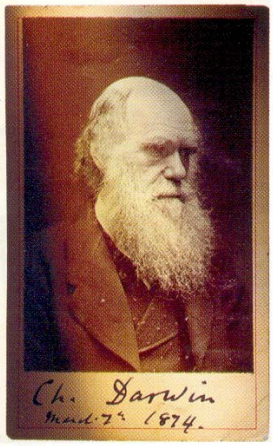
NO.

Las pruebas de la evolución son arrolladoras.

La magnífica teoría de Darwin, la evolución por selección natural, une diversos hechos biológicos en un todo coherente. La cruza doméstica de palomas ornamentales como la jacobina (pp. ant.) fue su analogía de la selección en la vida salvaje. Las ratas topo desnudas (p. op.) muestran que los mamíferos pueden evolucionar hasta incluir trabajadores especializados y reinas.

Por DAVID QUAMMEN
Fotografías de ROBERT CLARK

La evolución mediante la selección natural, el concepto central de la obra de toda la vida de Charles Darwin, es una teoría; una acerca del origen de la adaptación, la complejidad y la diversidad entre las criaturas vivientes de la Tierra. Si usted es escéptico por naturaleza, desconoce la terminología de la ciencia e ignora las abundantes pruebas, tal vez hasta se sienta tentado a expresar que es "tan sólo" una teoría. En el mismo sentido, la relatividad tal como la describió Albert Einstein es "sólo" una teoría. La idea de que la Tierra gira alrededor del Sol y no al revés, ofrecida por Copérnico en 1543, es una teoría. La deriva de los continentes es una teoría. ¿Y la existencia, estructura y dinámica de los átomos? Teoría atómica. Incluso la electricidad es una construcción teórica, que involucra electrones, diminutas unidades de materia cargada que nadie ha visto nunca. Cada una



Darwin era un hombre tímido y conservador que hacía preguntas agudas. La jirafa (p. op.) le interesó no tanto por la longitud de su cuello, como por la forma de su cola, que le pareció un "mosqueador". Los matamoscas, señaló, podían ayudar a la supervivencia de los animales.

de esas teorías representa una explicación que ha sido confirmada hasta cierto punto, por medio de la observación y los experimentos, y que reconocidos expertos la aceptan como un hecho. A eso se refieren los científicos cuando hablan de una teoría: no a una especulación fantasiosa y poco confiable, sino a una afirmación explicativa que se ajusta a las pruebas. Aceptan dicha explicación con confianza, pero sólo de manera provisional: la toman como la mejor visión disponible de la realidad, cuando menos hasta que aparezca una mejor explicación o bien datos incompatibles.

El resto de nosotros por lo general está de acuerdo. Conectamos nuestros televisores a pequeños enchufes en la pared, medimos el año de acuerdo con la longitud de la órbita de la Tierra y, de otras muchas maneras, nuestras vidas se basan en la confiable realidad de esas teorías.

Sin embargo, la teoría evolucionista es un tanto diferente. Se trata de una visión de la vida tan increíblemente fantástica y trascendental, que algunas personas la encuentran inaceptable a pesar del gran conjunto de pruebas que la apoyan. Cuando se aplica a nuestra propia especie, el *Homo sapiens*, puede parecer aun más amenazadora. Muchos cristianos fundamentalistas y judíos ultraortodoxos se inquietan cuando se dice que los humanos descienden de los antiguos primates, lo cual contradice una lectura estricta del Génesis. Su molestia es parecida a la de los creacionistas islámicos, quienes consideran que la historia de la creación en seis días, tal como aparece en el Corán, es una verdad absoluta. El finado Srila Prabhupada, del movimiento Hare Krishna, explicó que Dios creó "las 8,400,000 especies de vida desde el principio", a fin de establecer varios niveles de reencarnación para las almas en ascenso.

También otras personas, no sólo los ortodoxos bíblicos, siguen sin dejarse convencer por la evolución. Según una encuesta de la organización estadounidense Gallup a partir de más de mil entrevistas telefónicas, realizada en febrero de 2001, cerca del 45 % de los adultos estadounidenses que respondió estuvo de acuerdo con que "Dios creó a los seres humanos básicamente con la forma que tienen ahora, en algún momento durante los últimos 10 mil años". La evolución, desde su punto de vista, no desempeñó ningún papel en darnos forma.

Sólo el 37 % de los estadounidenses entrevistados estuvo satisfecho con darle cabida tanto a Dios como a Darwin; esto es, la iniciativa divina dio principio a las cosas y la evolución fue el medio creativo. Y sólo el 12 % creía que los humanos evolucionaron de otras formas de vida sin ninguna intervención de un dios.

Lo más asombroso acerca de las cifras de esta encuesta no es que tantos estadounidenses rechacen la evolución, sino que la distribución estadística no ha cambiado mucho en dos décadas. Los entrevistados por Gallup eligieron las mismas opciones en 1982, 1993, 1997 y 1999. La convicción creacionista –que sólo Dios, y no la evolución, produjo a los seres humanos– nunca ha obtenido menos del 44 %.

