

Otro hombre destacado de la época fue Jean-Baptiste-Pierre-Antoine o más conocido como el Caballero de Lamarck. En uno de sus libros titulado *Filosofía zoológica*, publicado en 1809, Lamarck expone la primera teoría de la evolución. En ella proponía que el uso muy frecuente de una determinada parte u órgano generaba su crecimiento o cambio a favor de las necesidades del individuo, transmitiéndose estas características adquiridas durante la vida a su descendencia. Por lo tanto, las especies no eran constantes sino que variaban a lo largo del tiempo y así, evolucionaban. El caso más común para explicar esta teoría es el del largo cuello de las jirafas, su justificación en este caso era que dado que las jirafas estiraban su cuello para llegar a comer las hojas altas de los árboles, su cuello se iba estirando y este carácter se iba transmitiendo de padres a hijos. Con esta idea, Lamarck resaltaba que eran las condiciones de vida y los hábitos de los individuos los que, a lo largo del tiempo, daban origen a sus formas. Así, una fuerza interna al individuo producía que se dieran los cambios en forma y función de los órganos y partes dependiendo de sus necesidades en un determinado ambiente.

Hoy en día las ideas de Lamarck han quedado completamente de lado en el campo de la evolución e incluso han sido muy ridiculizadas. Algunos científicos se han dedicado a refutar esta teoría. Trabajaron con ratones de laboratorio a los cuales les cortaron sus colas durante varias generaciones, sin embargo la descendencia seguía teniendo cola por lo que concluyeron que una determinada característica adquirida durante la vida de los individuos (no tener cola) dado un determinado ambiente (un científico experimentando) era una característica que no podía ser heredada. Discutiremos más adelante, en otro capítulo, sobre la validez de estos experimentos, sin embargo, con ésta, entre otras muchas justificaciones, la teoría de Lamarck quedó obsoleta.

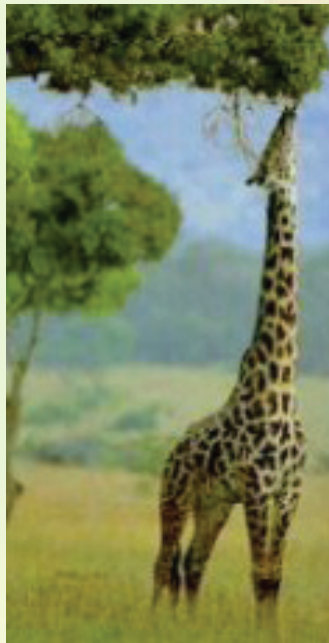
En el medio de estos debates sobre el creacionismo y la trasmutación de las especies, en 1831, el joven Charles Robert Darwin de apenas 22 años se embarcó como naturalista en el barco H.M.S. Beagle bajo el mando del capitán Robert Fitzroy. El objetivo de la

expedición era realizar un estudio topográfico de la Patagonia y la Tierra del Fuego en Argentina, el trazado de las costas de Chile, Perú y algunas islas del Pacífico y la realización de una cadena de medidas cronométricas alrededor del mundo. Finalmente, la expedición duró cinco años (1831-1836) en los que recorrieron las costas este y oeste de Sudamérica, las Islas Galápagos, Brasil, Nueva Zelanda, Australia, Cabo Verde, las costas cercanas a estas islas del continente africano y las Azores, entre otros varios lugares. Darwin llevó consigo el primer volumen de los *Principles of Geology* de Charles Lyell que leyó, detalladamente, quedando convencido de su enfoque sobre los cambios graduales de la Tierra a lo largo de su historia.



a. Retrato Jean Baptiste Lamarck (1744-1829)

b. Una jirafa estirando su cuello para obtener comida de los árboles. Este ejemplo es el más utilizado para comprender la idea de Lamarck sobre la herencia de los caracteres adquiridos.



