

Las evidencias de la evolución

Vivimos en el siglo XXI, un siglo en el que la ciencia ha asentado sólidos fundamentos sobre el conocimiento de la humanidad. Para muchos de nosotros, a estas alturas hay ciertas teorías incuestionables de las cuales poseemos evidencias y pruebas que les proporcionan consistencia. Así pues, encontrarse con alguien que no cree en la teoría de la evolución resulta chocante. Desgraciadamente hoy en día sigue habiendo gente que se opone a la idea de una evolución de los organismos a partir de un antepasado común y hasta hay quien todavía cree que Dios nos puso en la Tierra y que Él creó cada uno de los seres vivos que observamos actualmente. Para demostrar la “gravidad” de la situación, un artículo de la revista Science muestra los niveles de aceptación de la teoría de la evolución en distintos países (Figura 1). Cabe destacar que estos datos son del año 2005 y que probablemente no reflejen con exactitud la situación actual.

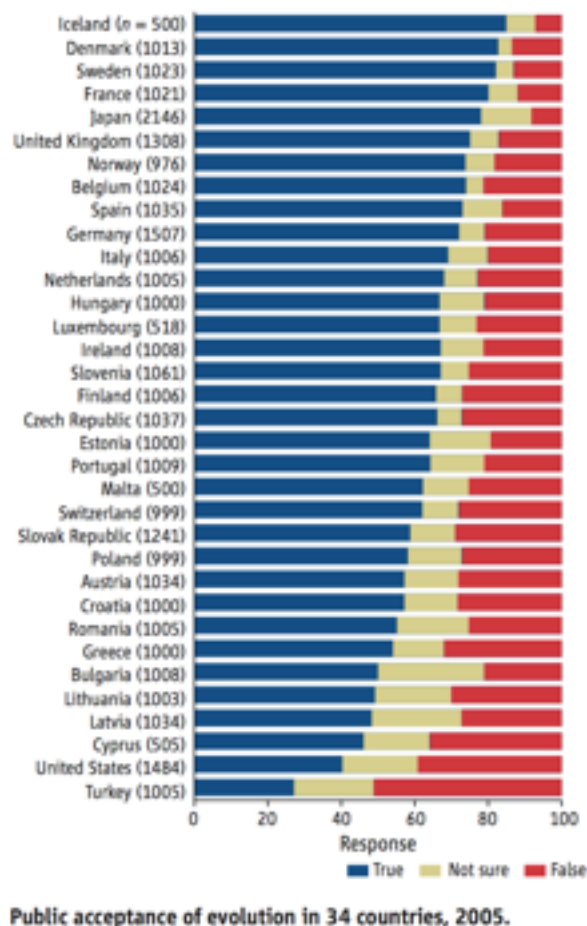


Figura 1. Diagrama de barras que muestra la aceptación pública de la teoría de la evolución. 2005

Como podemos observar, en países europeos como Suecia, Francia, Inglaterra, España y Alemania más del 60% de la población cree en la evolución pero sigue habiendo mucha gente reacia a la teoría y también gente insegura que no sabe si creerla o no. Lo más destacable es, probablemente, la situación de Estados Unidos. Este es un país donde la religión posee un papel primordial en la tradición y educación así que, observar que un 40% de la población **no** cree en la teoría de la evolución a pesar de ser esta una de las piezas fundamentales de la biología, no es del todo sorprendente aunque si preocupante.

1. RESPUESTAS AL CRITICISMO DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

Antes de poder defender la teoría de la evolución considero que se deben tratar los argumentos que usa la gente que no cree en la evolución, es decir, hacerles ver porque sus argumentos no son válidos. Una vez hecho esto, entonces ya se les pueden mostrar las evidencias de las que disponemos actualmente y con suerte, hacerles cambiar de parecer. A continuación expondré una serie de argumentos, si es que se pueden considerar argumentos, en contra de la evolución junto con mis contraargumentos refutandolos.

