



BLOQUE III. GENÉTICA Y EVOLUCIÓN

TEMA 3. EVOLUCIÓN

3. EVOLUCIÓN

- 3.1. Pruebas de la evolución.
- 3.2. Darwinismo.
- 3.3. Neodarwinismo o teoría sintética de la evolución.
- 3.4. La selección natural.
- 3.5. La variabilidad intraespecífica. mutación, recombinación y adaptación
- 3.6. Evolución y biodiversidad

3.0. INTRODUCCIÓN

La evolución biológica es el proceso de transformación de unas especies en otras mediante variaciones que se han ido sucediendo a lo largo del tiempo. Se pueden distinguir dos grados de evolución. La microevolución explica evolución dentro de cada especie. La macroevolución es el proceso de aparición de nuevas especies e incluso diferentes órdenes, clases, etc. (categorías mayores que especies).

Históricamente hay dos grupos de teorías sobre el origen de las especies: las **teorías fijistas** y las **teorías evolucionistas**. Aunque desde la antigüedad muchos filósofos y pensadores han abordado el tema y han expuesto sus ideas, destacaremos entre las primeras el *catastrofismo* y entre las últimas, distinguimos el *lamarckismo*, el *darwinismo*, la *teoría sintética*, la *teoría neutralista* y la *teoría del equilibrio puntuado*.

Hoy día nadie medianamente instruido pone en duda el hecho de la evolución biológica. Se podrá discutir su mecanismo, pero no el hecho en sí. No obstante, hay personas que no admiten tal evolución basándose en creencias religiosas. Ese hecho podría ser anecdótico por su falta de rigor científico, pero en países como los Estados Unidos de América hay grupos con gran influencia (dinero y poder político) que luchan encarnizadamente contra la teoría científica e incluso han llegado a plantear lo que han dado en llamar “creacionismo científico” con su “teoría del Diseño Inteligente” intentando poner en el mismo plano las creencias y la ciencia.

Hemos de recordar que hay clasificados unos 2 millones de especies de seres vivos y si añadimos las especies fósiles y las que todavía quedan por descubrir, se calcula que en total pueden ser más de 20 millones. Esta enorme **biodiversidad** nos muestra que la evolución no ha perdido el tiempo en estos 3.800 millones de años que lleva “trabajando”.

3.1. PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN

A todos nos llama la atención la enorme diversidad de seres vivos que existen y además, que muchos de ellos muestren semejanzas muy notables. Desde hace unos pocos años sabemos también que la composición química es la misma e incluso que compartimos el mismo código genético. Tales semejanzas no pueden ser fruto de la coincidencia sino del hecho de que **todos los seres vivos estamos emparentados, es decir, tenemos antepasados comunes**. Estos hechos se pueden explicar **solamente** si se admite la evolución de los seres vivos. Y pueden demostrarse porque existen **pruebas de la evolución**. Se distinguen varios tipos de pruebas: taxonómicas, biogeográficas, paleontológicas, anatómicas, embriológicas, bioquímicas y serológicas.