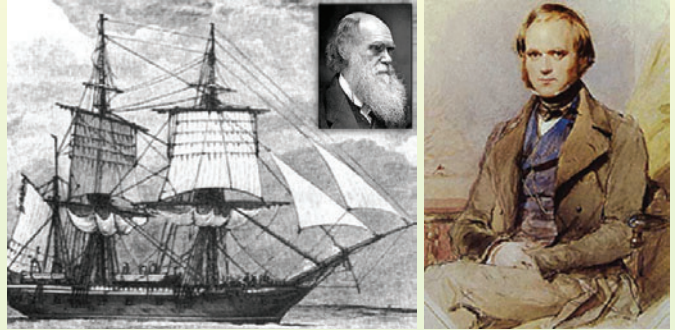
Otra teoría postulada en su época y que tuvo gran relevancia en las ideas de Darwin fue la teoría poblacional de Malthus que postulaba que la población crecía en forma geométrica mientras que los alimentos lo hacían en forma aritmética, con esto lo que proponía era que en un determinado momento, habría tantos seres humanos sobre el planeta que los recursos alimenticios no alcanzarían para todos. El límite de recursos alimenticios exponía la idea de una fuerza de selección, no toda la población iba a ser capaz de alimentarse. Así, entre las propuestas sobre la trasmutación de las especies, la mayor edad de la Tierra, la teoría de Lyell sobre los cambios graduales de la Tierra y la teoría poblacional de Malthus, Darwin estaba en el “momento justo” para tener la “mirada justa”. Sus observaciones a lo largo de este viaje le llevaron a desarrollar la Teoría de la Selección Natural que es, nada más ni nada menos, la base de la teoría evolutiva actual.

La distribución de los organismos en los diversos territorios que recorrió, fue una de las principales observaciones que lo llevaron a sus conclusiones. Lo que se dijo es que, si las diferencias e igualdades entre los organismos dependieran de las condiciones ambientales, entonces las regiones geográficas con climas y paisajes similares tendrían especies iguales mientras que éstas serían diversas si habitaran regiones con climas y geografías algo distintas y mucho más en regiones muy diferentes. Sin embargo, sus observaciones le sugirieron exactamente lo opuesto. Cuando Darwin comparó las especies encontradas en las regiones de América del sur, África y Australia que se encontraban entre los 25° y 30° grados de latitud, regiones completamente semejantes en todas sus condiciones, encontró que sus faunas (especies animales) y floras (especies vegetales) eran completamente distintas entre sí. Un ejemplo de esta observación podemos encontrarlo en su visita a las Islas Galápagos que se encuentran ubicadas en el Océano Pacífico, muy distantes de las costas de Ecuador en Sudamérica. Estas islas estaban habitadas (entre otras muchísimas especies de plantas y animales) por un grupo de pájaros, los pinzones, que eran extremadamente parecidos entre sí y a los observados en América. Ante esto, Darwin se preguntó,

¿por qué las especies que, supuestamente, habían sido creadas en el archipiélago de las Galápagos habrían de llevar semejanzas tan visibles con las de América?

Ni el clima, ni la naturaleza geológica de las islas, ni siquiera su altura respecto del mar eran similares a las condiciones de la costa de América del Sur. Incluso, estas islas se parecían muchísimo a las islas de Cabo Verde ubicadas cerca de las costas de África.

10a
10b
10c



a. El H.M.S. Beagle viajó durante cinco años bajo el mando del Capitán Fitz Roy.
b. Retrato de Charles Darwin (1809-1882)
c. Esquema del recorrido del H.M.S. Beagle.

Sin embargo, las especies encontradas en los dos grupos de islas diferían completamente mientras que las especies de las islas Galápagos eran sumamente parecidas a las del continente americano y las de Cabo Verde a las del continente africano.

¿Por qué Dios crearía especies tan parecidas en dos regiones geográficas tan distintas y especies tan distintas en regiones geográficas tan parecidas?

Estas evidencias iban completamente en contra de la creación independiente de las especies.

¿Qué le estaba indicando esta observación?

Parecía tener más sentido que las islas Galápagos estuvieran “en buenas condiciones” para recibir colonos de las costas de América y las islas de Cabo Verde para recibir colonos de las costas de África. A su vez, comparó, dentro de América del Sur, regiones que estaban separadas entre sí, por 10 grados de latitud y que estaban sometidas a condiciones considerablemente distintas y encontró que las especies estaban completamente relacionadas entre sí. Sobre esto Darwin agregaba la observación de que a medida que se viajaba, por ejemplo de norte a sur, encontraba que los grupos de organismos se iban reemplazando sucesivamente por otros distintos a ellos, pero claramente emparentados. Respecto a esto Darwin dice en su libro *El origen de las especies*:

“El naturalista oye cantos casi iguales de aves muy afines [al viajar, por ejemplo de norte a sur], aunque de especies diferentes; ve sus nidos contruidos de modo parecido, aunque no completamente igual, con huevos de casi la misma coloración (...) Vemos en estos hechos la existencia en las mismas regiones de mar y tierra de una profunda relación orgánica a través del espacio y tiempo, independientemente de las condiciones de vida. Indiferente ha de ser el naturalista que no se sienta movido a averiguar en qué consiste esta relación.”