La evolución es "sólo" una teoría

La evolución es una teoría y un hecho. Una teoría científica se establece cuando se hace una hipótesis y se corrobora y acepta como verdadera a través de la experimentación (varios grupos de investigación independientes deben corroborarla para que se considere una teoría y así ha sido con la evolución). Además, conocemos muchas otras teorías como la teoría atómica. Hasta hace poco no podíamos observar las partículas pero ya sabíamos de antes que los átomos formaban la materia. O, por ejemplo, la teoría de la gravedad que es una teoría y no por ello deja de ser menos verdadera.

¿Dónde están los millones de fósiles de transición que debería de haber si la evolución fuera cierta?

Primero tiene que quedar claro que los fósiles que encontramos o que se esperaría encontrar para apoyar la teoría de la evolución son fósiles de especies transitorias entre organismos actuales y sus antecesores. No vamos a encontrar un fósil que sea un punto intermedio de especies actuales como por ejemplo medio cocodrilo y medio pato (Figura 2) que explicara su origen común (en el caso de encontrarlo, la teoría de la evolución perdería credibilidad). Si bien es cierto que no se han encontrado todos los fósiles que reconstruyan la historia de la evolución eso no quiere decir que no existan ni tampoco prueba que no sea cierta esta teoría. Puede que simplemente no se hayan encontrado aún o que algunos no se hayan conservado.



Figura 2. Supuesto híbrido entre un pato y un cocodrilo

Si la evolución es real, ¿por que no vemos monos con alas, perros con cuernos, etc?

La evolución es selectiva lo que quiere decir que según la variación que se encuentra en una especie o población aquellos individuos más adaptados y que por tanto dejen más descendencia serán los que se seleccionaran en lugar de los otros. Dicho esto, el ambiente es decisivo para determinar qué características se adaptan mejor a esas condiciones y puede que la morfología óptima de un perro no sea la de poseer cuernos en el ambiente en que se desarrolló.

Si venimos del mono, ¿por que ellos no evolucionaron? Y porque los monos no siguen evolucionando en humanos?

Este es uno de los errores que más comete la gente que intenta refutar la idea de la evolución. Para empezar, la teoría de la evolución no postula que los humanos vengamos del "mono" sino que las especies de chimpancés actuales y nuestra especie tenemos un antepasado común. Ambos nos encontramos dentro de la familia de los primates, es decir, que tenemos un predecesor común, que actualmente no existe y que originó distintas especies, una de ellas es el chimpancé y otra es la especie humana. Decimos que estamos más relacionados con los chimpancés que con cualquier otra especie ya que las dos especies se diferenciaron y se separaron hace mucho menos tiempo que por ejemplo los humanos de los felinos. Compartimos un antepasado muy cercano.

El hecho por el cual los “monos” no siguen evolucionando en humanos es porque, como he comentado antes, el antepasado que dió lugar al chimpancé y a los humanos ya no existe. Es más, la evolución no es direccional, los humanos no somos la cima de la piramide de la evolución, no hay ningún organismo que esté vivo que vaya a evolucionar en un humano porque no somos el paso siguiente en una escala evolutiva, somos la rama de un árbol (Figura 3). Así que no tiene ningún sentido cuestionarse por qué los chimpancés no evolucionan en hombres, y no cuestionarse por qué los hombres no evolucionan en chimpancés.



Figura 3. Representación direccional de la evolución (izquierda) y evolución en forma de árbol multidireccional (derecha)

Nunca se ha visto que una especie se transforme en otra

El período evolutivo se mide en millones de años y se tienen que dar muchos cambios pequeños y pasar muchos miles de años para que se produzca una evolución interespecífica. Así que, a menos que vayamos a vivir tantos miles de años, no nos será posible observar ninguna especie evolucionando en otra.

Hay órganos que son tan complejos que si sólo les faltara una parte no funcionarían

Uno de los ejemplos comúnmente usados para referirse a altos niveles de complejidad es el ojo. Es verdad que medio ojo no funcionaría o que si eliminamos una parte de este dejaría de ser funcional, pero es que la evolución no dió lugar primero a medio ojo y luego al ojo entero. El ojo tal y como lo conocemos actualmente es el resultado de muchísimos pequeños cambios o adaptaciones que resultaban ser ventajosas en algún modo o menos malas que otras variaciones que pudieran existir. Como resultado de todos esos pequeños cambios tenemos la complejidad que observamos hoy en día. De hecho, organismos unicelulares tan pequeños y simples como nos pueden parecer las Euglenas, tienen mecanismos que perciben la luz (fotoreceptores) y que se llaman mancha ocular (que vendría a ser como una especie de ojo). En estos dibujos (Figura 4) se ilustra de manera esquemática como a partir de un fotoreceptor asociado a un nervio y a través de pequeños cambios se puede llegar a la estructura compleja que es el ojo.

