Grand Canyon* [*El Grupo Supai del Gran Cañón*], editado por E.D. McKee, Professional Paper 1173, 155-76. Reston, VA: U.S. Government Printing Office, 1982.

McMillen, S.I., y D.E. Stern. *None of These Diseases* [*Ninguna de estas enfermedades*]. Grand Rapids, MI: F.H. Revell, 1984.

Mellett, J.S. "Scatological Origin of Microvertebrate Fossil Accumulations" ["Origen escatológico de acumulaciones de microvertebrados fósiles"]. *Science* 185 (1974): 349-50.

Mettler, L.E., T.G. Gregg, y H.E. Schaffer. *Population Genetics and Evolution* [*Genética de las poblaciones y evolución*]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1988.

Meyer, S.C. *Darwin's Doubt: The Explosive Origin of Animal Life and the Case for Intelligent Design* [*La duda de Darwin: El explosivo origen de la vida animal y el argumento a favor del diseño inteligente*]. New York: HarperCollins, 2013.

_____. *Signature in the Cell: DNA and the Evidence for Intelligent Design* [*Un autógrafo en la célula: El ADN y la evidencia de diseño inteligente*]. New York: HarperOne, 2009.

Meyer, S.C., S. Minnich, J. Moneymaker, P.A. Nelson, y R. Seelke. *Explore Evolution: The Arguments for and against Neo-Darwinism* [*Explora la evolución: Los argumentos a favor y en contra del neodarwinismo*]. Malvern, Victoria, Australia: Hill House, 2007.

Miall, A.D. *Principles of Sedimentary Basin Analysis* [*Principios de análisis de cuencas sedimentarias*]. 2ª ed. New York: Springer, 1990.

Miller, K. "The Flagellum Unspun: The Collapse of 'Irreducible Complexity'" ["El flagelo desenrrollado: El colapso de la 'complejidad irreducible'"]. En *Debating Design: From Darwin to DNA* [*Debatiendo el diseño: Desde Darwin a el ADN*], editado por W.A. Dembski y M. Ruse, 81-97. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.

Miller, K.B. "The Misguided Attack on Methodological Naturalism" ["El equivocado ataque sobre el naturalismo metodológico"]. En *For the Rock Record: Geologists on Intelligent Design* [*Para que conste en el registro de las rocas: Los geólogos sobre el diseño inteligente*], editado por J.L. Scheiderman y W.D. Allmon, 117-40. Berkeley: University of California Press, 2009.

Miller, K.R. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution* [*Encontrando el dios de Darwin: La búsqueda de un científico de un terreno común entre Dios y la evolución*]. New York: Cliff Street Books, 1999.

Miller, S.L. "A Production of Amino Acids under Possible Primitive Earth Conditions" ["La producción de aminoácidos bajo las posibles condiciones de la tierra primitiva"]. *Science* 117 (1953): 528-29.

Miller, S.L., y H.C. Urey. "Organic Compound Synthesis on the Primitive Earth" ["La síntesis de compuestos orgánicos en la tierra primitiva"]. *Science* 130 (1959): 245-51.

Mira, A., H. Ochman, y N.A. Moran. “Deletional Bias and the Evolution of Bacterial Genomes” [“El sesgo de la delección y la evolución de los genomas bacterianos”]. *Trends in Genetics* 17 (2001): 589-96.

Miyamoto, M.M., y M. Goodman. “Biomolecular Systematics of Eutherian Mammals: Phylogenetic Patterns and Classification” [“La sistemática biomolecular de los mamíferos euterios: Patrones filogenéticos y la clasificación”]. *Systematic Biology* 35 (1986): 230-40.

Monastersky, R. “Earth’s Magnetic Field Follies Revealed” [“Se revelan disparates sobre el campo magnético de la tierra”]. *Science News* 147 (1995): 244.

Monroe, J.S., y R. Wicander. *Physical Geology: Exploring the Earth* [*Geología física: Explorando la tierra*]. New York: West, 1992.

Monroe, K.R. *The Heart of Altruism: Perceptions of a Common Humanity* [*El corazón del altruismo: Percepciones de una humanidad en común*]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1996.

Montgomery, C.W. *Physical Geology* [*Geología física*]. 2ª ed. Dubuque, IA: Wm. C. Brown, 1990.

Moody, P.A. *Introduction to Evolution* [*Introducción a la evolución*]. 2ª ed. New York: Harper, 1962.

Moore, R.C. *Introduction to Historical Geology* [*Introducción a la geología histórica*]. New York: McGraw-Hill, 1958.

Moore, R.E. *Evolution* [*La evolución*]. New York: Time, 1964.

Moreland, J.P. *Christianity and the Nature of Science* [*El cristianismo y la naturaleza de la ciencia*]. Grand Rapids, MI: Baker Books, 1989.

_____. *The Creation Hypothesis: Scientific Evidence for an Intelligent Designer* [*La hipótesis de la creación: Evidencia científica de un diseñador inteligente*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1994.

Moreland, J.P., y J.M. Reynolds. *Three Views on Creation and Evolution.* Grand Rapids, MI: Zondervan, 1999. Versión castellana: *Tres puntos de vista sobre la creación-evolución.* Editorial Vida, 2009.

Morell, V. “Predator-free Guppies Take an Evolutionary Leap Forward” [“Las olominas (pez) sin depredadores dan un salto evolutivo hacia adelante”]. *Science* 275 (1997): 1880.

_____. “Starting Species with Third Parties and Sex Wars” [“Creando especies con terceras personas y guerras de sexo”]. *Science* 273 (1996): 1499-1502.

Morris, S.C. “Evolution: Bringing Molecules into the Fold” [“Evolución: Trayendo las moléculas al redil”]. *Cell* 100 (2000): 1-11.

Morris, S.C., y J.B. Caron. “A Primitive Fish from the Cambrian of North America” [“Un pez primitivo del Cámbrico de Norteamérica”]. *Nature* 512 (2014): 419-22.

Mortimer, J.A., P.B. Norton, y R. McHenry. *Encyclopedia Britannica: Great Books of the Western World* [*La Enciclopedia Británica: Grandes libros del mundo occidental*]. 2ª ed. Vol. 16. Chicago: Encyclopedia Britannica, 1990.

Mountjoy, E.W. “Allochthonous Debris Flows: Worldwide Indicators of Reef Complexes, Banks or Shelf Margins” [“Flujos de derrubios alóctonos: Indicadores globales de complejos de arrecifes, bancos, o márgenes de plataforma”]. En *Stratigraphy and Sedimentology, International Geological Congress* [*Estratigrafía y sedimentología, Congreso Geológico Internacional*], 24ª Sesión, 172-89. Montreal: International Geological Congress, 1972.