¿Por qué hay tantos antievolucionistas? La ortodoxia bíblica sólo puede ser parte de la respuesta. En efecto, entre la población estadounidense hay un gran sector de ortodoxos bíblicos, pero no es tan grande: no llega al 44 %. Los proselitistas de la creación y los activistas políticos, que se esfuerzan por impedir la enseñanza de la biología evolucionista en las escuelas públicas, contribuyen también a la respuesta. La total confusión e ignorancia que presentan millones de adultos estadounidenses debe de ser otro factor. Muchas personas nunca han tomado un curso de biología que aborde la evolución ni han leído un libro en donde se explique con lucidez la teoría.

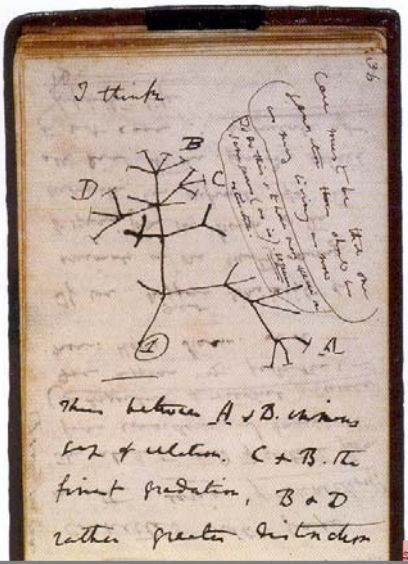
La evolución es un concepto estupendo, MÁS para la ciencia médica y para

La evolución es un concepto estupendo e importante, más crucial actualmente para el bienestar humano, para la ciencia médica y para nuestra comprensión del mundo que nunca antes. Es también profundamente convincente. Las pruebas que la sustentan son abundantes, crecientes, sólidamente conectadas y fácilmente disponibles en museos, libros populares, libros de texto y en un cúmulo de estudios científicos evaluados por expertos. Nadie tiene por qué aceptar la evolución tan sólo como un asunto de fe.

Dos grandes ideas, no sólo una, están en juego: la evolución de todas las especies, como un fenómeno histórico, y la selección natural, como el mecanismo principal que causó dicho fenómeno. La idea de que todas las especies descienden de ancestros comunes había sido sugerida por otros pensadores, incluido Jean-Baptiste Lamarck, mucho antes de que Darwin publicara *El origen de las especies* en 1859. Lo que hizo que el libro de Darwin fuera tan notable cuando apareció, y tan influyente con el paso del tiempo, fue porque ofreció una explicación racional sobre cómo debe ocurrir la evolución. Tuvo la misma percepción, pero de manera independiente, Alfred Russel Wallace, un joven naturalista que realizaba trabajos de campo en el archipiélago malayo a fines de la década de 1850. En los anales históricos, aunque no en la conciencia popular, Wallace y Darwin comparten el prestigio de haber descubierto la selección natural.

La esencia del concepto es que pequeñas diferencias fortuitas y hereditarias entre los individuos se traducen en diferentes oportunidades de supervivencia y reproducción –éxito para algunos, muerte sin descendencia para otros– y que esta elección natural conduce a cambios importantes en la forma, el tamaño, la fuerza, las armas, el color, la bioquímica y la conducta de los descendientes. El crecimiento excesivo de la población incita a la lucha competitiva. Puesto que los competidores menos exitosos producen menos crías que sobrevivan, las variaciones inútiles o negativas tienden a desaparecer, mientras que las útiles tienden a ser preservadas e incrementadas gradualmente por toda una población.

Ésa es una parte del proceso evolucionista, conocida como anagénesis, durante la cual una sola especie se transforma. Pero existe también una segunda parte conocida como especiación. Algunas veces los cambios genéticos se van acumulando dentro de un segmento aislado de una especie –pero no en la totalidad de la misma– a medida que esa población aislada se adapta a sus condiciones locales. Gradualmente toma su propio rumbo, adueñándose



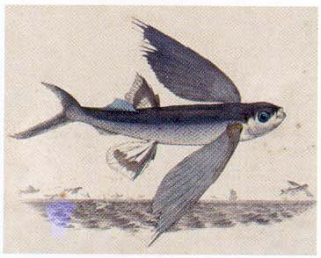
En un cuaderno de 1837, Darwin esbozó su metáfora favorita: un árbol de la vida (izq.) y sus ramas como especies. Convencido de que nadie debería especular sobre las especies "si no ha descrito minuciosamente muchas", dedicó ocho años a clasificar percebes (arriba). Hacia 1854 era conocido como un experto en percebes.

¿POR QUÉ LOS MAMÍFEROS MACHOS tiene de pequeñas patas? ¿Por qué ciertas especie

Australia. Suramérica también tiene coipos y capibaras en los pantanos, no –según escribió Darwin– castores o ratas almizcleras. Durante su visita a las Galápagos, cuando era joven y a bordo del buque de investigación *Beagle*, el propio Darwin descubrió tres formas muy similares de sinsonte, cada una en una isla distinta.

¿Por qué las especies "íntimamente afines" han de vivir en extensiones vecinas de hábitat? ¿Y por qué los hábitats parecidos en continentes diferentes han de estar ocupados por especies que no son tan íntimamente afines? "Observamos en estos hechos la existencia de un profundo lazo orgánico, a través del tiempo y el espacio", escribió Darwin. "Este lazo, según mi teoría, es simplemente la herencia." Especies parecidas se desarrollan en espacios cercanos porque descienden de ancestros comunes.