(Darwin 1859)

Por supuesto, Darwin no era indiferente a las causas de estos hechos, los pensó, los analizó e hizo una propuesta. Siendo tan parecidos, los organismos podrían haber estado emparentados en algún momento y luego haberse diversificado en especies distintas. Los colonos de un determinado territorio estarían sujetos a modificaciones graduales favorecidas por los cambios graduales de las condiciones ambientales a lo largo del tiempo (basado principalmente en las ideas de Lyell) pero conservarían características distintivas que delatarían su lugar de origen.

¿Cuáles serían las bases que permitirían los cambios de los organismos a lo largo del tiempo?

¿De qué manera los cambios perdurarían en el tiempo?

¿Por qué algunas modificaciones se conservarían y no otras?


En base a sus cinco años de observaciones Darwin formuló la teoría de la selección natural que contestaba todas estas preguntas, en la cual argumentó que la diversificación de especies, a partir de una especie colonizadora, sería el resultado de la **lucha por la vida** que se genera ya que se producen más individuos que los que pueden sobrevivir:

“Debido a esta lucha, las variaciones, por ligeras que sean y cualquiera sea la causa de que proceden, si son en algún grado provechosas a los individuos de una especie en sus relaciones infinitamente complejas con otros seres orgánicos y con sus condiciones físicas de vida,

tenderán a la conservación de estos individuos y serán, en general, heredadas por la descendencia. La descendencia también tendrá así mayor probabilidad de sobrevivir; pues de los muchos individuos de una especie cualquiera que nacen periódicamente, sólo un pequeño número puede sobrevivir. Este principio, por el cual toda ligera variación, si es útil, se conserva, lo he denominado con el término de selección natural. . .” “La cantidad de alimento para cada especie establece naturalmente el límite extremo a que cada especie puede llegar; pero, con mucha frecuencia, lo que determina el promedio numérico de una especie no es el obtener alimento, sino el servir de presa a otros animales.” lo que he llamado selección sexual (...) depende, no de una lucha por la existencia en relación con otros seres orgánicos o con condiciones externas, sino de una lucha entre los individuos de un sexo —generalmente los machos— por la posesión del otro sexo. (...) generalmente, los machos más vigorosos, los que están mejor adecuados a su situación en la naturaleza, dejarán más descendencia (...) Un ciervo sin cuernos, un gallo sin espolones, habrían de tener pocas probabilidades de dejar numerosa descendencia.” (Darwin 1859)

Por lo tanto, la lucha por la vida favorecería, dentro de una especie, a los individuos con determinadas características y desfavorecería a los individuos con otras características. A su vez, las **características favorables** de aquellos individuos que las posean deberían ser heredables, o sea, pasarse de generación en generación, forma en la cual la progenie se vería igualmente favorecida, transmitiéndola a su propia progenie. A lo largo del tiempo y en forma gradual, se produciría la acumulación de estos “rasgos favorables” seleccionados naturalmente dentro de una población y como consecuencia se modificarían las proporciones de individuos con unas u otras características. En palabras más sencillas, lo que propone la Teoría de la Selección Natural de Darwin es que si existen variaciones entre individuos de una población que son transmisibles de padres a hijos y que otorgan a sus portadores ventajas a la hora de sobrevivir y/o reproducirse, entonces, esos individuos dejarían mayor número de descendientes. Así, algunos caracteres pasarían con más frecuencia de una generación a la siguiente y la población se iría enriqueciendo con individuos que los posean, o sea, que la población iría cambiando gradualmente con el tiempo a partir de la selección natural de ciertos caracteres sobre otros.