Müller, G.B. “Epigenetic Innovation” [“Innovación epigenética”]. En *Evolution: The Extended Synthesis* [*Evolución: La síntesis extendida*], editado por M. Pigliucci y G.B. Müller, 307-32. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

Murphy, N.C. *Reconciling Theology and Science: A Radical Reformation Perspective* [*Reconciliando la teología y la ciencia: Una perspectiva reformadora radical*]. Kitchener, Canada: Pandora, 1997.

_____. *Religion and Science: God, Evolution, and the Soul* [*La religión y la ciencia: Dios, la evolución y el alma*]. Kitchener, Canada: Pandora, 2002.

_____. *Theology in the Age of Scientific Reasoning* [*La teología en la era del razonamiento científico*]. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1990.

Nalley, R., et al. “Sociobiology: A New View of Human Nature” [“La sociobiología: Un nuevo panorama de la naturaleza humana”]. *Science Digest* 90 (1982): 61-69.

Narbonne, G.M., B.Z. Saylor, y J.P. Grotzinger. “The Youngest Ediacaran Fossils from Southern Africa” [“Los fósiles de Ediacara más jóvenes del sur de África”]. *Journal of Paleontology* 71 (1997): 953-67.

National Academy of Sciences. *On Being a Scientist* [*Siendo un científico*]. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989.

_____. *On Being a Scientist* [*Siendo un científico*]. 2ª ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1995.

Natland, M., y P.H. Kuenen. “Sedimentary History of the Ventura Basin, California, and the Action of Turbidity Currents” [“La historia sedimentaria de la Cuenca Ventura, y la acción de las corrientes de turbidez”]. *SEPM Special Publication* 2 (1951): 76-107.

Nelson, R.W. *Darwin, Then and Now: The Most Amazing Story in the History of Science* [*Darwin, entonces y ahora: La historia más asombrosa en la historia de la ciencia*]. New York: iUniverse, 2009.

Neufeld, B. “Dinosaur Tracks and Giant Men” [“Huellas de dinosaurios y los hombres gigantes”]. *Origins* 2 (1975): 64-76.

Newell, N.D. “Paraconformities” [“Paraconformidades”]. En *Essays in Paleontology and Stratigraphy* [*Ensayos en paleontología y estratigrafía*], editado por C. Tichert y L. Yochelson, 349-67. Lawrence: University of Kansas Press, 1967.

Nicolis, G., e I. Prigogine. *Self-organization in Non-equilibrium Systems: From Dissipative Structures to Order through Fluctuations* [*Autoorganización en sistemas fuera de equilibrio: Desde estructuras disipativas al orden a través de fluctuaciones*]. New York: John Wiley and Sons, 1977.

Niedzwiedzki, G., et al. “Tetrapod Trackways from the Early Middle Devonian Period of Poland” [“Rastros de tetrápodos del período Devónico Medio Temprano de Polonia”]. *Nature* 463 (2010): 43.

Nitta, K.R., et al. “Conservation of Transcription Factor Binding Specificities across 600 Million Years of Bilateria Evolution” [“Conservación del factor de transcripción que une especificaciones a lo largo de 600 millones de años de evolución de los Bilateria”]. *eLife* 4 (2015). elifesciences.org/articles/04837. doi:10.7554/eLife.04837.

Noble, D. “Physiology Is Rocking the Foundations of Evolutionary Biology” [“La fisiología está sacudiendo los fundamentos de la biología evolutiva”]. *Experimental Physiology* 98 (2013): 1235-43. doi:10.1113/exphysiol.2012.071134.

Norell, M., et al. “Palaeontology: ‘Modern’ Feathers on a Non-avian Dinosaur” [“Paleontología: Plumas ‘modernas’ en un dinosaurio no aviar”]. *Nature* 416 (2002): 36-37.

Novacek, M.J. “Whales Leave the Beach” [“Las ballenas dejan la playa”]. *Nature* 368 (1994): 807.

Nowak, R. “Mining Treasures from ‘Junk DNA’” [“Extrayendo tesoros del ‘ADN basura’”]. *Science* 263 (1994): 608-10.

Numbers, R.L. *The Creationists* [*Los creacionistas*]. New York: Alfred A. Knopf, 1992.

O’Leary, D. *By Design of by Chance?: The Growing Controversy on the Origin of Life in the Universe.* Minneapolis, MN: Augsburg, 2004. Versión castellana: *¿Por diseño o por azar? El origen de la vida en el universo.* España: CLIE, 2011.

O’Rahilly, R., y F. Müller. *Human Embryology & Teratology* [*Embriología y teratología humana*]. New York: Wiley-Liss, 1992.

Oard, M. “A Post-flood Ice-Age Model Can Account for Quaternary Features” [“Un modelo de edad glacial post-diluvial puede dar cuenta de los caracteres del Cuaternario”]. *Origins* 17 (1990): 8-26.

Oberbeck, V.R., J.R. Marshall, y H. Aggarwal. “Impacts, Tillites, and the Breakup of Gondwanaland” [“Impactos, tillitas y la ruptura de Gondwana”]. *Journal of Geology* 101 (1993): 1-19.

Ochert, A. “Transposons: So-called Junk DNA Proves Its Worth; First in Corn, Now in Creatures Like Us” [“Los transposones: Los así llamados ADN basura prueban su valor; primero en el maíz y ahora en criaturas como nosotros”]. *Discover Magazine* 20, no. 12 (1999): 59-66.

Ochman, H. “Genomes on the Shrink” [“Los genomas se reducen”]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 102 (2005): 11959-60.

Oliwenstein, L. “Fossil Fraud” [“Fraude fósil”]. *Discover* 11 (1990): 43-44.

Olson, S.L., y A. Feduccia. “Flight Capability and the Pectoral Girdle of *Archaeopteryx*” [“La capacidad de vuelo y la cintura pectoral de *Archaeopteryx*”]. *Nature* 278 (1979): 247-48.

Oreskes, N., y H.E. LeGrand. *Plate Tectonics: An Insider’s History of the Modern Theory of the Earth* [*La tectónica de placas: La historia de una persona enterada sobre la teoría moderna de la tierra*]. Boulder, CO: Westview, 2001.

Ostrom, J. “On the Origin of Birds and of Avian Flight” [“Sobre el origen de las aves y del vuelo aviar”]. En *Major Features of Vertebrate Evolution* [*Aspectos principales de la evolución de los vertebrados*], editado por R.M. Schoch y D.R. Prothero, 160-77. Knoxville, TN: Paleontological Society and University of Tennessee Press, 1994.

Packer, C. “Reciprocal Altruism in Olive Baboons” [“Altruismo recíproco en babuinos oliva”]. *Nature* 265 (1977): 441-43.

Palazzo, A.F., y T.R. Gregory. “The Case for Junk DNA” [“El caso en favor del ADN basura”]. *PLoS Genetics* 10 (2014): e1004351. doi:10.1371/journal.pgen.1004351.

