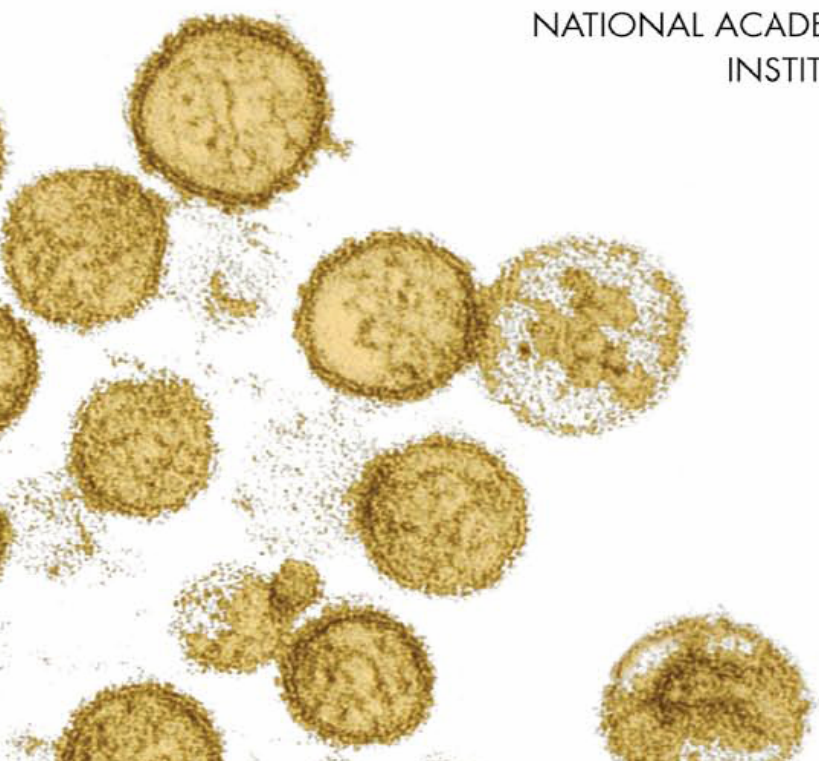




CIENCIA, EVOLUCION, Y CREACIONISMO

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF MEDICINE



¿Por qué es importante la Evolución?

El descubrimiento y comprensión de los procesos de la evolución es uno de los logros más importantes de la historia de la ciencia. La evolución explica satisfactoriamente la diversidad de la vida en la Tierra, y ha sido corroborada repetidamente por medio de la observación y la experimentación en un amplio espectro de disciplinas científicas.

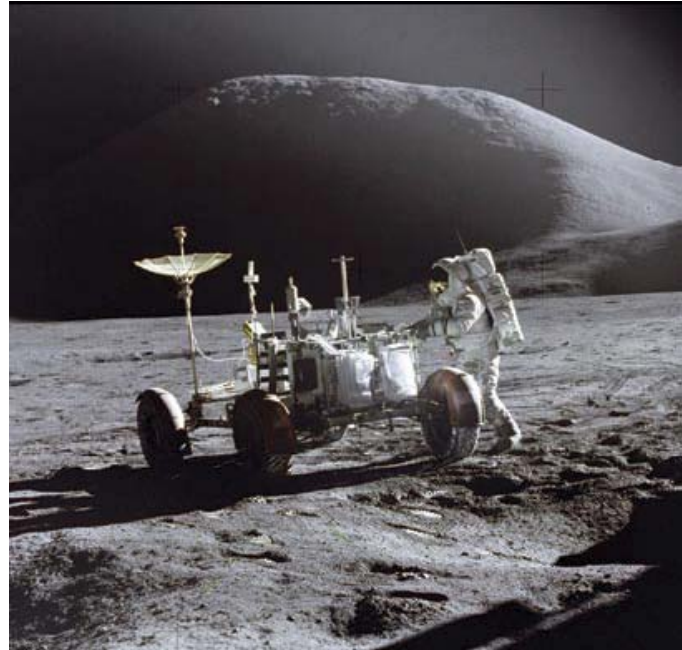
La ciencia evolutiva sienta las bases de la biología contemporánea, ha abierto las puertas a formas completamente nuevas de investigación ambiental, agrícola y médica, y ha conducido al desarrollo de técnicas que pueden ayudar a prevenir y combatir enfermedades. Lamentablemente, los intentos de introducir conceptos no científicos sobre la evolución en las aulas está menoscabando la eficacia de la enseñanza de la ciencia en las escuelas.