Veamos un ejemplo de la naturaleza a ver si aclaramos un poco estos conceptos. Comentamos que los pinzones eran habitantes de las islas Galápagos. Estos pequeños pajaritos, a pesar de ser muy parecidos entre sí, pertenecen a muchas especies que difieren, principalmente, en la forma y el tamaño de sus picos. Está claro que el pico es una de las principales herramientas de alimentación para las aves, por lo que juega un rol relevante en su supervivencia y refleja la diversidad de su alimentación. Algunos de ellos se alimentan de garrapatas que parasitan iguanas y tortugas, algunos de semillas, néctar, larvas de insectos o bien de frutos y hojas. En particular, los pinzones del género *Geospiza heliobates* comen, principalmente, semillas que trituran apretándolas con sus picos. La capacidad de manipulación de las semillas con los picos es variable según el tamaño de los mismos y de las semillas, permitiendo que aquellos pinzones con picos más grandes se alimenten de semillas más grandes y aquellos con picos más pequeños se alimenten de semillas más pequeñas. El análisis de las poblaciones de pinzones (realizadas en la década de los noventa del siglo pasado) mostró que presentan diferencias individuales en la longitud de sus alas y de sus colas, en sus pesos y forma, tamaño y



altura de sus picos (individuos variables dentro de la población). Todas estas diferencias se deben, principalmente, a un factor heredable que es transmitido de generación en generación y no a los factores ambientales a los que cada cual estuvo expuesto durante su vida. En 1977, 1980 y 1982 estas islas sufrieron tres grandes sequías que afectaron a todas las poblaciones de sus habitantes, ya que muchas plantas y animales murieron de inanición y los alimentos escasearon. Se observó que los pinzones que habían sobrevivido a cada una de estas sequías tenían una característica diferencial respecto a los que habían muerto, sus picos eran más altos. Por lo tanto, los individuos con pico más alto que, en general, también son individuos de mayor tamaño corporal, parecerían haber sido favorecidos ante la escasez de alimentos,

¿qué ventajas podrían haber tenido los individuos con esta característica?

Principalmente, después de la sequía de 1977 las semillas blandas y pequeñas prácticamente habían desaparecido y el alimento que prevalecía eran las semillas grandes y duras de la planta anual *Tribulus cistoides*. En épocas de lluvias normales, estas semillas son un alimento muy poco elegido por los pinzones de pequeño tamaño, sin embargo, en condiciones de sequía se convertían en una de las pocas fuentes de alimentación y, discordia. En primer lugar, se da la lucha por la obtención de las semillas, ya que éstas pueden alimentar a mucha menor cantidad de individuos de los que contiene la población. En este caso, los pájaros de mayor tamaño (que, en general, presentan picos más grandes) solían presentar ventajas respecto a los más pequeños (generalmente con picos más pequeños). Incluso, si alguno de los animales más pequeños tenía éxito en la lucha por una semilla, debido a su pequeño pico, probablemente no pudiera fracturar la semilla para poder alimentarse. Es así, como en momentos de sequía (en esas condiciones ambientales) los pinzones con picos más grandes eran más aptos (o sea que presentaban ventajas) que los de picos más pequeños para poder alimentarse, sobrevivir y dejar descendencia. Los pinzones de picos más pequeños morían de inanición y, por lo tanto, comenzaron a ser menos representativos dentro de la población.

¿Qué se observó, entonces, luego de la primer sequía de 1977?

La población de pinzones se había enriquecido en individuos con picos altos y se había empobrecido en individuos de picos bajos, lo cual genera un cambio en las frecuencias de individuos de cada tipo en la población. Recordemos que en 1980 y 1982 la sequía volvió a afectar los recursos alimenticios favoreciendo, nuevamente, a los individuos de mayor tamaño con picos altos. Sin embargo, en 1983 se dio una estación muy húmeda que favoreció el desarrollo de semillas blandas y pequeñas en cantidades, desfavoreciendo las semillas grandes y duras. Esto repercutió, nuevamente, sobre la alimentación de los pinzones, pero esta vez, a favor de los individuos con menor altura de sus picos. Así, la selección natural que se produce sobre los caracteres variables (tamaño corporal y la altura de los picos en este ejemplo) por los recursos alimenticios disponibles, genera cambios dinámicos sobre las frecuencias de esos caracteres en la población de los pinzones de las islas Galápagos y es un claro ejemplo, muy actual, de la evolución de las especies (Freeman and Herron 2002)

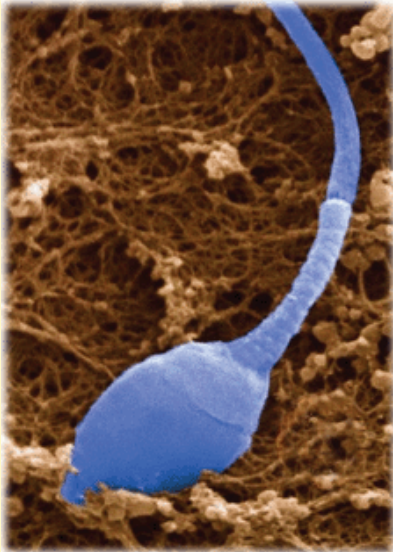
Además de las observaciones de Darwin a lo largo de su viaje en el Beagle, existían entonces muchas otras pruebas que apoyaban su teoría de la evolución por selección natural.