Parsons, P. “Evolutionary Rates under Evolutionary Stress” [“Tasas evolutivas bajo el estrés evolutivo”]. *Evolutionary Biology* 21 (1987): 311-47.

Parsons, P.A. “Evolutionary Rates: Effects of Stress upon Recombination” [“Tasas evolutivas: Efectos del estrés sobre la recombinación”]. *Biological Journal of the Linnean Society* 35 (1988: 49-68.

Patel, M., et al. “Development of a Flow Cytometric, Non-radioactive Cytotoxicity Assay in *Eisenia fétida:* An In Vitro System Designed to Analyze Immunosuppression of Natural Killer-like Coelomocytes in Response to 7, 12 Dimethylbenz Anthracene (DMBA)” [“Desarrollo de un ensayo de flujo citométrico y de citotoxicidad no-radioactiva en *Eisenia fétida:* Un sistema in-vitro diseñado para analizar la inmunosupresión de celomocitos naturales de tipo asesino en respuesta a 7, 12-Dimetilbenz(a)antraceno (DMBA)”]. *European Journal of Soil Biology* 43 (2007): S97-S103.

Patterson, C. “Evolutionism and Creationism” [“Evolucionismo y creacionismo”]. Presentación hecha en el American Museum of Natural History, New York, 1981.

Pauling, L. *College Chemistry: An Introductory Textbook of General Chemistry* [*Química universitaria: Un texto introductorio de química general*]. 3ª ed. San Francisco: W.H. Freeman, 1964.

Peacocke, A.R. *Theology for a Scientific Age: Being and Becoming–Natural, Divine, and Human* [*Teología para una edad científica: Ser y llegar a ser–natural, divino, y humano*].

Pearcey, N. *Total Truth: Liberating Christianity from Its Cultural Captivity* [*La verdad total: Liberando al cristianismo de su cautiverio cultural*]. Wheaton, IL: Crossway Books, 2005.

Pearson, H. "'Junk' DNA Reveals Vital Role" ["El ADN 'basura' revela su rol vital"]. *Nature Science Update* (Mayo 7, 2004). nature.com/news/2004/040503/full/news040503-9.html. doi:10.1038/news040503-9.

Pennisi, E. "Haeckel's Embryos: Fraud Rediscovered" ["Los embriones de Haeckel: Un fraude redescubierto"]. *Science* 277 (1997): 1435.

Pennock, R.T. *Tower of Babel: The Evidence against the New Creationism* [*La torre de Babel: La evidencia en contra del nuevo creacionismo*]. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.

Pennock, R.T., y M. Ruse, eds. *But Is It Science?* [*Pero, ¿es ciencia?*]. Amherst, NY: Prometheus Books, 2008.

Pflug, H.D. "Early Geological Record and the Origin of Life" ["El registro geológico temprano y el origen de la vida"]. *Naturwissenschaften* 71 (1984): 63-68.

Pigliucci, M., y G. Müller, eds. *Evolution, the Extended Synthesis* [*Evolución: La síntesis extendida*]. Cambridge, MA: MIT Press, 2010.

Pittman, S. "Ancient Ice" ["Hielo antiguo"]. 2006. detectingdesign.com/ancientice.html

Plantinga, A. "Methodological Naturalism?" ["¿Naturalismo metodológico?"]. *Origins and Design* 18 (1997): 18-27.

Plomin, R., J.C. DeFries, y G.E. McClearn. *Behavioral Genetics: A Primer* [*Genética de la conducta: Un manual básico*]. 2ª ed. New York: Freeman, 1990.

Plotnick, R.E. “Taphonomy of a Modern Shrimp: Implications for the Arthropod Fossil Record” [“Tafonomía de un camarón moderno: Implicaciones para el registro fósil de los artrópodos”]. *Palaios* 1 (1986): 286-93.

Plutchik, R. “The Nature of Emotions” [“La naturaleza de las emociones”]. *American Scientist* 89 (2001): 344-50.

Polkinghorne, J.C. *Faith, Science and Understanding* [*Fe, ciencia y el entendimiento*]. New Haven, CT: Yale University Press, 2000.

_____. *Quarks, Chaos, and Christianity: Questions to Science and Religion.* [*Los quarks, el caos y el cristianismo: Preguntas para la ciencia y la religión*]. New York: Crossroad, 1994.

_____. *Science and Theology: An Introduction.* Minneapolis, MN: Fortress, 1998. Versión castellana: *Ciencia y Teología. Una Introducción.* Santander: Sal Terrae, 2000.

Pollard, K.S., et al. “An RNA Gene Expressed during Cortical Development Evolved Rapidly in Humans” [“Un gen de ARN expresado durante el desarrollo cortical evolucionó rápidamente en humanos”]. *Nature* 443 (2006): 167-72.

Popper, K.R. *The Logic of Scientific Discovery.* New York: Harper & Row, 1959. Versión castellana: *La lógica de la investigación científica.* 2ª ed. Madrid: Tecnos, 2008.

_____. “Science: Problems, Aims, Responsibilities”. *Federation Proceedings* 22 (1963:961-72). Versión castellana: “Ciencia: problemas, objetivos, responsabilidades”. En *El mito del marco común: En defensa de la ciencia y la racionalidad,* cap. 4, p. 109-142. Barcelona: Paidós (Surcos 8), 2005.

Price, G.M. *Illogical Geology: The Weakest Point in the Evolution Theory* [*Geología ilógica: El punto más débil en la teoría de la evolución*]. Los Angeles: Modern Heretic, 1906.

_____. *The New Geology: A Textbook for Colleges, Normal Schools, and Training Schools; and for the General Reader* [*La nueva geología: Un libro de texto para colegios, escuelas normales y colegios de entrenamiento; y para el lector en general*]. Mountain View, CA: Pacific, 1923.

Prothero, D.R. “Darwin’s Legacy” [“El legado de Darwin”]. *Skeptic Magazine* (Febrero 2012). www.skeptic.com/eskeptic/12-02-15/#feature.

Prothero, D.R., y R.M. Schoch, eds. *Major Features of Vertebrate Evolution: 17th Annual Short Course of the Paleontological Society Cosponsored by the Society of Vertebrate Paleontology Held at the 106th Annual Meeting of the Geological Society of America, Sunday, October 23, 1994, Seattle, Washington* [*Las principales características de la evolución de los vertebrados:17º curso corto anual de la Paleontological Society copatrocinada por la Society of Vertebrate Paleontology realizada en la 106ª reunión anual de la Geological Society of America, domingo 23 de octubre, 1994, en Seattle, Washington*]. Knoxville, TN: Paleontological Society, 1994.