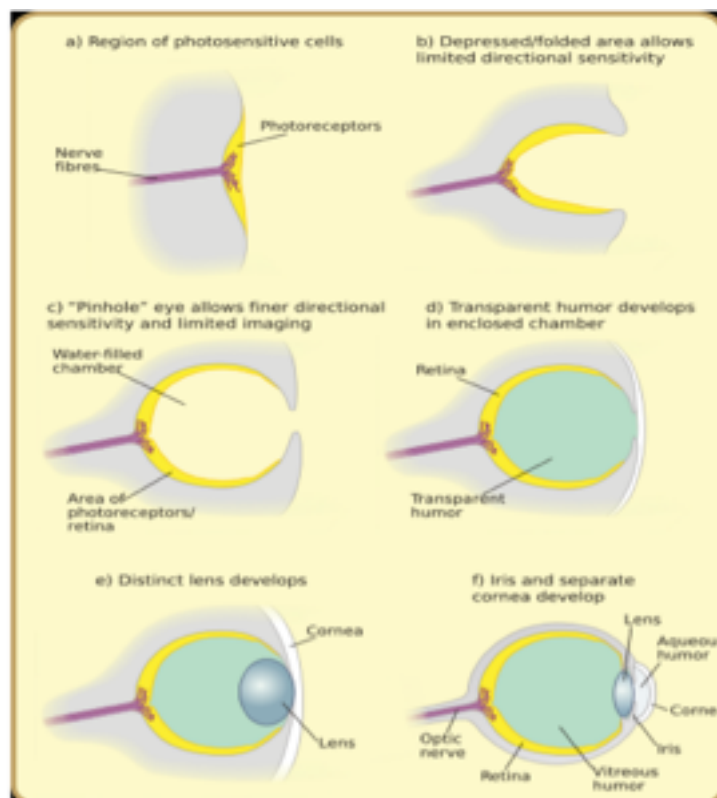


Figura 4. Evolución progresiva de la complejidad del ojo

Tenemos un antecesor común con las bacterias? Sí claro! Somos muy diferentes, serían demasiados cambios

Uno de los problemas que tenemos los humanos en general es el de percibir la cantidad de años que tiene la Tierra, o dicho de otra manera, no somos capaces de concebir realmente cuanto más tiempo son 3,5 millones de años (el tiempo que hace desde que apareció la vida en la tierra) que 350.000 años ya que ambos nos parecen muchos años. Para poner las cosas en perspectiva tenemos que tratar con hechos que sí hemos observado o que hasta hemos creado. Un ejemplo de esto son los perros. Los seres humanos llevamos unos 1000 años seleccionando artificialmente razas de perros (genéticamente no existe ninguna diferencia entre la selección natural que determina la evolución o la selección atificial) y algunas de las razas que conocemos hoy son relativamente nuevas ya que han aparecido a lo largo de los últimos 100 años. Si comparamos algunas razas de perros entre sí podremos observar las grandes diferencias que hay entre ellas. Estas llegan a ser tan importantes que en algunos casos la reproducción entre individuos de diferentes razas no es físicamente posible. Así pues, si suponemos que un perro puede evolucionar en unos 1000 años y nos imaginamos que estos 1000 años son un milímetro, 3,5 Ma que lleva existiendo la vida en la tierra equivaldrían a 3,5 Km. Esta distancia puede no parecer muy larga pero si vamos midiendo milímetro a milímetro esta distancia con una regla nos percataríamos de la de veces que se ha podido producir una evolución en los perros. Ahora no resultaría tan difícil comprender como puede una especie dar lugar a otra en 3,5 Ma si en 1000 años ya observamos diferencias tan significativas como las que se muestran en la imagen siguiente. (Figura 5)