Hacía tiempo ya que no se encontraba un consenso sobre la embriología y el desarrollo de los organismos. Para este entonces, existían dos corrientes que peleaban, fuertemente, acerca de sus argumentos. Una de ellas, el **preformacionismo**, había surgido hacia fines del siglo XVII con el descubrimiento de los espermatozoides humanos por el científico holandés Antoni van Leeuwenhoek. Los preformacionistas estaban convencidos de que los seres humanos se encontraban completamente preformados, en forma de miniatura, dentro de los espermatozoides y que su desarrollo se debía, únicamente, al crecimiento gradual de todas sus partes y órganos luego de la fecundación. Incluso, propusieron que desde la creación de Adán, estos “micro hombres” se encontraban unos adentro de los otros ya preformados como las mamushkas, de manera tal de poder explicar la reproducción generación tras generación. Esta idea fue luego extendida a todos los demás organismos. Está claro que esta corriente apoyaba, fuertemente, la idea de la creación divina y de la inmutabilidad de las especies (ya que todos los organismos estaban preformados y no sufrirían variaciones).



Fig. 11: En las islas Galápagos Darwin encontró varias especies de pinzones que diferían principalmente en el tamaño y forma de sus picos. Estudios realizados sobre los picos de los pinzones avalan que es un carácter heredable que se encuentra bajo una fuerte presión de selección que depende de las condiciones ambientales.

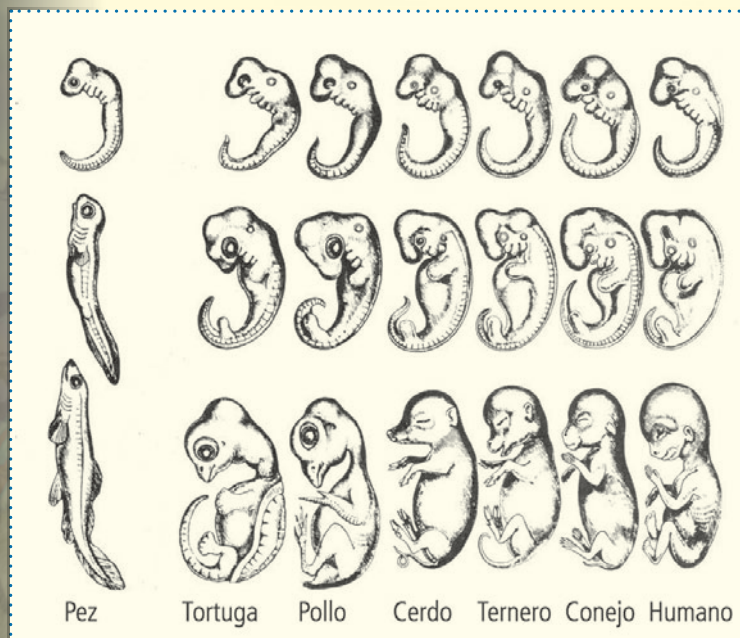
12a
12b



a. El preformacionismo proponía que desde Adán, los hombres se encontraban preformados dentro de los espermatozoides en forma de miniatura.

b. Hoy en día sabemos que los espermatozoides son gametas o células germinales que contienen solamente un juego de cromosomas. Para el desarrollo de un individuo los espermatozoides deben fecundar un óvulo femenino formando una célula huevo que por sucesivas divisiones por Mitosis dará lugar al embrión que se desarrollará hasta un individuo adulto.

Por otro lado, hombres como el **biólogo Karl Reinhold Ernst von Baer** negaban completamente la corriente preformacionista argumentando que el desarrollo embrionario ocurría a partir de una célula huevo de la cual se diferenciaban todas las partes y órganos de los individuos. Además había encontrado que los embriones de mamíferos, aves y ofidios (como las víboras, por ejemplo) eran sumamente parecidos en sus estados



Durante el desarrollo embrionario, los embriones de mamíferos, aves y peces, entre otros, son sumamente parecidos. Cuanto más prematuro sea el embrión mayores son los parecidos.