Provost, E. "Nonnestmate Kin Recognition in the Ant *Leptothorax lichtensteini:* Evidence That Genetic Factors Regulate Colony Recognition" ["Reconocimiento de parentesco entre hormigas no parejas del nido en la hormiga *Leptothorax lichtensteini:* Evidencia de que factores genéticos regulan el reconocimiento de colonias"]. *Behavior Genetics* 21 (1991): 151-67.

Qiang, J., et al. "A New Oviraptorosaur from the Yixian Formation of Jianchang, Western Liaoning Province, China" ["Un nuevo oviraptorosaurio de la Formación Yixian de Jianchang, oeste de la provincia de Liaoning, China"]. *Geological Bulletin of China* 31 (2012): 2102-7.

Rampino, M.R., y R.B. Stothers. "Flood Basalt Volcanism during the Past 250 Million Years" ["Vulcanismo de basaltos de inundación durante los últimos 250 millones de años"]. *Science* 241 (1988): 663-68.

Ratzsch, D.L. *Science & Its Limits: The Natural Sciences in Christian Perspective* [*La ciencia y sus límites: Las ciencias naturales en la perspectiva cristiana*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 2000.

Raup, D. "The Geological and Paleontological Arguments of Creationism" ["Los argumentos geológicos y paleontológicos del creacionismo"]. En *Scientists Confront Creationism* [*Los científicos enfrentan al creacionismo*], editado por L.R. Godfrey, 147-62. New York: Norton, 1983.

_____. "New Ideas Are 'Guilty until Proved Innocent'" ["Las nuevas ideas son 'culpables hasta probarse inocentes'"]. *Scientist* 1 (1986: 18.

Ray, J. *The Wisdom of God Manifested in the Works of the Creation* [*La sabiduría de Dios manifestada en las obras de la creación*]. New York: Arno Press, 1960. Publicada primero en 1717 por R. Harbin.

Reichenbach, H. *The Rise of Scientific Philosophy* [*El surgimiento de la filosofía científica*]. Berkeley: University of California Press, 1968.

Reineck, H.E., e I.B. Singh. *Depositional Sedimentary Environments, with Reference to Terrigenous Clastics* [*Ambientes sedimentarios de deposición, con referencia a la clástica terrígena*]. 2ª ed. New York: Springer, 1980.

Retallack, G.J. "Were the Ediacaran Fossil Lichens?" ["¿Existieron fósiles de líquenes en Ediacara?"]. *Paleobiology* 20 (1994): 523.

Reynaud, C.A., et al. "Somatic Hyperconversion Diversifies de Single Vh Gene of the Chicken with a High Incidence in the D Region" ["La hiperconversión somática diversifica el gen singular Vh de la gallina con una alta incidencia en la región D"]. *Cell* 59 (1989): 171-83.

Reznick, D.N., et al. "Evaluation of the Rate of Evolution in Natural Populations of Guppies (*Poecilia reticulata*)" ["Evaluación de la tasa de evolución en las poblaciones naturales de olominas (*guppies* – pez). *Science* 275 (1997): 1934-37.

Ricker, J.P., y J. Hirsch. "Genetic Changes Occurring over 500 Generations in Lines of *Drosophila melanogaster* Selected Divergently for Geotaxis" ["Cambios genéticos ocurridos a través de 500 generaciones en cepas de *Drosophila melanogaster* seleccionadas divergentemente para la geotaxis"]. *Behavior Genetics* 18 (1988): 13-25.

Ridley, M. *Evolution* [*La evolución*]. 3ª ed. Boston: Blackwell Scientific, 2004.

Roesadi, A., et al. "Toll-like Receptor son Earthworm Coelomocytes" ["Receptores tipo casetas colectoras de peaje en los celomocitos de la lombriz de tierra"]. Trabajo presentado en la 32ª conferencia de investigación de bachillerato de la West Coast Biological Sciences, Loyola Marymount University, Los Angeles, CA, Abril 28, 2007.

Romer, A.S. *The Vertebrate Body* [*El cuerpo de los vertebrados*]. Philadelphia: Saunders, 1962.

Roth, A. "Coral Reef Growth" ["El crecimiento de los arrecifes de corales"]. *Origins* 6 (1979): 88-95.

_____. "Flood Stories–Can they Be Ignored?" ["Las historias del diluvio–¿pueden ser ignoradas?"]. *Origins* 17 (1990): 51-55.

_____. “Some Questions about Geochronology” [“Algunas preguntas sobre la geocronología”]. *Origins* 13 (1986): 64-85.

_____. “Those Gaps in the Sedimentary Layers” [“Esas brechas en los estratos sedimentarios”]. *Origins* 15 (1988): 75-92.

Rothrock, P.E., y R.M. Rothrock. “Christianity and E.O. Wilson’s Mythology of Scientific Materialism” [“El cristianismo y la mitología de E.O. Wilson del materialismo científico”]. *Perspective on Science and Christian Faith* 39 (1987): 87-93.

Rothschild, B.M., y G.W. Storrs. “Decompression Syndrome in Plesiosaurs (*Sauropterygia: reptilia*)” [“Síndrome de descompresión en Plesiosaurios (*Sauropterygia: Reptilia*)”]. *Journal of Vertebrate Paleontology* 23 (2003): 324-28.

Rothschild, B.M., et al. “Epidemiologic Study of Tumors in Dinosaurs” [“Estudio epidemiológico de tumores en dinosaurios”]. *Naturwissenschaften* 90 (2003): 495-500. doi:10.1007/s00114-003-0473-9.

Roubertoux, P.L., y M. Carlier. “Differences between CBA/H and NZB Mice on Intermale Aggression. II. Maternal Effects” [“Diferencias entre ratones CBA/H y NZB con respecto a la agresión entre machos. II. Efectos maternos”]. *Behavior Genetics* 18 (1988): 175-84.

Ruse, M. *The Darwinian Revolution: Science Red in Tooth and Claw*. Chicago: University of Chicago Press, 1999. Versión castellana: *La revolución darwinista: La ciencia al rojo vivo.* Madrid: Alianza, 1983.

Russell, J.B. *Inventing the Flat Earth: Columbus and Modern Historians* [*Inventando la tierra plana: Colón y los historiadores modernos*]. New York: Praeger, 1997.

Sadler, P.M. “Sediment Accumulation Rates and the Completeness of Stratigraphic Sections” [“Las tasas de acumulación de sedimentos y la completud de las secciones estratigráficas”]. *Journal of Geology* 89 (1981): 569-84.

Sagnotti, L., et al. “Extremely Rapid Directional Change during Matuyama-Brunhes Geomagnetic Polarity Reversal” [“Cambio direccional extremadamente rápido durante la inversión de la polaridad geomagnética de Matuyama-Brunhes”]. *Geophysical Journal International* 199 (2014): 1110-24.