La paleontología muestra un patrón similar de agrupamiento en la dimensión del tiempo. La columna vertical de estratos geológicos, construida por procesos sedimentarios a lo largo de millones de años y ligeramente salpicada de fósiles, representa un registro tangible que muestra qué especies vivieron y cuándo. Lo que Darwin observó acerca de este registro es que las especies íntimamente afines tienden a encontrarse cerca unas de las otras en estratos sucesivos. Una especie perdura millones de años y posteriormente hace su última aparición, digamos, a mediados del Eoceno; justo arriba, una especie parecida pero no idéntica la reemplaza. Por ejemplo, en América del Norte una criatura que tenía una vaga forma de caballo, conocida como *Hyracotherium*, fue sucedida por *Orohippus*, luego por *Epihippus* y después por *Mesohippus*, que a su vez fueron sucedidos por una variedad de criaturas similares a los caballos. Algunos de ellos incluso galoparon por el puente de tierra de Bering hasta Asia y de ahí a Europa y África. Hace unos cinco millones de años casi todos habían desaparecido, dando paso a *Dinohippus*, que fue sucedido por *Equus*, el género actual del caballo. No todos estos vínculos fósiles habían sido exhumados en la época de Darwin, pero de todos modos él captó la esencia del asunto. De nuevo, ¿fueron esas secuencias tan sólo coincidencias? No, replicaba Darwin. Las especies íntimamente afines se suceden unas a las otras en el tiempo y viven en espacios cercanos porque están relacionadas mediante la descendencia evolutiva.



Darwin reconoció las implicaciones del albinismo (arriba) como un rasgo heredado. También examinó las alas de un pez volador; si bien éstas son rudimentarias en comparación con las de un ave, se percató de que eran producto del mismo proceso evolutivo: le permitían al pez remontar el vuelo para escapar de los predadores.

La embriología también involucraba patrones que no podrían ser explicados por la coincidencia. ¿Por qué el embrión de un mamífero atraviesa etapas similares a las del embrión de un reptil? ¿Por qué una de las formas larvales de un percebe, antes de la metamorfosis, es tan parecida a la forma larval de un camarón? ¿Por qué las larvas de las polillas, las moscas y los escarabajos se asemejan entre sí más de lo que se parecen a los respectivos adultos? Porque, escribió Darwin: "El embrión es el animal en su estado menos modificado" y ese estado "revela la estructura de su progenitor".

La morfología, su cuarta categoría de evidencias, era la "verdadera esencia" de la historia

WELLCOME LIBRARY, LONDRES (PE

pezones? ¿Por qué algunas serpientes tienen vestigios
de escarabajos que no vuelan tienen alas que no se abren?

natural, según Darwin. Incluso hoy día puede verse en la disposición de cualquier zoológico. Aquí están los monos, allá los felinos y en aquel edificio los lagartos y los cocodrilos. Los pájaros están en el aviario y los peces en el acuario. Las criaturas vivientes pueden clasificarse fácilmente en una jerarquía de categorías –no sólo especies, sino géneros, familias, órdenes, reinos enteros– con base en las características anatómicas que comparten y las que no.

Todos los animales vertebrados tienen espina dorsal. Entre los vertebrados, las aves poseen plumas, mientras que los reptiles tienen escamas. Los mamíferos cuentan con pelo y glándulas mamarias, pero carecen de plumas y escamas. Entre los mamíferos, algunos tienen bolsas en donde crían a sus pequeños. Entre los de esta especie, los marsupiales, algunos tienen grandes patas traseras y colas fuertes que les permiten atravesar a saltos varios kilómetros de zonas áridas: los llamamos canguros. Si utilizamos los microscopios actuales y las pruebas moleculares, podremos rastrear las similitudes incluso más allá. Todas las plantas y los hongos, así como los animales, tienen núcleos dentro de sus células. Todos los organismos vivos contienen ADN y ARN (excepto algunos virus, que sólo tienen ARN), dos formas relacionadas de moléculas que codifican información.

Dicho patrón de semejanzas progresivas –grupos de especies parecidas contenidos en grupos más amplios, todos con un origen único– no está presente de forma natural en otros ámbitos. No encontrará nada equivalente si trata de catalogar rocas. ¿Por qué no? Porque los tipos de roca no reflejan una descendencia continua a partir de ancestros comunes. La diversidad biológica sí. La cantidad de características compartidas entre una especie y otra indica cuán recientemente esas dos especies se separaron de un linaje común.

Esa percepción le dio nuevo significado a la tarea de la clasificación taxonómica, fundada en su forma moderna por el naturalista sueco Carl von Linneo, en 1735. Linneo mostró cómo podían clasificarse las especies sistemáticamente, de acuerdo con sus características compartidas, pero trabajó a partir de suposiciones creacionistas que no ofrecían ninguna explicación objetiva para el patrón jerarquizado que había encontrado. A principios y a mediados del siglo XIX, los morfólogos como Georges Cuvier y Étienne Geoffroy Saint-Hilaire en Francia y Richard Owen en Inglaterra mejoraron la clasificación con sus meticulosos estudios sobre las anatomías interna y externa, y trataron de entender cuál podría ser la fuente primordial de las semejanzas encontradas en el patrón. Owen hizo una contribución importante al proponer el concepto de los homólogos, es decir, versiones superficialmente diferentes pero fundamentalmente similares de un solo órgano o rasgo, compartido por especies distintas.