Figura 5. Dos razas de perros de tamaños muy distintos

Si la evolución fuera cierta, no existirían organismos sencillos o unicelulares, ya que habrían evolucionado en organismos más complejos

Que actualmente existan organismos unicelulares sencillos no quiere decir que no hayan evolucionado a lo largo de los años y tampoco implica que su evolución tuviera que dar lugar a especies más complejas. Muchos procariontes cumplen funciones esenciales en la naturaleza, para las cuales, sin ellas, la vida sería imposible. Puede ser que los microorganismos ya se encuentren bien adaptados al ambiente que les rodea y que nuevas mutaciones no proporcionen ninguna complejidad que resulte más ventajosa. Podemos observar un claro ejemplo de evolución en las bacterias ya que estas evolucionan con relativa rapidez debido a los distintos antibióticos que nos tomamos.

La evolución dice que la vida surgió de la nada

De hecho, la evolución no intenta explicar cómo se originó la vida en la Tierra. No es un aspecto que se estudie en esta teoría. Lo que sí hace por otro lado, es suponer que la vida en la Tierra ya está allí y, a partir de ese momento, observar como ha ido evolucionando esta. Tal vez sea un elemento débil de la teoría de la evolución pero cómo ya he mencionado esta no intenta estudiar o explicar como surgió la vida. Otro ámbito de la biología se encarga de hacer eso.

La teoría de la evolución se inventó para eliminar la idea de Dios

Esta afirmación es falsa puesto que la teoría de la evolución no desmiente ni prueba la existencia de Dios. Algunos de los hechos en los que se basa la selección natural son de base matemática (trataremos este aspecto en otro apartado más adelante) y esta no es inmoral ni produce controversia, simplemente es un hecho, no hay nada erróneo en ella. Es más, científicos como Francis Collins apoyan la teoría de la evolución y además son creyentes. Otros como Richard Dawkins son ateos. No es incompatible la fe con esta teoría aunque sí hay que tener en cuenta que diferentes formas de interpretar el Génesis y otros pasajes de la doctrina pueden ir en contra de la teoría de la evolución.

2. QUÉ ES LA EVOLUCIÓN? - PRINCIPIOS DE LA EVOLUCIÓN Y EVIDENCIAS

Después de tratar los principales puntos que cuestionan la evolución, se ha visto, mediante alguno de los ejemplos citados, que la teoría de la evolución posee evidencias suficientes para establecerse como la base de los cambios que han sufrido los organismos a lo largo de los años. Seguidamente explicaré qué es la evolución, los principios que la definen y las evidencias de las que disponemos actualmente.

La palabra **evolución** hace referencia a los cambios en el pool genético de una población que se dan a través de las generaciones con el paso del tiempo. Hay que saber diferenciar estos cambios con los que sufre un individuo a lo largo de su vida puesto que eso es desarrollo, no evolución. Los mecanismos que dan lugar a la evolución son la selección natural, las mutaciones, los movimientos migratorios y la deriva génica. A menudo nos referimos a la teoría de la evolución como la teoría de la evolución por selección natural por ser esta el factor más determinante de la evolución. La evolución causada por la selección no es una simple hipótesis sino que es un hecho matemáticamente justificado como veremos a continuación.

Supongamos que, en Barcelona, hay dos tipos de palomas, las que se asustan cuando llega un coche y salen volando y las que no se asustan tan fácilmente y son atropelladas. Las que se asustan, antes de morir, dejan una progenie de 2 palomas mientras que las que no se asustan mueren antes y solo dejan un descendiente. Supondremos también que de generación en generación los progenitores mueren. En un principio hay 100 palomas que se asustan (A) y 100 palomas que no (B) por tanto tendremos una población de proporciones 50% A i 50% B. Al cabo de una generación, las 100 palomas B habrán dejado una descendencia de 100 palomas. Por el contrario, las de tipo A habrán dado lugar a 200 palomas. Podemos empezar a observar cambios en las proporciones de las palomas (66,6% A i 33,3% B). En una siguiente generación, las 100 palomas del tipo B vuelven a generar 100 palomas B mientras que las A tendrán ahora 400 descendientes. De nuevo cambian las proporciones en la población puesto que ahora el 80% serán A y el 20% B. Por último, las 100 palomas B darán 100 palomas y las A tendrán 800 palomas, dando unas proporciones nuevas de 89% A y 11% B. He aquí, evolución por selección natural donde la variación en una población ha permitido que se seleccionen los individuos mejor adaptados al ambiente. Los genes de las palomas A que les permitían salir volando con rapidez se han seleccionado sobre los genes de las palomas B que no se asustaban. Hemos observado un cambio en el pool genético a través de las generaciones.