Cómo funciona la Ciencia

El estudio de la evolución proporciona un ejemplo excelente de cómo trabajan los científicos. Observan la naturaleza y formulan preguntas que ponen a prueba el mundo natural, evalúan esas preguntas mediante experimentos y nuevas observaciones, y elaboran explicaciones sobre la evolución basadas en las pruebas obtenidas.

A medida que reúnen más resultados y conclusiones, los científicos van refinando sus ideas y las explicaciones se modifican o, a veces, se rechazan cuando salen a la luz pruebas contradictorias concluyentes. No obstante, algunas explicaciones científicas están tan establecidas que es poco probable que sean modificadas por nuevas pruebas. Es entonces cuando la explicación se convierte en una teoría científica. En el lenguaje común, teoría significa suposición o especulación, pero en la ciencia no. En ciencia la palabra teoría se refiere a una explicación completa de una característica importante de la naturaleza y se basa en multitud de hechos reunidos a lo largo del tiempo. Las teorías también permiten a los científicos hacer predicciones sobre fenómenos que todavía no se han observado.

La teoría de la gravedad es un buen ejemplo. Tras cientos de años de observación y experimentación, los hechos fundamentales de la gravedad son bien conocidos. La teoría de la gravedad es una explicación de estos hechos y los científicos utilizan esta teoría para hacer predicciones sobre cómo actuará la gravedad en circunstancias diferentes. Estas predicciones se han comprobado en infinidad de experimentos, lo que ha confirmado aún más la teoría. La evolución se basa en unos fundamentos igual de sólidos de observación, experimentación y confirmación de las pruebas.



La teoría de la evolución ha sido probada y confirmada

Todos sabemos por experiencia propia que los caracteres biológicos pasan de padres a hijos; ésta es la base de la evolución. A veces, los caracteres cambian entre generaciones. Si un carácter nuevo tiene como resultado una mejora para los descendientes en su ambiente natural y hace que produzcan más descendencia que hereda el carácter, ese carácter llegará a estar ampliamente distribuido con el tiempo. Si el nuevo carácter hace que los descendientes tengan una menor capacidad para sobrevivir y, por lo tanto, dejen menos descendencia, el carácter tenderá a desaparecer. La selección natural es el proceso por el cual algunos caracteres tienen éxito y otros fracasan en el ambiente donde vive el organismo. Por cada forma de vida que vemos hoy en día hubo muchas otras que no tuvieron éxito y se extinguieron.

Los científicos ya no ponen en duda las bases del proceso evolutivo. El concepto ha resistido el análisis exhaustivo de decenas de miles de especialistas en biología, medicina, antropología, geología, química y otros campos. Los descubrimientos en los diferentes campos se han reafirmado unos a otros y las pruebas de la evolución se han seguido acumulando durante 150 años.



Un esqueleto casi completo de un fósil de transición similar a un ave fue descubierto en China y dado a conocer en 2006.

El registro fósil El concepto de evolución está apoyado por los hallazgos fósiles en capas de roca de diferentes edades de la historia de la Tierra. En general, los fósiles más similares a las formas de vida actuales se encuentran en las capas de roca más jóvenes, mientras que muchos fósiles que sólo se parecen remotamente a la vida en la actualidad se dan en las capas más antiguas. Basándose en estos hallazgos, los naturalistas propusieron que las especies cambian, o evolucionan, con el tiempo y la selección natural se ha identificado como la fuerza conductora detrás de estos cambios. Desde entonces, los científicos han encontrado una cantidad abrumadora de fósiles en capas de roca de edades diferentes que han confirmado reiteradamente las modificaciones en las formas de vida que predice la teoría de la evolución.