Por ejemplo, la estructura del esqueleto de cinco dedos en la mano de los vertebrados aparece no sólo en los humanos, los simios, los mapaches y los osos, sino también, modificada de diversas formas, en los gatos, los murciélagos, las marsopas, las lagartijas y las tortugas. El par de huesos en la parte inferior de nuestra pierna, la tibia y el peroné, también está representado por huesos homólogos en otros mamíferos y en reptiles, e incluso en el pájaro reptil *Archaeopteryx*, extinto hace mucho tiempo. ¿Cuál es la razón de tan variada repetición de unos cuantos diseños básicos? Darwin proporcionó la respuesta: la descendencia común, moldeada por la selección natural, modifica los aspectos hereditarios básicos para circunstancias diferentes.

Las características vestigiales son otra forma de evidencia morfológica, lo cual resulta ilustrativo pues muestran que el mundo viviente está lleno de imperfecciones pequeñas y tolerables. ¿Por qué los mamíferos machos (incluido el hombre) tienen pezones? ¿Por qué algunas serpientes (especialmente la boa constrictor) tienen vestigios de pelvis y de diminutas patas ocultos dentro de sus estilizadas siluetas? ¿Por qué algunas especies de escarabajos que no vuelan tienen alas, selladas debajo de cubiertas para alas que nunca se abren? Darwin planteó todas estas preguntas *(Continúa en la p. 20)*

La teoría evolucionista es una visión de la vid que muchas personas la encuentran inaceptable, pes

(Viene de la p. 13) y las respondió en *El origen de las especies*. Las estructuras vestigiales son remanentes de la historia evolutiva de un linaje.

Actualmente, las cuatro mismas ramas de la ciencia biológica en que se basó Darwin –biogeografía, paleontología, embriología y morfología– reciben un flujo creciente de datos que sirven de apoyo. Además de esas categorías, ahora existen otras: la genética de población, la bioquímica, la biología molecular y, más recientemente, el maravilloso campo de la secuenciación genética con base tecnológica conocido como genómica. Estas nuevas formas de conocimiento se funden la una con la otra y se entrecruzan con formas más antiguas, fortaleciendo así toda la estructura y reforzando aun más la teoría de Darwin.

Concretamente, tenía razón sobre la evolución. No tenía razón en cuanto a *todo*. Darwin era un pensador infatigable, por lo que propuso un sinnúmero de nociones teóricas durante toda su vida productiva, de las cuales varias eran erróneas e ilusorias. Estaba equivocado en cuanto a lo que causa las variaciones dentro de una especie. De manera más notable, su teoría sobre la herencia –a la que llamó pangénesis– resultó totalmente errónea; por suerte para Darwin, la exactitud de su mejor y más famosa idea resultó independiente de aquella en particular. La evolución por selección natural representó a Darwin ampliamente, esto es, la observación científica y el pensamiento cuidadoso en su máxima expresión.

Douglas Futuyma, biólogo evolucionista altamente respetado, es también autor de libros de texto así como de influyentes artículos de investigación. Su oficina, en la Universidad de Michigan, está repleta de revistas y libros, incluidos volúmenes acerca del conflicto entre creacionismo y evolución. Llegué cargando una copia de su libro sobre ese tema, *La ciencia en juicio: el caso de la evolución*.

En respuesta a mis preguntas sobre las evidencias, el doctor Futuyma repasó rápidamente las categorías tradicionales –paleontología, biogeografía– y habló básicamente acerca de la genética moderna. Sacó una copia de la revista *Nature*, la edición del 15 de febrero de 2001, un número histórico, lleno de artículos que presentaban y analizaban los resultados del Proyecto del Genoma Humano. Junto a ésta dejó caer un número más reciente de *Nature*, dedicado a la secuencia del genoma del ratón común, *Mus musculus*. El título del editorial decía: "BIOLOGÍA HUMANA POR REPRESENTACIÓN". El análisis del genoma del ratón, de acuerdo con los editores de *Nature*, había dado a conocer "unos 30 mil genes, de los cuales el 99 % tiene equivalentes directos en los seres humanos".

El parecido entre nuestros 30 mil genes humanos y los 30 mil equivalentes del ratón, explicó Futuyma, representa otra forma de homología, como el parecido entre una mano de cinco dedos y una pata de cinco dedos. Dicha homología genética es lo que le da significado a la investigación biomédica que utiliza ratones y otros animales, incluidos los chimpancés, que (para su mala suerte) son nuestros parientes vivientes más cercanos.

Ningún aspecto de la investigación biomédica parece más urgente hoy que el estudio de las enfermedades microbianas. Y la dinámica de estos microbios dentro del cuerpo humano sólo puede entenderse en términos de evolución.

Entre las terribles enfermedades causadas por microbios se encuentran las del tipo infeccioso (sida, ébola, síndrome respiratorio agudo grave) que se contagian directamente de persona a persona, así como las del tipo que nos transmiten las picaduras de insectos u otros intermediarios (malaria, fiebre del Nilo). Lo que hace que estos microbios sean tan peligrosos para tanta gente, así como tan difíciles y caros de combatir, es su capacidad para mutar rápidamente. Pasan de la vida salvaje o de los animales domésticos a los humanos, adaptándose a las nuevas circunstancias. Su variabilidad inherente les permite encontrar nuevas maneras de evadir y derrotar los sistemas inmunológicos humanos. Mediante la selección natural, adquieren resistencia a los medicamentos que deberían matarlos. Evolucionan. No hay prueba mejor o más inmediata que

tan increíblemente FANTÁSTICA Y TRASCENDENTAL, al gran conjunto de pruebas que la apoyan.