Este ejemplo simplificado de una situación inventada puede que no sea suficiente para demostrar la veracidad de la teoría de la evolución por selección natural. Pero afortunadamente hemos sido

capaces de observar este proceso en la vida real. Un claro ejemplo que lo ilustra es el caso de la mariposa *Biston betularia*. Esta especie está formada por dos tipos de mariposas de distinto color: las claras y las oscuras (Figura 6). A lo largo de los años las proporciones de las mariposas claras y las oscuras han ido variando debido a cambios en el ambiente. En el año 1848 la gran mayoría de las mariposas existentes eran de color claro y se podían camuflar fácilmente con los líquenes de los árboles, siendo menos devoradas por los pájaros. Más adelante, con la revolución industrial, el aire se fue contaminando y ennegreciendo, matando los líquenes y oscureciendo los árboles. Cuando esto sucedió, las mariposas claras destacaban sobre la corteza de los árboles y los pájaros las podían divisar mejor y por tanto, alimentarse de ellas con más facilidad. Contrariamente, las mariposas oscuras podían ahora, en este nuevo ambiente, camuflarse mejor y consecuentemente adaptarse a esta situación. Así pues, en el año 1895 el 98% de *Biston betularia* eran de color oscuro. Pero el ambiente siguió cambiando y entre 1956 y 1968 se llevó a cabo una "limpieza del aire" (por estar tan contaminado que hasta costaba ver en plena luz del día). Lo que esto causó fue un aclaramiento de los árboles y la reaparición de los líquenes sobre la corteza. Este nuevo cambio en el ambiente produjo que las mariposas mejor adaptadas fueran ahora las claras y la selección natural actuó de nuevo modificando las proporciones en la población de esta especie.



Figura 6. Ejemplos de *Biston betularia* clara y oscura

Ahora que ya se ha demostrado que este proceso está matemáticamente probado y se ha podido observar con un ejemplo, vamos a llevarlo al siguiente nivel. Como ya se ha visto, si en una población existe **variedad** y dentro de estas diferencias existe alguna que **se adapte mejor** al ambiente y deje más descendientes que **hereden** esa característica, se producirá la evolución por selección natural. La evolución por selección natural puede dar lugar con el tiempo a **especies** y a **estructuras complejas** si entendemos que la selección natural es un proceso acumulativo que permite incorporar pequeñas mejoras generación tras generación.

En la producción de nuevas especies, la evolución sigue dos procesos fundamentales: **cambios dentro de un linaje** y la **formación de nuevos linajes**.

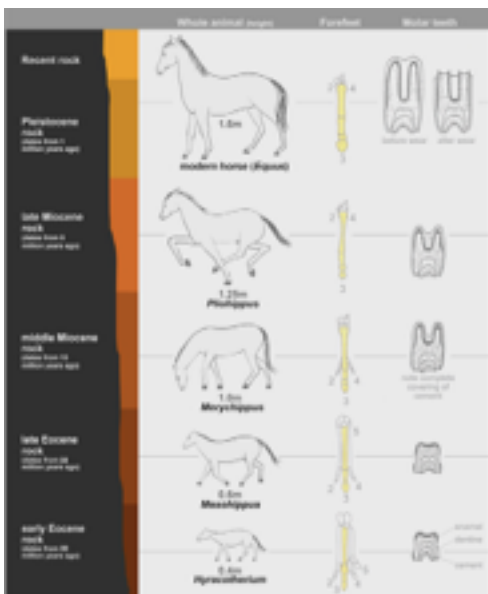


Figura 7. Evolución de diferentes estructuras en el linaje del caballo

En la Figura 7 podemos observar los cambios que se han producido dentro del linaje del caballo desde que era un animal de pequeño tamaño y con los dedos de los pies separados hasta el caballo actual, de mayor tamaño y con una pezuña.