La investigación del ADN La biología molecular y la genética han revelado cómo funciona la evolución a nivel molecular. Aún desconocida cuando la evolución y la selección natural se propusieron por primera vez en 1859, la genética ha mostrado que los caracteres se transmiten de padres a hijos mediante el ADN, una molécula que se encuentra en todos los seres vivos y que dirige la manera en que las células crecen y se reproducen. Los estudios sobre el ADN apoyan las conclusiones de otras ramas de la ciencia. Por ejemplo, se ha visto que las especies que parecen tener una relación más lejana por sus posiciones en el registro fósil tienen en proporción mayores diferencias en su ADN que las especies que aparecen relacionadas más estrechamente en el registro fósil.

gorila	
humano	GTGCCCATCCAAAAAGTCCAAGATGACACCAAAACCCTCATCAAGACAATTGTCACCAGG
chimpancé	GTGCCCATCCAAAAAGTCCAGGATGACACCAAAACCCTCATCAAGACAATTGTCACCAGG

humano	ATCAATGACATTTACACACGCAGTCAGTCTCCTCCAAACAGAAAGTCACCGGTTTGGAC
chimpancé	ATCAATGACATTTACACACGCAGTCAGTCTCCTCCAAACAGAAAGGTCACCGGTTTGGAC
gorila	ATCAATGACATTTACACACGCAGTCAGTCTCCTCCAAACAGAAAGGTCACCGGTTTGGAC

gorila	
humano	TTCATTCTGGGCTCCACCCATCTGACCTTATCCAAGATGGACCAGACACTGGCAGTC
chimpancé	TTCATTCTGGGCTCCACCCATCTGACCTTATCCAAGATGGACCAGACACTGGCAGTC

humano	TACCAACAGATCCTCACCAGTATGCCTTCCAGAAACCTGATCCAAATATCCAACGACCTG
chimpancé	TACCAACAGATCCTCACCAGTATGCCTTCCAGAAACATGATCCAAATATCCAACGACCTG
gorila	TACCAACAGATCCTCACCAGTATGCCTTCCAGAAACCTGATCCAAATATCCAACGACCTG

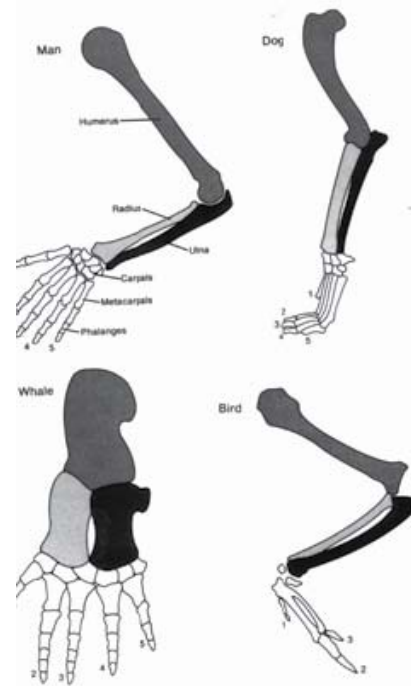
humano	GAGAACCTCCGGGATCTTCTTCAGGTGCTGGCCTTCTCTAAGAGCTGCCACTTGCCCTGG
chimpancé	GAGAACCTCCGGGACCTTCTTCAGGTGCTGGCCTTCTCTAAGAGCTGCCACTTGCCCTGG
gorila	GAGAACCTCCGGGATCTTCTTCAGGTGCTGGCCTTCTCTAAGAGCTGCCACTTGCCCTGG

La comparación entre las secuencias de ADN del ser humano y el chimpancé en el gen que codifica la hormona leptina (que está relacionada con el metabolismo de las grasas) revela sólo cinco diferencias en 250 nucleótidos. Donde las secuencias del ser humano y el chimpancé difieren se puede usar el nucleótido correspondiente del gorila (columnas sombreadas) para obtener el nucleótido que probablemente existía en el ancestro común de las personas, los chimpancés y los gorilas. En dos casos se corresponden los nucleótidos humanos y los del gorila, mientras que, en los otros tres, las secuencias del gorila y el chimpancé son idénticas. Es muy probable que el ancestro común del gorila, el chimpancé y el ser humano tuviera el nucleótido que coincide en dos de los tres organismos actuales, ya que esto habría requerido sólo un cambio en el ADN en vez de dos.