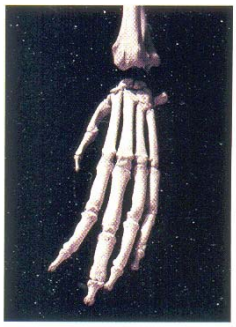
apoye la teoría de Darwin que este proceso de transformación forzada entre nuestros gérmenes hostiles.

Tómese como ejemplo la *Staphylococcus aureus*, bacteria común que merodea en hospitales y provoca infecciones graves, especialmente entre pacientes sometidos a cirugía. La penicilina, disponible desde 1943, resultó casi milagrosamente efectiva para combatir las infecciones por estafilococo. Su extenso uso marcó una nueva fase en la antigua guerra entre humanos y microbios productores de enfermedades, una fase en que los humanos inventan nuevos medicamentos asesinos y los microbios encuentran nuevas maneras para no ser asesinados. La potencia suprema de la penicilina no duró mucho: en 1947 se informó de las primeras cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes al antibiótico. En la década de 1960 comenzó a usarse otro fármaco para matar al estafilococo, la meticilina, pero pronto aparecieron cepas resistentes y hacia la década de 1980 dichas cepas ya se habían diseminado. La vancomicina fue la siguiente gran arma contra el estafilococo, pero las primeras cepas resistentes a ésta surgieron en 2002. Estas cepas resistentes a los antibióticos representan una serie evolutiva, no muy diferente en principio a la serie de fósiles que determina la evolución del caballo desde el *Hyracotherium* hasta el *Equus*; convierten la evolución en un problema muy práctico al agregar gastos, así como desgracias y peligros, al reto de hacer frente al estafilococo.

"Los antibióticos ejercen una poderosa fuerza evolutiva –escribió el año pasado el biólogo Stephen Palumbi–, lo que obliga a las bacterias infecciosas a desarrollar defensas poderosas contra todos los medicamentos, menos los inventados recientemente." Según lo refleja su ADN, que utiliza el mismo código genético encontrado en humanos, caballos, lampreas y madreselvas, las bacterias son parte de la cadena de la vida; todos ellos configurados y diversificados por las fuerzas evolutivas.

Incluso los virus pertenecen a esta cadena. Algunos virus evolucionan rápidamente, otros lentamente. Entre los más rápidos está el VIH, porque su método para replicarse implica un alto grado de mutación, y esas mutaciones permiten que el virus adopte formas nuevas. Luego de unos cuantos años de infección y tratamiento con fármacos, cada paciente con VIH porta una versión única del virus. El aislamiento dentro de la persona infectada, además de las condiciones diversas y de la lucha por sobrevivir, obliga a cada versión del VIH a evolucionar de manera independiente.

El conocimiento de la rapidez con la que el VIH adquiere resistencia a los medicamentos antivirales, como el AZT, ha sido fundamental para mejorar el tratamiento por medio de cócteles con varios medicamentos. En palabras de Palumbi: "Este enfoque ha disminuido mucho las muertes debido al VIH desde 1996 y ha desacelerado grandemente la evolución de esta enfermedad dentro de los pacientes". *(Continúa en la p. 30)*



Las semejanzas en la anatomía implican orígenes comunes. El orangután (der.) tiene brazos largos, pero el par de huesos de su antebrazo se parecen al radio y el cúbito de los humanos. La mano del orangután (abajo, izq.) es tan parecida a la nuestra (abajo, der.) que puede caber en un guante de beisbolista.

FOTOGRAFIADOS EN NATIONAL MUSEUM OF NATURAL HISTORY, SMITHSONIAN INSTITUTION (MANO HUMANA) Y EN OXFORD UNIVERSITY MUSEUM OF NATURAL HISTORY

Los escépticos de la teoría evolucionist EN ACCIÓN? ¿Puede observarse en la vida salvaje

(Viene de la p. 21) Los insectos y la mala hierba adquieren resistencia a nuestros insecticidas y herbicidas mediante un proceso similar. Mientras los humanos tratamos de envenenarlos, la evolución por selección natural transforma la población de un mosquito o de un cardo en un nuevo tipo de criatura, menos vulnerables a ese veneno en particular. Así pues, inventamos otro veneno, y luego otro. Es un esfuerzo inútil. Incluso el DDT, con sus efectos violentos y duraderos en todos los ecosistemas, produjo moscas caseras resistentes tras una década de su descubrimiento en 1939. Para 1990, más de 500 especies (incluidos 114 tipos de mosquitos) habían adquirido resistencia cuando menos a un pesticida. Con base en esos resultados no deseados, Stephen Palumbi ha comentado con pena: "Puede ser que los humanos sean la fuerza evolutiva dominante en el mundo".

En casi todas las criaturas vivientes, la evolución procede lentamente, tanto que no puede ser observada por un solo científico en una vida dedicada a la investigación. Pero la ciencia funciona por inferencia, no sólo por observación directa, y los tipos inferenciales de evidencias, como la paleontología y la biogeografía, no son menos convincentes tan sólo por ser indirectas. Sin embargo, los escépticos de la teoría evolutiva se preguntan: ¿Podemos ver la evolución en acción? ¿Puede observarse en la vida salvaje? ¿Puede medirse en el laboratorio?