Sanford, J.C. *Genetic Entropy & the Mystery of the Genome* [*La entropía genética y el misterio del genoma*]. Waterloo, NY: FMS, 2008.

Savage, R.J.G., y M.R. Long. *Mammal Evolution: An Illustrated Guide* [*La evolución de los mamíferos: Una guía ilustrada*]. New York: Facts on File, 1986.

Schaeffer, F.A. *Genesis in Space and Time: The Flow of Biblical History* [*Génesis en el espacio y en el tiempo: El flujo de la historia bíblica*]. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1972.

Scherer, S. *Typen des Lebens.* Berlin: Pascal-Verlag, 1993.

Schermerhorn, L.J.G., y W.I. Stanton. "Tilloids in the West Congo Syncline" ["Tilloides en el sinclinal del oeste del Congo"]. *Quarterly Journal of the Geological Society, London* 119 (1963): 201-41.

Schleiermacher, F. *The Christian Faith* [*La fe cristiana*]. Edinburgh, UK: T&T Clark, 1821-22, 2nd Ed. 2016.

Schopf, J. "Precambrian Paleobiology" ["Paleobiología del Precámbrico"]. En *Exobiology* [*Exobiología*], editado por C. Ponnamperuma, 16-61. Amsterdam: North-Holland, 1972.

Schwabe, C. "On the Basis of the Studies of the Origins of Life" ["Sobre la base de los estudios del origen de la vida"]. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 15 (1985): 213-16.

_____. "On the Validity of Molecular Evolution" ["Sobre la validez de la evolución molecular"]. *Trends in Biochemical Sciences* 11 (1986): 280-83.

Schweitzer, M.H., W. Zheng, T.P. Cleland, y M. Bern. "Molecular Analyses of Dinosaur Osteocytes Support the Presence of Endogenous Molecules" ["Análisis moleculares de osteocitos de dinosaurios apoya la presencia de moléculas endógenas"]. *Bone* 52 (2012): 414-23. doi:10.1016/jbone.2012.10.010.

Secord, J.A. *Victorian Sensation: The Extraordinary Publication, Reception, and Secret Authorship of Vestiges of the Natural History of Creation* [*Sensación victoriana: La extraordinaria publicación, recepción y autoría secreta de Vestigios de la historia natural de la creación*]. Chicago: University of Chicago Press, 2003.

Seilacher, A. “Fossil Behavior” [“Comportamiento fósil”]. *Scientific American* 217 (1967): 72-80.

_____. “Late Precambrian and Early Cambrian Metazoa: Preservational or Real Extinctions?” [“Metazoos del Precámbrico Tardío y del Cámbrico Temprano: ¿Resultado de la conservación o extinciones reales?”]. En *Patterns of Change in Earth Evolution* [*Patrones de cambio en la evolución de la tierra*], editado por H.D. Holland y A.F. Trendall, 159-68. Berlin: Springer, 1984.

_____. “Late Precambrian Metazoa: Preservational or Real Extinctions?” [“Los metazoos del Precámbrico: ¿Extinciones reales o producto de conservación?”]. En *Patterns of Change in Earth Evolution.* Vol. 5, *Dahlem Workshop Reports: Physical, Chemical, and Earth Sciences Research Reports* [*Patrones de cambio en la evolución de la tierra,* Vol. 5, *Informes de los talleres Dahlem: Informes de investigación física, química y de las ciencias de la tierra*], editado por H.D. Holland y A.F. Trendall, 159-68. Berlin: Springer, 1984.

Serrelli, E., y N. Gontier. *Macroevolution: Explanation, Interpretation and Evidence* [*La macroevolución: Explicación, interpretación y la evidencia*]. New York: Springer, 2015.

Shaffer, N.R., y G. Faure. “Regional Variation of 98Sr/86Sr Ratios and Mineral Compositions of Sediment from the Ross Sea, Antarctica” [“Variación regional de la relación de 87Sr/86Sr y las composiciones minerales de sedimento del Mar de Ross, Antártida”]. *Geological Society of America Bulletin* 87 (1976): 1491-1500.

Shallit, J., y W. Elsberry. “Playing Games with Probability” [“Jugando juegos con la probabilidad”]. En *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué el diseño inteligente fracasa: Una crítica científica del nuevo creacionismo*], editado por T. Edis y M. Young, 121-38. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004.

Shanks, N., e I. Karsai. “Self-organization and the Origin of Complexity” [“La autoorganización y el origen de la complejidad”]. En *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué el diseño inteligente fracasa: Una crítica científica del nuevo creacionismo*], editado por T. Edis y M. Young, 85-106. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004.

Shapiro, J.A. *Evolution: A View from the 21st Century* [*La evolución: Una perspectiva desde el siglo 21*]. Upper Saddle River, NJ: FT Press Science, 2011.

Shapiro, R. "Doubt and Uncertainty; Bubbles, Ripples and Mud" ["La duda y la incertidumbre; burbujas, ondas y barro"]. En *A Skeptic's Guide to the Creation of Life on Earth* [*Una guía del escéptico a la creación de la vida en la tierra*], editado por R. Shapiro, 190-224. New York: Summit Books, 1986.

_____. "Prebiotic Ribose Synthesis: A Critical Analysis" ["La síntesis prebiótica de ribosa: Un análisis crítico"]. *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 18 (1988): 71-85.

Shea, W. "The Antediluvians" ["Los antediluvianos"]. *Origins* 18 (1991): 10-26.

_____. "Literary Structural Parallels between Genesis 1 and 2" ["Paralelismos literarios estructurales entre Génesis 1 y 2"]. *Origins* 16 (1989): 49-68.

_____. "The Unity of the Creation Account" ["La unidad del registro de la creación"]. *Origins* 5 (1978): 9-38.

Shea, W.A. "A Comparison of Narrative Elements in Ancient Mesopotamian Creation-Flood Stories with Genesis 1-9" ["Una comparación de los elementos narrativos en los relatos de la creación-diluvio de la Mesopotamia Antigua con Génesis 1-9"]. *Origins* 11 (1984): 9-29.

Sherman, P.W. "Nepotism and the Evolution of Alarm Calls" ["El nepotismo y la evolución de los llamados de alarma"]. *Science* 197 (1977): 1246-53.

Shu, D.G., et al. "Head and Backbone of the Early Cambrian Vertebrate *Haikouichthys*" ["Cabeza y columna vertebral del vertebrado *Haikouichthys* del Cámbrico temprano"]. *Nature* 421 (2003): 526-29.

_____. "Lower Cambrian Vertebrates from South China" ["Vertebrados del Cámbrico inferior del sur de China"]. *Nature* 402 (1999): 42-46.