Ascendencia común Existen comportamientos y estructuras comunes entre muchas especies. Un humano escribe, una vaca anda, una ballena nada y un murciélago vuela con estructuras hechas de huesos que son diferentes en detalle, pero también increíblemente parecidos entre sí.

Cuando se comparan los fósiles en estructura y edad, se hace evidente que una especie ancestral dio lugar a toda una serie de especies sucesoras con la misma disposición básica de los huesos de las extremidades. Se ha demostrado que las líneas evolutivas de dos especies actuales cualquiera se pueden reconstruir hacia atrás en el tiempo hasta que se unen en un ancestro común.

El registro fósil, las investigaciones sobre el ADN, las pruebas de que las especies tienen ancestros comunes y otros hallazgos constituyen una evidencia abrumadora de que la evolución por selección natural es el mecanismo por el cual surgió y se diversificó la vida en la Tierra.



Los huesos de los miembros anteriores de los vertebrados terrestres y de algunos vertebrados acuáticos son notablemente parecidos porque han evolucionado a partir de los miembros anteriores de un ancestro común.



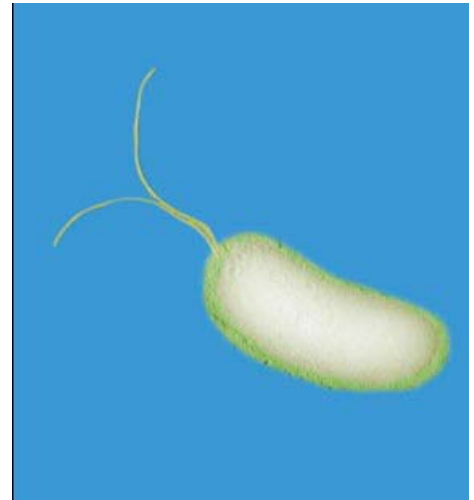
La naturaleza impone una dirección al desarrollo evolutivo. Aunque los delfines (izquierda) están relacionados más directamente con los humanos que con los tiburones, sus cuerpos han evolucionado para adaptarse a un ambiente acuático.

El lugar del creacionismo no es la clase de ciencias

Hay gente que sostiene que la diversidad de la vida no evolucionó mediante procesos naturales y aboga por que la creación se añada al programa escolar de ciencias junto a la evolución biológica. Pero el creacionismo no es una ciencia. Los argumentos creacionistas se basan en la existencia de un ser de fuera del mundo natural, mientras que la ciencia sólo puede investigar fenómenos que ocurren en la naturaleza. De hecho, las muchas preguntas sobre la evolución que plantean los creacionistas se responden fácilmente con las pruebas científicas disponibles y las que se siguen reuniendo. Por ejemplo:

- Los creacionistas sostienen que la teoría de la evolución es defectuosa porque hay lagunas en el registro fósil (los creacionistas identifican como lagunas los casos en los que todavía no se han descubierto formas fósiles intermedias entre dos especies relacionadas); no obstante, se han encontrado y se siguen encontrando cada vez más formas intermedias. Incluso sin fósiles reales en la mano, los científicos pueden usar técnicas modernas de biología molecular y genética, junto con los principios de la evolución, para inferir qué formas de vida existieron y predecir qué clases de fósiles es probable que se encuentren y dónde.

Algunos creacionistas reivindican que ciertas características de los seres vivos son demasiado complejas para haber evolucionado mediante procesos naturales. Afirman que estructuras tales como el flagelo de una bacteria (estructura de aspecto similar a un pelo que proporciona capacidad de movimiento a la bacteria), el ojo humano o el sistema inmunitario son «complejas de una manera irreducible» y tienen que haber sido creadas completas por un «diseñador inteligente»; pero los biólogos han descubierto que los componentes del flagelo tienen sus propias funciones individuales y también han encontrado formas intermedias de flagelos. Ambos hallazgos apoyan la idea de que el flagelo evolucionó a partir de estructuras que existían ya. Además, el argumento creacionista de que tales características «tienen» que haber sido diseñadas se basa en su idea preconcebida de un Creador, mientras que la postura científica se basa en hechos observables y explicaciones falseables, es decir, explicaciones capaces de someterse a todas las pruebas que pretendan demostrar su falsedad.



Microfotografía electrónica de un flagelo bacteriano.