En la Figura 8 vemos el esquema de la formación de nuevos linajes a partir de un antecesor común.



Figura 8. Formación de nuevos linajes

Las evidencias de las que disponemos para postular estos dos principios son las siguientes: los fósiles, los órganos y genes vestigiales y los diseños ineficientes.

Fósiles

Si la evolución por selección natural es un hecho, se puede predecir que los organismos y estructuras ancestrales serían mucho más simples que las actuales. El registro fósil nos ha permitido demostrarlo puesto que los fósiles más antiguos son los **estromatolitos** (rocas formadas por la precipitación y fijación de carbonato cálcico gracias a la actividad de microorganismos, hecho que se ha podido saber gracias al estudio de los estromatolitos actuales).

Otra predicción sería la siguiente: si la evolución se da en los linajes y esos linajes a veces se separan, tendríamos que ser capaces de encontrar ejemplos en el registro fósil de especies cambiando gradualmente para dar lugar a nuevas especies/formas. Se han encontrado fósiles del linaje del caballo (Figura 7) que demuestran este cambio a través del tiempo. Y como se ha comentado, si estos linajes se separan para dar lugar a nuevos linajes, todos estos derivan de un antecesor común y deberíamos ser capaces de observar fósiles transitórios que conectaran grupos actuales con un antecesor común. Pues bien, el fósil de la especie *Sinornithosaurus millenni* (Figura 9) nos ayuda a explicar el origen común de los pájaros y los reptiles puesto que es un dinosaurio (reptil) con características de los pájaros actuales como las plumas y un inicio de pico.



Figura 9. Fósil de la especie *Sinornithosaurus millenni*

Una de las ideas propuestas sobre la evolución de los cetáceos es que provienen de mamíferos terrestres y disponemos de fósiles de formas transitorias hallados en los momentos temporales donde se esperaría encontrarlos (Figura 10).

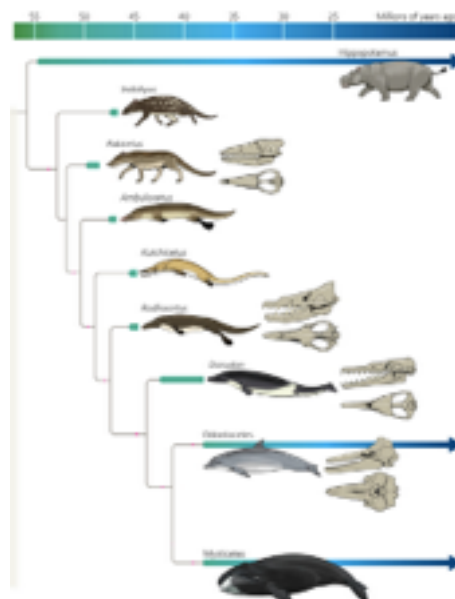


Figura 10. Fósiles transitórios que explican la evolución de mamíferos terrestres a cetacios

Órganos y genes vestigiales

Hay ciertas características observadas en los organismos que no necesariamente hubieramos predecido pero que al existir nos proporcionan más evidencias sobre la evolución. Un ejemplo de estas características son los órganos vestigiales. Se trata de órganos o estructuras residuales que se observan en especies en las cuales ya no tienen ninguna función pero que tienen sentido si se interpreta que en los organismos de los cuales proceden sí que tenían función. Nos proporcionan información sobre la historia evolutiva de la especie. Si recuperamos la idea de que los cetáceos provienen de mamíferos terrestres podremos interpretar la existencia de unos huesos situados en la parte posterior de los cetáceos (Figura 11). Se trata de huesos de extremidades posteriores que los animales terrestres de cuatro patas poseían y usaban pero que la evolución ha hecho que pierdan su función en estas especies puesto que no les proporcionan ninguna ventaja.



Figura 11. Huesos vestigiales de las extremidades posteriores de mamíferos terrestres

Otros ejemplos de órganos vestigiales son el coxis en los humanos (resto de una cola) o las alas de avestruces de los kiwis y de los emús (remanentes de sus ancestros voladores).