Shubin, N.H., E.B. Daeschler, y F.A. Jenkins Jr. "The Pectoral Fin of *Tiktaalik roseae* and the Origin of the Tetrapod Limb" ["La aleta pectoral de *Tiktaalik roseae* y el origen de la extremidad de los tetrápodos"]. *Nature* 440 (2006): 764-71.

Sigma Xi. *Honor in Science* [*Honor en la ciencia*]. Research Triangle Park, NC: Sigma Xi, The Scientific Research Society, 1991.

Sillen, L. “Oxidation State of Earth’s Ocean and Atmosphere” [“El estado oxidativo del océano y la atmósfera de la tierra”]. *Arkiv for Kemi* 24 (1965): 431-56.

Siveter, D.J., et al. “An Ostracode Crustacean with Soft Parts from the Lower Silurian” [“Un crustáceo ostrácodo con partes blandas del Silúrico inferior”]. *Science* 302 (2003): 1749-51.

Skell, P.S. “Why Do We Invoke Darwin? Evolutionary Theory Contributes Little to Experimental Biology” [“¿Por qué invocamos a Darwin? La teoría evolutiva contribuye muy poco a la biología experimental”]. *Scientist* 19 (2005): 10.

Skelton, P.W., A.B. Smith, y N. Monks. *Cladistics: A Practical Primer on CD-ROM* [*La cladística: Un manual básico práctico en CD-ROM*]. New York: Cambridge University Press, 2002.

Smith, J.M. *Evolutionary Genetics* [*La genética evolutiva*]. New York: Oxford University Press, 1989.

Smith, J.M., y G.R. Price. “The Logic of Animal Conflict” [“La lógica del conflicto animal”]. *Nature* 246 (1973): 15-18.

Snelling, A. *Earth’s Catastrophic Past: Geology, Creation, & the Flood* [*El pasado catastrófico de la tierra: La geología, la creación, y el diluvio*]. 2 vols. Dallas, TX: Institute for Creation Research, 2009.

_____. “More Evidence of Rapid Geomagnetic Reversals Confirms a Young Earth” [“Más evidencias de inversiones geomagnéticas rápidas confirman una tierra joven”]. *Answers in Genesis* (Enero 8, 2015). answersingenesis.org/age-of-the-earth/more-evidence-rapid-geomagnetic-reversals-confirm-young-earth.

_____. “Special Symposium: Where Should We Place the Flood/Post-flood Boundary in the Geological Record?” [“Simposio especial: ¿Dónde deberíamos poner el límite Diluvio/Pos-diluvio en el registro geológico?”]. *Creation ex Nihilo Technical Journal* 10 (1996): 29-127.

Snelling, A., y J. Woodmorappe. “The Cooling of Thick Igneous Bodies on a Young Earth” [“El enfriamiento de gruesos cuerpos ígneos en una tierra joven”]. En *Proceedings of the Fourth International Conference on Creationism* [*Actas de la cuarta conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por R.E. Walsh, 527-45. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1998.

Soennichsen, J.R. *Bretz’s Flood: The Remarkable Story of a Rebel Geologist and*

the World's Greatest Flood [*La inundación de Bretz: La historia extraordinaria de un geólogo rebelde y la inundación más grande del mundo*]. Seattle, WA: Sasquatch Books, 2008.

Spetner, L.M. *Not by Chance! Shattering the Modern Theory of Evolution* [*¡No por azar! Destrozando la teoría moderna de la evolución*]. Brooklyn, NY: Judaica, 2006.

Stanley, S.M. *Exploring Earth and Life through Time* [*Explorando la tierra y la vida a través del tiempo*]. New York: Freeman, 1993.

Stearn, C.W., R.L. Carroll, y T.H. Clark. *Geological Evolution of North America* [*Evolución geológica de Norteamérica*]. 3ª ed. New York: John Wiley and Sons, 1979.

Stebbins, G.L. *Processes of Organic Evolution* [*Procesos de evolución orgánica*]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1971.

Stenger, V. "Is the Universe Fine-Tuned for Us?" ["¿Está la universidad finamente sintonizada para nosotros?"]. En *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué el diseño inteligente fracasa: Una crítica científica del nuevo creacionismo*], editado por T. Edis y M. Young, 172-84. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004.

Stephens, H.G., E.M. Shoemaker, y J.W. Powell. *In the Footsteps of John Wesley Powell: An Album of Comparative Photographs of the Green and Colorado Rivers, 1871-72 and 1968* [*En los pasos de John Wesley Powell: Un álbum de fotografías comparadas de los ríos Green y Colorado, 1871-72 y 1968*]. Boulder, CO: Johnson Books, 1987.

Sternberg, C.M. "Carboniferous Tracks from Nova Scotia" ["Rastros del Carbonífero de Nova Scotia"]. *Geological Society of America Bulletin* 44 (1933): 951-64.

Stock, C. *Rancho La Brea: A Record of Pleistocene Life in California* [*Rancho La Brea: Un registro de la vida del Pleistoceno en California*]. Los Angeles: Los Angeles County Museum, 1956.

Stommel, H., y E. Stommel. "The Year without a Summer" ["El año sin un verano"]. *Scientific American* 240 (1979): 176-86.

Swanson, S.E. “Relation of Nucleation and Crystal Growth Rate to the Development of Granitic Textures” [“La relación de la nucleación y la tasa de crecimiento de cristales con el desarrollo de texturas graníticas”]. *American Mineralogy* 62 (1977): 966-78.

Terzian, C., y C. Biémont. “The Founder Effect Theory: Quantitative Variation and mdg-1 Mobile Element Polymorphism in Experimental Populations of *Drosophila melanogaster*” [“La teoría del efecto fundador: Variación cuantitativa y polimorfismo en el elemento móvil mdg-1 en poblaciones experimentales de *Drosophila melanogaster*”]. *Genetica* 76 (1988): 53-63.

Thaxton, C.B., W.L. Bradley, y R.L. Olsen. *The Mystery of Life’s Origin: Reassessing Current Theories* [*El misterio de la vida: Reevaluando las teorías actuales*]. New York: Philosophical Library, 1984.

Thewissen, J.G.M. *The Walking Whales: From Land to Water in Eight Million Years* [*Las ballenas caminantes: De la tierra al agua en ocho millones de años*]. Berkeley: University of California Press, 2014.

Thewissen, J.G.M., y S. Bajpai. “Whale Origins as a Poster Child for Macroevolution” [“El origen de las ballenas como un símbolo de la macroevolución”]. *BioScience* 51 (2001): 1037-49.

Thewissen, J.G.M., S.T. Hussain, y M. Arif. “Fossil Evidence for the Origin of Aquatic Locomotion in Archaeocete Whales” [“Evidencia fósil para el origen de la locomoción acuática en las ballenas arqueocetas”]. *Science* 263 (1994): 210-12.