- Algunos creacionistas sostienen, basándose en la Sagrada Escritura, que la Tierra no puede ser lo bastante antigua para que la diversidad de la vida haya surgido mediante evolución. Sin embargo, las medidas procedentes de la geología, la astronomía y otras disciplinas han confirmado en repetidas ocasiones la antigüedad de la Tierra (aproximadamente 4 500 millones de años).

Las creencias creacionistas no deberían presentarse en las clases de ciencias junto a la enseñanza sobre evolución, ya que la ciencia no tiene forma de aceptar o refutar las afirmaciones creacionistas. La enseñanza de conceptos no científicos en las clases de ciencias únicamente confundirá a los estudiantes sobre los procesos, la naturaleza y los límites de la ciencia.

La ciencia y la religión proponen diferentes maneras de comprender el mundo

La ciencia y la religión tratan aspectos diferentes de la experiencia humana. Muchos científicos han escrito elocuentemente sobre cómo sus estudios científicos sobre la evolución biológica han aumentado, en vez de disminuir, su fe, y muchas personas creyentes y confesiones aceptan la evidencia científica de la evolución.

Al sistema educativo y a la sociedad en conjunto le es más útil que en las clases de ciencias se enseñe ciencia y no religión.



LA EVOLUCIÓN EN ACCIÓN

El desafío de la medicina: la lucha contra cepas resistentes de bacterias patógenas

A finales de 2002, varios cientos de personas en china contrajeron una forma grave de neumonía causada por un agente infeccioso desconocido. La enfermedad, que se llamó «síndrome respiratorio agudo grave», o SARS, se extendió pronto a Vietnam, Hong Kong y Canadá, y causó cientos de muertes. En marzo de 2003, un equipo de investigadores de la Universidad de California, en San Francisco, recibió muestras de un virus aislado de los tejidos de un enfermo de SARS. Usando una nueva técnica conocida como microsatélites de ADN, los investigadores compararon el material genético del virus desconocido con el de virus conocidos y en 24 horas asignaron el virus a una familia concreta basándose en su relación evolutiva con otros virus: un resultado que fue confirmado por otros investigadores usando técnicas diferentes. Inmediatamente, se empezó a trabajar en un análisis de sangre para identificar a las personas portadoras de la enfermedad (para ponerlas en cuarentena); en tratamientos para la enfermedad y en vacunas para prevenir la infección por el virus.



La comprensión de los orígenes evolutivos de los patógenos humanos irá creciendo en importancia a medida que surjan amenazas nuevas para la salud; por ejemplo, muchas personas han padecido problemas de salud graves a medida que las bacterias han ido desarrollando resistencias a los antibióticos. Cuando una bacteria experimenta un cambio genético que aumenta su capacidad para resistir los efectos de un antibiótico, esa bacteria puede sobrevivir y producir más copias de sí misma, mientras las bacterias no resistentes mueren. Las bacterias que causan la tuberculosis, la meningitis, las infecciones por estafilococos (septicemias), las enfermedades de transmisión sexual y otras enfermedades, han desarrollado resistencia a un número cada vez mayor de antibióticos y se han convertido en problemas graves en todo el mundo.

El conocimiento de cómo la evolución conduce a un aumento de la resistencia será crucial para controlar la proliferación de las enfermedades infecciosas.

EL TIKTAALIK

Análisis de un ejemplo de predicción científica

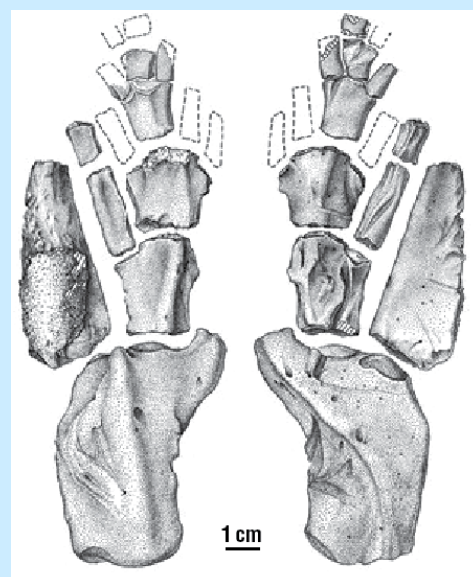
Utilizando los principios de la evolución, los científicos han podido predecir qué fósiles podrían ser descubiertos. Por ejemplo, los científicos habían encontrado fósiles de peces que vivieron en aguas poco profundas la antigüedad y fósiles de tetrápodos terrestres que aparecieron después. ¿Qué sucedió en el intermedio?