1. Pruebas taxonómicas. Cada taxón, o grupo de clasificación, incluye seres con unas características comunes. Tenemos la enorme suerte de contar con algunos organismos vivos que son auténticos “puentes” entre los diferentes grupos taxonómicos, como los mamíferos monotremas (ornitorrinco), que poseen características intermedias entre los reptiles y los mamíferos (ponen huevos, regulan mal su temperatura corporal, poseen un hueso reptiliano en el tronco, pero a la vez tienen pelo y las crías toman leche; los peces pulmonados actuales son sin duda semejantes a los antepasados de los anfibios; los onicóforos se hallan entre los anélidos (lombrices y sanguijuelas) y los artrópodos (insectos, arañas, crustáceos, etc.); los protozoos (organismos unicelulares) se consideran animales, por ser heterótrofos, pero algunos de ellos, como la euglena, si hay buenas condiciones de luz sintetiza clorofila y se hace autótrofa... es un alga.
2. Pruebas biogeográficas. Se basan en la distribución geográfica de ciertas especies emparentadas. No puede ser casualidad que existan parientes del avestruz africano en Sudamérica (ñandú) y en Australia (emú y casuario); o el camello asiático, el dromedario africano o la llama sudamericana. [O los cocodrilos o los sirenios o los peces pulmonados...]. Darwin reconoció este hecho en las islas Galápagos. A su vez, estas pruebas han permitido demostrar el movimiento de los continentes (deriva continental).
3. Pruebas paleontológicas. Se basan en el estudio de los fósiles. En el registro fósil se aprecia un aumento en la diversidad (diversidad = biodiversidad = variedad de especies) a lo largo del tiempo, así como, en general, un aumento de la complejidad. Las series de fósiles que han podido encontrarse indican una evolución que tiende, aparentemente mediante cambios graduales, a hacer más especializadas las diferentes estructuras conservadas. Por ejemplo, los antepasados del caballo contaban con patas cortas terminadas en cinco dedos, que posteriormente se reducen a tres y por último a uno solo, a la vez que los huesos de estos miembros se alargan. En este caso la evolución toma una dirección: la de conseguir una extremidad adaptada a la carrera. Al igual que con seres vivos actuales, también existen fósiles intermedios. Quizás el ejemplo más conocido sea el del *Archaeopteryx*, un reptil-ave (con plumas y pico de ave y a la vez dientes, garras así como una cola de tipo reptiliano); también se cuenta con un fósil de reptil-mamífero. [Curiosamente, existen fósiles de los antepasados de los caballos en América, que llegaron a extinguirse hace muchos miles de años, por lo que la especie actual no llegó a vivir allí, siendo llevada por los españoles hace 500 años].
4. Pruebas anatómicas. Se basan en la comparación de órganos entre diferentes especies. Los **órganos homólogos** son aquellos que tienen un mismo origen embriológico, y por ello una misma estructura interna, aunque su aspecto y función pueden ser diferentes. Se los considera prueba de que derivan de un antecesor común por un proceso de **evolución divergente**. Por ejemplo, la pata de un caballo, el brazo humano, el ala de un murciélago o la aleta de un delfín presentan el mismo diseño de huesos a pesar del aspecto externo tan diferente que poseen.

Por el contrario, a veces las apariencias engañan: existen órganos que desempeñan funciones semejantes y que incluso tienen el mismo aspecto, pero cuyo parecido procede de una **evolución convergente** surgiendo como adaptación a unas mismas necesidades. Se trata de **órganos análogos**: los ojos de los calamares y los de los mamíferos son órganos de este tipo. (Otros ejemplos de órganos análogos son: las alas de los insectos y las alas de las aves; las aletas de los peces y las aletas de los cetáceos; el pulgar de los osos panda y el pulgar de los primates).



[Curiosidad: todos los vertebrados con patas tienen un número máximo de cinco dedos en sus extremidades. Por evolución, muchos descendientes hemos mantenido ese número y otros los han reducido. Sin duda procedemos de un antepasado que poseyó cinco dedos en sus patas. ¿Fue más ventajoso tener 5 que contar con 6 ó 7 ó tal vez 4? No lo sabemos, pero esto es lo que ha resultado. Hace muy pocos años se han encontrado dos especies de reptiles fósiles, uno que tenía 6 dedos y el otro 7 en cada pata. Hubo pues otros modos de hacer las cosas y, puesto que no han llegado hasta nuestros días, ¿habrá que concluir que fue más ventajoso tener 5 dedos que cualquier otra cantidad? ¿Sólo fue eso o quizás la mutación que llevó a ese número de dedos iba acompañada de otras mutaciones que fueron las que realmente ofrecieron ventajas a sus portadores? El caso es que nuestra numeración está diseñada en base 10 porque tenemos 10 dedos entre las dos manos. Si tuviéramos sólo dos, como las cabras, posiblemente habríamos inventado la numeración en código binario, como el que emplea la tecnología digital].