También existe lo que se llaman los genes vestigiales. En este caso no se trata de un órgano que existe y ha perdido su función sino que se trata de genes que se encuentran en especies donde no se expresan y no producen ninguna proteína. Los humanos no somos capaces de producir nuestra propia vitamina C y debemos introducirla con la dieta pero los demás mamíferos (excepto las cobayas) sí que son capaces de sintetizarla y poseen los genes para llevarlo a cabo. Aún y así, nosotros poseemos estos genes que producen la vitamina C pero no funcionan. De nuevo, esto nos indica que tenemos un ancestro común con el resto de mamíferos. Otros genes vestigiales que se han descubierto en humanos son los genes para producir proteínas de la yema del huevo y los genes que sintetizan proteínas de receptores olfatorios.

Diseño ineficiente

El diseño ineficiente intenta explicar que si un organismo se hubiera diseñado desde cero, a partir de nada, no estaría diseñado de la manera en que lo está puesto que resulta poco productivo e ineficiente. Si se observa desde la perspectiva de una evolución sobre algo ya existente tiene más sentido. Para ilustrarlo con un ejemplo nos fijamos en el nervio laríngeo recurrente (Figura 12). Este está formado por dos ramificaciones que inician su recorrido en el nervio vago (debajo del cerebro) y se conectan a la laringe. La manera más lógica de conectar ambos extremos sería una línea recta de no más de unos 15 cm en los humanos. Por otro lado, lo que observamos es que estos bajan hasta el pecho, pasan por debajo del arco aórtico del corazón y vuelven a subir hasta la laringe. De esta manera, estos nervios pueden llegar a medir más de 50 cm. Una de las consecuencias de este recorrido es el retraso en el tiempo de envío de señales. En las jirafas este diseño es aún menos eficiente puesto que su nervio laríngeo mide unos 5 metros (Figura 13).

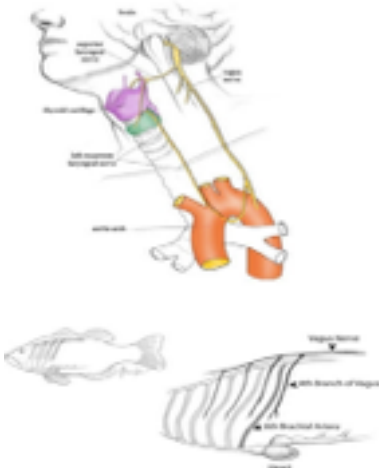


Figura 12. Comparación del nervio laríngeo en humanos y en peces.

Así pues, este diseño catastrófico se debe a nuestro origen común con los peces. El antepasado común poseía un nervio laríngeo primitivo que acompañaba a los vasos sanguíneos que alimentaban las agallas y se conectaba casi en línea recta. A través de la evolución y al irse alargando el cuello, el nervio tuvo que acompañar estos movimientos internos. No pudo simplemente desengancharse y volverse a unir para formar una línea recta.

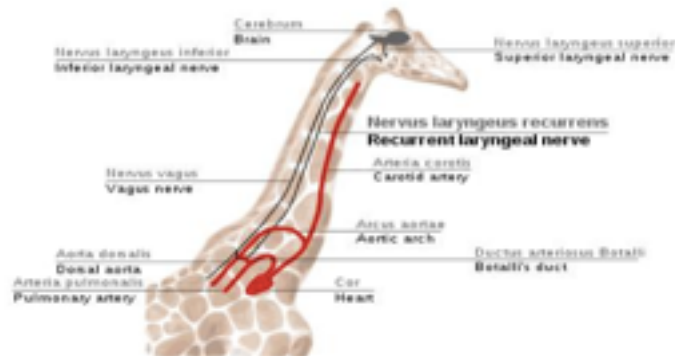


Figura 13. Nervio laríngeo recurrente de la jirafa

Con esto podemos concluir que la evolución y la selección natural “trabajan” con el material disponible y no pueden deshacer algo que ya estaba y crearlo de nuevo. Como dijo Richard Dawkins: *“Un diseñador puede volver a repensar un diseño, descartar el viejo y empezar otro que tenga más sentido. Pero la evolución no tiene esta capacidad de planificar el futuro”*.