La teoría evolutiva predice que habría una o más criaturas con características tanto del pez ancestral como de los animales terrestres posteriores. Un equipo de científicos decidió buscar en roca sedimentaria del norte de Canadá que se depositó hace unos 375 millones de años, más o menos en el tiempo en que, basándose en otras pruebas del registro fósil, se pensaba que habían vivido estas especies intermedias.

En 2004, el equipo encontró lo que había predicho: el fósil de una criatura con características de los peces (escamas y aletas) y características de los habitantes de la tierra (pulmones primitivos, cuello flexible y aletas modificadas para soportar su peso). Los huesos de las extremidades de este fósil, llamado *Tiktaalik*, se asemejan a los huesos de las extremidades de los animales terrestres actuales.

Mediante la comprensión de la evolución, los científicos fueron capaces de predecir qué tipo de criatura existió y en qué estrato geológico se encontraría. El descubrimiento del *Tiktaalik* llena otra laguna del registro fósil.

Los paleontólogos exploraron ese valle remoto en el centro norte de Canadá en busca de una especie intermedia entre los peces y los animales con extremidades capaces de vivir en tierra porque sabían que las rocas sedimentarias de ese lugar se depositaron durante el periodo en que había tenido lugar la transición.



Las aletas, derecha e izquierda, del Tiktaalik tenían un único hueso superior (el hueso grande de la parte inferior de las ilustraciones) seguido de dos huesos intermedios, lo que hacía que la criatura tuviera codo y muñeca como organismos más recientes.



El Tiktaalik y otros fósiles intermedios entre peces y tetrápodos. Estos fósiles representan una selección de especies que vivieron entre hace 385 y 359 millones de años, periodo que abarca la evolución de los peces a los anfibios.

El contenido de este folleto informativo lo ha traducido Cristina Fernández López y lo ha adaptado la SESBE de la versión completa de 88 páginas de *Science, Evolution, and Creationism* (2008) producida por un comité de la National Academy of Sciences y el Institute of Medicine. Este folleto y el informe completo en el que se basa están disponibles para su descarga en formato pdf en http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11876.

COMISIÓN DE AUTORES

FRANCISCO J. AYALA, *Presidente*, University of California, Irvine*
BRUCE ALBERTS, University of California, San Francisco*
MAY R. BERENBAUM, University of Illinois, Urbana-Champaign*‡
BETTY CARVELLAS, Essex High School (Vermont)
MICHAEL T. CLEGG, University of California, Irvine*‡
G. BRENT DALRYMPLE, Oregon State University*
ROBERT M. HAZEN, Carnegie Institution of Washington
TOBY M. HORN, Carnegie Institution of Washington
NANCY A. MORAN, University of Arizona*
GILBERT S. OMENN, University of Michigan†
ROBERT T. PENNOCK, Michigan State University
PETER H. RAVEN, Missouri Botanical Garden*
BARBARA A. SCHAAL, Washington University in St. Louis*‡
NEIL deGRASSE TYSON, American Museum of Natural History
HOLLY WICHMAN, University of Idaho

* Miembro de la National Academy of Sciences

† Miembro del Institute of Medicine

‡ Miembro del Council of the National Academy of Sciences

La National Academy of Sciences es una sociedad privada, autosuficiente y sin ánimo de lucro. Para formar parte de ella se eligen distinguidos especialistas por sus logros en investigación y está dedicada al fomento de la ciencia y la tecnología, y de su uso para el bienestar general. En virtud de las funciones asignadas por el Congreso de los EUA en 1863, la Academy tiene autoridad para asesorar al gobierno federal en asuntos científicos y técnicos.

El Institute of Medicine fue establecido en 1970 por la National Academy of Sciences como una organización tanto honorífica como política. Sus miembros se eligen en función de sus logros profesionales y de su compromiso con el control riguroso de las materias políticas que conciernen la salud pública.