Thulborn, T. *Dinosaur Tracks* [*Huellas de dinosaurios*]. London: Chapman & Hall, 1990.

Tkachuck, R. “The Little Ice Age” [“La pequeña edad de hielo”]. *Origins* 10 (1983): 51-65.

Trefil, J. “Whale Feet” [“Patas de ballena”]. *Discover* 12 (1991): 44-48.

Trivers, R.L. “The Evolution of Reciprocal Altruism” [“La evolución del altruismo recíproco”]. *Quarterly Review of Biology* 46 (1971): 35-57.

Trueblood, E. *The Yoke of Christ, and Other Sermons* [*El yugo de Cristo, y otros sermones*]. New York: Harper & Row, 1958.

Twidale, C.R. “On the Survival of Paleoforms” [“Sobre la supervivencia de las paleoformas”]. *American Journal of Science* 276 (1976): 77-95.

Ussery, D. “Darwin’s Transparent Box: The Biochemical Evidence for Evolution” [“La caja transparente de Darwin: La evidencia bioquímica de la evolución”]. En *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué el diseño inteligente fracasa: Una crítica científica del nuevo creacionismo*], editado por T. Edis y M. Young, 48-57. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004.

Valentine, J.W. “The Biological Explosion at the Precambrian-Cambrian Boundary” [“La explosión biológica en el límite del Precámbrico al Cámbrico”]. *Evolutionary Biology* 25 (1991): 279-356.

_____. “The Present Is the Key to the Present” [“El presente es la clave para el presente”]. *Journal of Geological Education* 14, no. 2 (1966): 59-60.

van Andel, T.H. “Consider the Incompleteness of the Geological Record” [“Considera la imperfección del registro geológico”]. *Nature* 294 (1981): 397-98.

van Ham, R.C., et al. “Reductive Genome Evolution in *Buchnera aphidicola*” [“Evolución reductora del genoma en *Buchnera aphidicola*”]. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100 (2003): 581-86.

Vardiman, L., A. Snelling, y E.F. Chaffin, eds. *Radioisotopes and the Age of the Earth: A Young Earth Creationist Research Initiative* [*Radioisótopos y la edad de la tierra: Una iniciativa de investigación creacionista de tierra joven*]. El Cajón, CA: Institute for Creation Research; Chino Valley, AZ: Creation Research Society, 2005.

Via, S. “Sympatric Speciation in Animals: The Ugly Duckling Grows Up” [“La especiación simpátrica en animales: El ‘patito feo’ se hace mayor”]. *Trends in Ecology & Evolution* 16 (2001): 381-90.

Vidale, J.E. “A Snapshot of Whole Mantle Flow” [“Una instantánea del flujo total del manto”]. *Nature* 370 (1994): 16-17.

Villee, C.A. *Biology.* 7ª ed. Philadelphia: Saunders, 1977. Versión castellana: Solomon, E.P., L.R. Perg, D.W. Martin, y C.A. Villee. *Biología.* 4ª ed. México: McGraw-Hill/Interamericana.

Wagner, G.P., y P.F. Stadler. “Quasi-independence, Homology and the Unity of Type: A Topological Theory of Characters” [“Casi-independencia, la homología y la unidad del tipo: Una teoría topológica de los caracteres”]. *Journal of Theoretical Biology* 220 (2003): 505-27.

Walker, J.C.G. *Evolution of the Atmosphere* [*Evolución de la atmósfera*]. New York: Macmillan, 1977.

_____. “Implications for Atmospheric Evolution of the Inhomogeneous Accretion Model of the Origin of the Earth” [“Implicaciones para la evolución atmosférica del modelo de acreción inhomogénea del origen de la tierra”]. En *The Early History of the Earth: Based on the Proceedings of a NATO Advanced Study Institute Held at the University of Leicester, 5-11 April 1975* [*La historia temprana de la tierra: Basada en las actas de un estudio avanzado del instituto de la NATO llevado a cabo en la University of Leicester, 5-11 de Abril 1975*], editado por B.F. Windley, 537-46. New York: John Wiley and Sons, 1976.

Walker, R. “Mopping Up the Turbidite Mess” [“Pasándole el trapo de piso al lío de las turbiditas”]. En *Evolving Concepts in Sedimentology* [*Conceptos en evolución en la sedimentología*], editado por R.N. Ginsburg, 1-37. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1973.

Wallace, R.A. *The Ecology and Evolution of Animal Behavior* [*La ecología y la evolución de la conducta animal*]. Pacific Palisades, CA: Goodyear, 1973.

Ward, P.D. “After the Fall: Lessons and Directions from the K/T Debate” [“Después de la caída: Lecciones y direcciones del debate del K/T”]. *Palaios* 10 (1995): 530.

Watson, R.A. *Compositional Evolution: The Impact of Sex, Symbiosis, and Modularity on the Gradualist Framework of Evolution* [*La evolución composicional: El impacto del sexo, la simbiosis, y la modularidad sobre el marco gradualista de la evolución*]. Cambridge, MA: MIT Press, 2006.

Weaver, W. “The Imperfections of Science” [“Las imperfecciones de la ciencia”]. *American Scientist* 49 (1961): 99-113.

Weiner, J. “Evolution Made Visible” [“La evolución se hace visible”]. *Science* 267 (1995): 30-33.

Wells, J. *The Myth of Junk DNA* [*El mito del ADN basura*]. Seattle, WA: Discovery Institute Press, 2011.

Wheeler, G. “The Most Unique Creation Story of the Ancient World” [“La historia más singular de la creación en el mundo antiguo”]. *These Times* 83 (1974): 2-34.

Whitcomb, J.C., Jr., y H.M. Morris. *The Genesis Flood: The Biblical Record and Its Scientific Implications*. Philadelphia: Presbyterian and Reformed, 1961. Versión castellana: *El diluvio del Génesis: El relato bíblico y sus implicaciones científicas*. Terrasa (Barcelona): Editorial Clie, 1982.

Whitfield, J. “Deception Fuels Domestic Bliss” [“La decepción alimenta la dicha doméstica”]. *Nature Science Update* (Noviembre 21, 2001). www.nature.com/news/2001/011122/full/news011122-9.html. doi:10.1038/news011122-9.

_____. “Dinosaurs Got Cancer” [“Los dinosaurios tuvieron cancer”]. *Nature Science Update* (Octubre 21, 2003). www.nature.com/news/2003/031021/full/news031020-2.html. doi:10.1038/news031020-2.

_____. “New Theory for Origins of Life” [“Nueva teoría para el origen de la vida”]. *Nature Science Update* (2002). www.nature.com/articles/news021202-2. doi: doi.org/10.1038/news021202-2.