La respuesta es sí. Peter y Rosemary Grant, dos científicos británicos que han pasado décadas donde Darwin pasó semanas, han podido testificar la evolución gracias a sus estudios a largo plazo sobre el tamaño del pico de los pinzones de las Galápagos. William R. Rice y George W. Salt lograron algo parecido en su laboratorio, mediante un experimento que involucra 35 generaciones de moscas de la fruta, *Drosophila melanogaster*. Richard E. Lenski y sus colegas de la Universidad Estatal de Michigan también lo han logrado, al rastrear 20 mil generaciones de evolución en la bacteria *Escherichia coli*. Estos estudios de campo y experimentos de laboratorio documentan la anagénesis, es decir, un cambio evolutivo lento dentro de un solo linaje sin divisiones. Éste puede verse con paciencia, como el movimiento del minutero de un reloj.

La especiación –cuando un linaje se divide en dos especies– es la otra fase importante del cambio evolutivo, que hace posible la divergencia entre linajes de la que escribió Darwin. Es incluso más rara y escurridiza que la anagénesis. Deben acumularse muchas mutaciones individuales (en la mayoría de los casos, no obstante con ciertas excepciones entre las plantas) antes de que dos poblaciones se separen irrevocablemente. El proceso se extiende por miles de generaciones, aunque puede finalizar de manera abrupta cuando ocurren los últimos cambios vitales. Por lo tanto, es más difícil de presenciar. Pese a las dificultades, Rice y Salt parecen haber registrado un suceso de especiación, o algo muy parecido, en su prolongado estudio sobre las moscas de la fruta. De un pequeño grupo de hembras preñadas, con el tiempo produjeron dos poblaciones diferentes de moscas adaptadas a distintas condiciones de hábitat, a las que los investigadores consideraron "especies incipientes".

Luego de visitar a Douglas Futuyma, pasé dos horas en el museo de la universidad con Philip D. Gingerich, un paleontólogo muy conocido por su trabajo sobre la ascendencia de las ballenas. Mientras hablábamos, Gingerich me guió por una exhibición de cetáceos antiguos. Entre extrañas formas de esqueletos que parecían casi quiméricas (algunos colgando del techo, otros en cajas de vidrio), señaló los rasgos significativos y describió el progreso del pensamiento sobre la evolución de las ballenas. Gingerich combina la pasión intelectual y la sólida experiencia con otro rasgo que es valioso en un científico: una disposición a admitir cuando se ha equivocado.

Desde fines de la década de 1970, Gingerich ha recolectado especímenes fósiles de las primeras ballenas en excavaciones remotas en Egipto y Pakistán. Trabajando con colegas paquistaníes, descubrió el *Pakicetus*, un mamífero terrestre que data de hace 50 millones de

se preguntan: ¿PODEMOS VER LA EVOLUCIÓN ¿Puede medirse en el laboratorio? La respuesta es sí.

años, cuyos huesos del oído demuestran que perteneció al linaje de las ballenas, pero cuyo cráneo se parece al de un perro. Un antiguo estudiante de Gingerich, Hans Thewissen, encontró una forma un poco más reciente con patas palmeadas, piernas adecuadas para caminar o nadar y un largo hocico dentado. Thewissen lo llamó *Ambulocetus natans*, "la ballena que camina y nada". Gingerich y su equipo encontraron más, incluido el *Rodhocetus balochistanensis*, que era una criatura totalmente marina, con las patas más parecidas a aletas y con las fosas nasales desplazadas hacia atrás en el hocico, a medio camino de la posición del espiráculo en una ballena actual. La secuencia de formas conocidas se fue volviendo cada vez más y más completa. Y durante ese tiempo, me comentó Gingerich, se inclinó a creer que las ballenas habían descendido de un grupo de mamíferos carnívoros del Eoceno conocidos como mesoníquidos, con dientes en los pómulos útiles para masticar carne y hueso. Unas pocas pruebas más, pensaba, confirmarían esa relación. Para fines de la década de 1990, la mayoría de los paleontólogos coincidía.

Mientras tanto, los biólogos moleculares habían explorado el mismo asunto y habían llegado a una conclusión diferente. No, el parecido a esos carnívoros del Eoceno podría ser muy grande, pero no lo suficiente. La hibridación del ADN y otras pruebas sugirieron que las ballenas habían descendido de los artiodáctilos (es decir, herbívoros de pezuñas pares, como los antílopes y los hipopótamos), no de los mesoníquidos carnívoros.

En el año 2000, Gingerich escogió un nuevo sitio de excavación en Pakistán, donde uno de sus estudiantes encontró un solo fragmento de fósil que transformó las ideas prevalecientes en la paleontología. Era la mitad de un hueso de tobillo en forma de polea conocido como astrágalo, que pertenecía a una especie nueva de ballena. Un colega paquistaní halló la otra mitad del fragmento. Cuando Gingerich unió las dos piezas, experimentó un momento de humilde reconocimiento: los biólogos moleculares tenían razón. Ahí estaba el hueso del tobillo de una ballena de cuatro patas que tenía 47 millones de años de antigüedad, el cual se parecía mucho al hueso del tobillo de un artiodáctilo. De repente se percató de cuán estrechamente relacionadas están las ballenas con los antílopes.