En el esquema se observa de arriba hacia abajo el desarrollo temporal de cada especie que, de izquierda a derecha, representa el desarrollo embrionario de un pez, una tortuga, un pollo, un cerdo, un ternero, un conejo y un ser humano.

presentan en su mayoría manchas o rayas en sus lomos. Los leones y los pumas también pertenecen a este grupo de animales, sin embargo, en su estado adulto sus pieles no presentan ningún tipo de mancha como las de sus compañeros de grupo. Pero, lo que notó Darwin, es que en los cachorros de leones y pumas pueden distinguirse claramente rayas o mancha.

¿De qué podrían “servirle” estas manchas a los cachorros?

¿Por qué Dios, en su creación, habría hecho que estos cachorros presentaran manchas y luego las perdieran manteniéndolas, siempre, en los demás animales de este grupo?

Las alas de los murciélagos, las manos del hombre, las patas de la tortuga y las aletas de las focas, por ejemplo, están formadas por los mismos huesos dispuestos casi exactamente de la misma manera.

¿Por qué durante la creación de los animales, Dios habría elegido estructuras tan semejantes para funciones tan diversas como volar, agarrar, caminar y nadar?

Sobre esta idea, Darwin decía que estas *“...diferentes clases de hechos (...) proclaman tan claramente que las innumerables especies, géneros y familias de que está poblada la tierra han descendido todos, cada uno dentro de su propia clase o grupo, de antepasados comunes, y que se han modificado todos en generaciones sucesivas (...)”* (Darwin 1859)

más tempranos y en el desarrollo de sus partes. En base a estas observaciones afirmaba que las alas y las patas de las aves al igual que las piernas y brazos de los hombres provenían de la misma forma fundamental.

Respecto a estas semejanzas en la embriología de los animales, Darwin observó que las larvas de la mayoría de los crustáceos eran muy semejantes entre sí, por más diferentes que sean los adultos (por ejemplo langostas, camarones y cangrejos) y, que esto mismo, ocurría en un gran número de animales. Además observó que en el grupo de los felídeos, formado por jaguares, tigres, leopardos y guepares, entre otros,



14a
b

a. Los tigres y leopardos presentan rayas o manchas en sus pelajes durante toda la vida.



b. Al igual que sus compañeros de grupo, los leones jóvenes presentan manchas en sus pelajes las cuales desaparecen en la vida adulta.

Durante fines del siglo XVIII y principios del XIX la existencia de fósiles correspondientes a especies extintas comenzó a ser aceptada por una diversidad de estudiosos, cada uno de los cuales los entendía de una manera diferente. Hasta el momento, se creía que los fósiles correspondían a especies vivientes que aún no habían sido encontradas en la Tierra. En contraposición, Cuvier, fue el primero que aceptó que los fósiles correspondían a especies que se habían extinto durante períodos catastróficos que habían ocurrido en la historia de la Tierra, cada uno de los cuales se seguía de una creación inteligente de nueva especies. Para Darwin, el registro fósil implicó un problema a resolver.

¿Por qué si los cambios ambientales y de las especies habían sido graduales, los fósiles no representaban todas las formas de transición entre los antepasados y las especies actuales?

Darwin logró, parcialmente, salvar este cuestionamiento argumentando entre otras cosas que sólo una parte del planeta había sido geológicamente explorada con cuidado, que sólo ciertas clases de organismos se habían conservado en abundancia en estado fósil como para ser hallados y que las modificaciones que fueron sufriendo las especies habrían tenido lugar en períodos pequeños respecto a los que permanecieron sin cambios, por lo cual el registro fósil estaría representando, principalmente, a las especies en sus períodos “estables” más que en los de mayores variaciones. Darwin observó (aunque también previamente el naturalista Willian Clift) que los fósiles encontrados en cada región eran sumamente parecidos a las especies vivientes de esa mismas zonas y, por lo tanto, en contraposición a Cuvier, propuso que los fósiles eran la prueba de la existencia de antepasados de las especies actuales. Éstas eran especies que, por competencia con las especies a las que habían dado origen, se habían extinguido. Incluso, la aparición de caracoles, almejas junto a fósiles de ballenas en el desierto de Egipto y de otros animales marinos en los Alpes europeos y en la Cordillera de los Andes en América del Sur, apoyó fuertemente la idea de que las condiciones climáticas no habían sido constantes a lo largo de la historia de la Tierra y de los organismos; y en consecuencia, apoyó a la selección natural.