Whitmore, J.H., y R. Strom. “Sand Injectites at the Base of the Coconino Sandstone, Grand Canyon, Arizona (USA)” [“Inyectitas de arena en la base de la Coconino Sandstone, Gran Cañón, Arizona (USA)”]. *Sedimentary Geology* 230 (2010): 46-59.

Wiedersheim, R., y G.B. Howes. *The Structure of Man: An Index to His Past History* [*La estructura del hombre: Un índice de su historia pasada*]. London: Macmillan, 1895.

Wiedmann, J. “The Heteromorphs and Ammonoid Extinction” [“Los heteromorfos y la extinción de los amonites”]. *BRV Biological Reviews* 44 (1969): 563-602.

Wilcox, H.A. *Ethics without God: Optimal Realism, a Science-Based Philosophy* [*La ética sin Dios: Realismo óptimo, una filosofía basada en la ciencia*]. Garberville, CA: McGilvra Brown, 1996.

Wiley, E.O., y B.S. Lieberman. *Phylogenetics: Theory and Practice of Phylogenetic Systematics* [*La filogenética: Teoría y práctica de la sistemática filogenética*]. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2011.

Wiley, E.O., et al. *The Compleat Cladist: A Primer of Phylogenetic Procedures* [*El cladista completo: Un manual básico sobre procedimientos filogenéticos*]. Vol. 19. Lawrence: University of Kansas Museum of Natural History, 1991.

Wilson, D.E., y D.M. Reeder. *Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference* [*Las especies de mamíferos del mundo: Una referencia taxonómica y geográfica*]. 3ª ed. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2005.

Wilson, E.O. *On Human Nature* [*Sobre la naturaleza humana*]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1978.

_____. "The Relation of Science to Theology" ["La relación de la ciencia con la teología"]. *Zygon* 15 (1980): 425-34. doi:10.1111/j.14679744.1980.tb00401.x.

_____. *The Social Conquest of Earth* [*La conquista social de la tierra*]. New York: Liveright, 2012.

_____. *Sociobiology–the Abridged Edition* [*Sociobiología–La edición resumida*]. Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1975.

_____. *Sociobiology: The New Synthesis.* Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1975. Versión castellana: *Sociobiología.* Barcelona: Ediciones Omega, 1978.

Winograd, I.J., et al. "Continuous 500,000-Year Climate Record from Vein Calcite in Devils Hole, Nevada" ["Un registro continuo de 500.000 años de una veta de calcita en Devils Hole, Nevada"]. *Science* 258 (1992): 255-60.

Wise, K. "How Fast Do Rocks Form?" ["¿Cuán rápido se forman las rocas?"]. En *Proceedings of the First International Conference on Creationism* [*Actas de la primera conferencia internacional sobre creacionismo*], editado por C.L. Brooks, R.S. Crowell, y R.E. Walsh, 197-203. Pittsburgh, PA: Creation Science Fellowship, 1986.

_____. "Origin of Life's Major Groups" ["El origen de los grupos principales de la vida"]. En *The Creation Hipothesis* [*La hipótesis de la creación*], editado por J.P. Moreland, 211-34. Downers Grove, IL: InterVarsity Press, 1994.

_____. "Practical Baraminology" ["Baraminología práctica"]. *Creation ex Nihilo Technical Journal* 6 (1992): 122-37.

Woese, C.R. “A Proposal Concerning the Origin of Life on the Planet Earth” [“Una propuesta concerniente al origen de la vida sobre el planeta Tierra”]. *Journal of Molecular Evolution* 13 (1979): 95-101.

Wong, K. “The Mammals That Conquered the Seas” [“Los mamíferos que conquistaron los mares”]. *Scientific American* 286 (2002): 70-79.

Wood, T. “The AGEing Process: Rapid Post-flood Intrabaraminic Diversification Caused by Altruistic Genetic Elements (AGES)” [“El proceso de envejecimiento (AGEing): Diversificación intrabaramínica rápida después del Diluvio causada por elementos genéticos altruístas (AGES, sigla en inglés)”]. *Origins* 54 (2002): 5-34.

_____. “The Current Status of Baraminology” [“El estado actual de la Baraminología”]. *Creation Research Society Quarterly* 43 (2006): 149-58.

Wood, T.C. *Animal and Plant Baramins* [*Baramines vegetales y animales*]. Eugene, OR: Wipf and Stock, 2008.

Wood, T.C., y M.J. Murray. *Understanding the Pattern of Life: Origins and Organization of the Species* [*Comprendiendo el patrón de la vida: Los orígenes y la organización de las especies*]. Nashville, TN: Broadman & Holman, 2003.

Woodward, T., y J.P. Gills. *The Mysterious Epigenome: What Lies beyond DNA* [*El misterioso epigenoma: Lo que yace más allá del ADN*]. Grand Rapids, MI: Kregel, 2012.

Yockey, H.P. *Information Theory and Molecular Biology* [*La teoría de la información y la biología molecular*]. New York: Cambridge University Press, 1992.

Young, E. “The Sharp-Toothed Past of Filter-Feeding Whales” [“El pasado de dientes filosos de las ballenas filtradoras”]. *New Scientist* (Agosto 16, 2006). www.newscientist.com/article/dn9752.

Young, M., y T.Edis. *Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism* [*Por qué el diseño inteligente fracasa: Una crítica científica del nuevo creacionismo*]. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press, 2004.

Younker, R.W. “Genesis 2: A Second Creation Account?” [“Génesis 2: ¿Un segundo registro de la creación?”]. En *Creation, Catastrophe, and Calvary* [*Creación, catástrofe y calvario*], editado por J.T. Baldwin, 69-78. Hagerstown, MD: Review and Herald, 2000.

_____. *God's Creation: Exploring the Genesis Story* [*La creación de Dios: Explorando la historia del Génesis*]. Nampa, ID: Pacific, 1999.

Yuasa, S., D. Flory, B. Basile, y J. Oró. "Abiotic Synthesis of Purines and Other Heterocyclic Compounds by the Action of Electrical Discharges" ["Síntesis abiótica de purinas y otros compuestos heterocíclicos por medio de la acción de descargas eléctricas"]. *Journal of Molecular Evolution* 21 (1984): 76-80.

Zelenitsky, D.K., et al. "Feathered Non-avian Dinosaurs from North America Provide Insight into Wing Origins" ["Dinosaurios de Norteamérica no aviares con plumas proveen revelaciones sobre los orígenes de las alas"]. *Science* 338 (2012): 510-14.

Zhang, F., y Z. Zhou. "Leg Feathers in an Early Cretaceous Bird" ["Las plumas de patas en un ave del Cretácico Temprano"]. *Nature* 431 (2004): 925.

Zimmerman, E.C. "Possible Evidence of Rapid Evolution in Hawaiian Moths" ["Posible evidencia de evolución rápida en polillas de Hawaii"]. *Evolution* 14 (1960): 137-38.