Así es como se supone que debe funcionar la ciencia. Las ideas van y vienen, pero sólo la más apta sobrevive. En su oficina, Phil Gingerich abrió un cajón de especímenes y me mostró algunos de los fósiles originales a partir de los cuales moldearon los esqueletos que estaban en la exposición. Me colocó en la mano un pequeño pedazo de hueso petrificado, no más grande que una nuez. Era el famoso astrágalo de la especie que posteriormente él llamó *Artiocetus clavis*. Se sentía sólido y pesado como la verdad.

Cuando me acompañó a la puerta, Gingerich me comentó algo personal: "Crecí en una comunidad religiosa conservadora y no se me enseñó nada sobre la evolución. El tema se evitaba a todas luces. Eso me ayuda a comprender a las personas que se mantienen escépticas al respecto, porque yo mismo provengo de esa tradición". De hecho, él comparte ese mismo instinto escéptico. Si se le dice que hay una conexión ancestral entre los animales terrestres y las ballenas, su respuesta será: Bueno, tal vez, pero muéstrenme las etapas intermedias. Al igual que Charles Darwin, alguna vez estudiante de teología que se embarcara en un viaje alrededor del mundo a bordo del *Beagle* en lugar de volverse párroco de pueblo, y cuya gran visión de la vida en la Tierra estuvo moldeada por una detallada atención a las minucias, Phil Gingerich es un empírico reverente. No está satisfecho hasta que cuenta con datos sólidos. Eso es lo que lo emociona tanto al desenterrar fósiles de ballena. En 30 años ha visto suficiente para estar satisfecho. Para él, afirma Gingerich, es "una experiencia espiritual".

"Las pruebas están ahí –agregó–. Están enterradas en las rocas ancestrales."

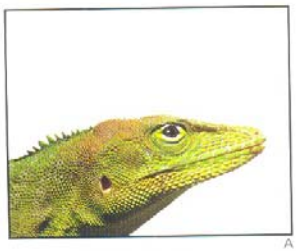
¿CÓMO SE ILUSTRA LA EVOLUCIÓN? Vea más imágenes relacionadas con el concepto de la evolución de las especies, en **nationalgeographic.com/espanol**.

ESLABONES PERDIDOS ENCONTRADOS

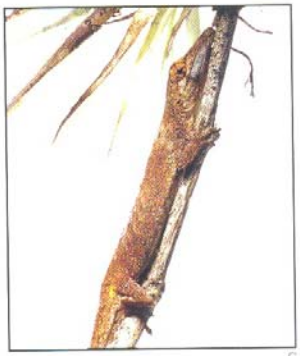
Evidencia fósil

En una excavación en Egipto, varios paleontólogos, entre ellos Philip Gingerich, hallaron el esqueleto casi completo de una criatura parecida a una ballena ahora llamada *Dorudon* (réplica, p. op.) que data de hace 40 millones de años y tenía una pelvis separada cerca de la punta de la cola, así como pequeñas patas atrofiadas. Al igual que la mano humana, la pata frontal de una ballena antigua (arriba, der.) conserva una estructura ósea de cinco dedos; la pata trasera vestigial (arriba, izq.) ha perdido varios huesos de los dedos, pero su existencia misma testifica que la ballena desciende de un antepasado de cuatro patas. El registro de los fósiles es como una película sobre la evolución de la cual se han perdido 999 de cada mil cuadros en el cuarto de edición. Sin embargo, Gingerich y otros han hallado docenas de formas intermedias.

FOTOGRAFIADOS EN EXHIBIT MUSEUM OF NATURAL HISTORY, UNIVERSITY OF MICHIGAN, ANN ARBOR (*DORUDON*) Y EN UNIVERSITY OF MICHIGAN


A

B


C

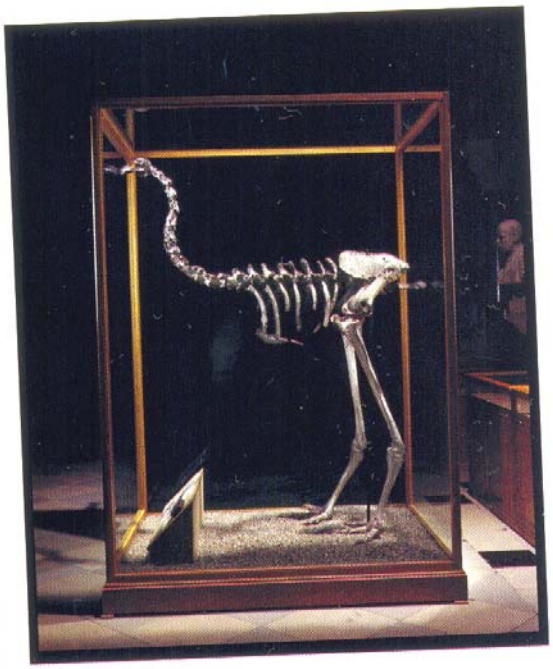
D

E

F

Evolución convergente

Con sus patas cortas ideales para asirse a ramas angostas, la lagartija pigmea jamaiquina (B) se parece muchísimo a la puertorriqueña (C) y a la de La Española (D). Sin embargo, estudios de ADN realizados por Jonathan Losos y sus colegas revelan una realidad más profunda: dichas adaptaciones han evolucionado independientemente en las islas separadas. La lagartija pigmea jamaiquina está más cercanamente relacionada con otros anolis de Jamaica –como la lagartija gigante jamaiquina (A)– que con especies pigmeas de anolis de otras islas. Los anolis especializados nativos de La Española (E y F) y de Jamaica (p. op.) tampoco están muy relacionados con variedades paralelas en otras islas. La lección: si bien las variaciones ocurren al azar, las circunstancias ecológicas similares a veces producen adaptaciones increíblemente parecidas.



Pistas anatómicas

En la selva de Argentina, Darwin vio dos especies de grandes aves que no vuelan, una de ellas (arriba, der.) llamada ñandú de Darwin en su honor. ¿Por qué albergaba Suramérica esas formas parecidas, y no avestruces como en África, o tal vez moas (arriba, izq.) como en Nueva Zelanda? Dichos patrones agrupados de lo que él llamó especies "íntimamente afines" sugieren una evolución local a partir de ancestros comunes. Dos hormigas trabajadoras primitivas, conservadas en ámbar del periodo cretácico (p. op.) ofrecen pistas anatómicas como las antenas parecidas a las de las avispas y una cintura ancha, que revelan su estado transitorio entre las avispas antiguas y las hormigas actuales. La biogeografía y el registro de los fósiles (en ámbar o piedra) son tan importantes para los biólogos actuales como lo fueron para Darwin.

FOTOGRAFIADOS EN OXFORD UNIVERSITY MUSEUM OF NATURAL HISTORY; VOAL EN LUDSTHEELT VERTZ LIBRARY, NEW YORK BOTANICAL GARDEN; NANDÚ DE DARWIN, Y EN AMERICAN MUSEUM OF NATURAL HISTORY, NUEVA YORK (ÁMBAR)

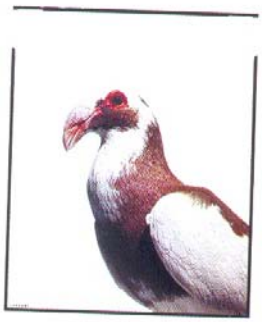
COEVOLUCIÓN

La visión de Darwin

Las orquídeas, maravillosamente adaptadas para controlar su polinización mediante los insectos, fascinaban a Darwin. Las partes de sus flores extrañamente modificadas, según notó, corresponden a las partes de la flor en plantas más sencillas, lo que sugería un cambio evolutivo.

Una especie que atrapó su atención fue la orquídea de Madagascar, *Angraecum sesquipedale* (recuadro), con su receptáculo de néctar de 28 cm. Predijo que en algún lugar de Madagascar, que nunca visitó, debía vivir una polilla con una probóscide de 28 cm de largo, adaptada para cosechar el néctar de la orquídea. Cuarenta años después, dos entomólogos dieron a conocer la polilla esfinge de Morgan, *Xanthopan morgani praedicta*, confirmando el pronóstico de Darwin. Dicha adaptación mutua es llamada coevolución.

FOTOGRAFIADO EN NEW YORK BOTANICAL GARDEN (ORQUÍDEA) Y EN NATURAL HISTORY MUSEUM, LONDRES (POLILLA)



Selección doméstica

El buldog (p. op.), formado por muchas generaciones de criadores de perros para atacar toros amarrados y, después, como mascota, difiere mucho de sus progenitores lobunos. Si la cría doméstica pudo producir ese cambio, se percató Darwin, la selección natural a lo largo de millones de años podría hacer más. Afirmó que las especies salvajes divergían de los ancestros comunes así como lo hacen las variedades domésticas. Usando su propio aviario e información de otros criadores, analizó las diferencias entre las palomas ornamentales como (arriba, en el sentido de las manecillas del reloj) el pichón inglés, el escandarón y la monja. También estudió gatos, caballos, cerdos, conejos, patos y otros animales domésticos, vivos y muertos. A un amigo le escribió: "Tengo cachorros de buldog y de galgo en salmuera".

Selección natural

Darwin tomó una idea crucial de Thomas Malthus y su teoría demográfica: nacen más individuos de los que pueden sobrevivir y reproducirse, dadas las limitaciones de alimento y espacio. Malthus escribió sobre la sociedad humana, pero Darwin lo aplicó a todas las especies. El exceso de progenie, como entre los alevines de salmón (p. op.), crea una competencia en la que los individuos mejor adaptados tienen éxito. El fracaso significa morir sin descendencia; o, para el waptia, un peculiar crustáceo conocido sólo a partir del esquisto cámbrico (arriba, izq.), la extinción sin especies que lo sucedan. Las plantas insectívoras como la Venus atrapamoscas (arriba, der.) ocupan suelos pobres en nutrientes, donde la competencia es menos severa y sobreviven complementando su dieta con los insectos que capturan.

FOTOGRAFIADO EN NATIONAL MUSEUM OF NATURAL HISTORY, SMITHSONIAN INSTITUTION (FÓSIL); EN ROYAL BOTANIC GARDENS, KEW (VENUS ATRAPAMOSCAS) Y EN ATLANTIC SALMON FEDERATION AQUATIC CENTRE FOR RESEARCH AND EDUCATION, TERRANOVA (ALEVINES)