5. Pruebas embriológicas. Se basan en el estudio comparado del desarrollo embrionario de los animales. Los embriones, a lo largo de su desarrollo, presentan estructuras que luego pueden perderse, pero que dan pistas sobre el origen de un grupo y, además, el estudio de diferentes embriones puede servir para comparar especies que, una vez nacidas no tienen el mismo aspecto. Por ejemplo, los embriones de las ballenas tienen pelo (lanugo), dientes (los adultos tienen “barbas” para filtrar el plancton) e incluso esbozos de miembros posteriores. En definitiva, los embriones de las ballenas son, en algunos momentos de su desarrollo, típicamente de mamífero terrestre. (Organismos aparentemente tan diferentes en aspecto como estrellas de mar, erizos de mar y holoturias son estructuralmente muy parecidos, sus estructuras son homólogas y, además, las fases larvianas, auténticos embriones que habitan en el plancton, son muy semejantes. Lo mismo puede apreciarse en el grupo de los moluscos, donde los embriones de almejas, caracoles o calamares son casi indistinguibles unos de otros).
6. Pruebas bioquímicas. Se estudian moléculas similares en grupos de seres vivos diferentes. De entre todas las moléculas, el ADN y las proteínas son las más interesantes y la comparación de las mismas se emplea para averiguar el parentesco entre especies e incluso sirve para dar la fecha concreta en la que las dos especies comparadas tenían un antepasado común. (Las actuales “pruebas de ADN” están aportando una nueva visión de la taxonomía de los seres vivos: muchas especies de seres vivos clasificados como muy diferentes han resultado ser parientes muy próximos y viceversa).
7. Pruebas serológicas. Se basan en el estudio comparado de las reacciones antígeno-anticuerpo en organismos distintos. Al introducir sustancias antigénicas de un ser en otro, se producirán respuestas inmunológicas cuya intensidad será diferente según el grado de parentesco de los individuos (cuanto más parientes, menor reacción). Recuerda el problema de “rechazo” que se da al trasplantar un órgano a un enfermo y cómo puede reducirse si se estudia previamente la compatibilidad entre donante y receptor].

VER DIAPOSITIVAS DE ESTAS PRUEBAS EN LAS PRESENTACIONES

3.2. DARWINISMO (Leer este apartado para tener una visión de conjunto y luego centrarse en el resumen)

Cuando tenía veintidós años, el inglés Charles Darwin formó parte como naturalista de la expedición científica a bordo del barco de investigación “Beagle”. Esta expedición dio la vuelta al mundo en cinco años (1831-1836), tiempo durante el cual Darwin tuvo ocasión de estudiar y recoger numerosos datos a partir de los cuales, dedujo una nueva teoría de la evolución. Publicó esta teoría muchos años después, estimulado por la competencia de Alfred Russell **Wallace**, que había llegado a las mismas conclusiones que él. (Por este motivo, se habla de la teoría de la evolución de Darwin – Wallace).

En su obra “**El origen de las especies**” (1.859), Darwin explica que el proceso evolutivo se basa en dos factores: **la variabilidad de la descendencia y la selección natural que produce la lucha por la existencia**. Incluso los descendientes de una misma pareja son distintos entre sí y, ante un ambiente hostil, se plantea entre todos los individuos de una misma población una lucha por la supervivencia, en la cual los menos aptos acaban por desaparecer y persisten los mejor adaptados (es la llamada selección natural). Éstos últimos, los supervivientes, son los que se reproducen más y transmiten sus caracteres a más descendientes. El ejemplo de la jirafa (propuesto por Lamarck) se explica, según esta nueva visión, diciendo que sólo sobrevivirían y se reproducirían aquellos individuos que por alguna causa nacían con el cuello un poco más largo, en un ambiente en el que la competencia por los alimentos vegetales fuera tal que se acabara con la vegetación próxima al suelo. Darwin murió sin conocer las causas de la variabilidad en la descendencia. (En el punto 3.4. se vuelve a hablar de selección natural).

Se cree que el estudio de la fauna de las islas Galápagos, archipiélago volcánico situado en el océano Pacífico frente a las costas de Ecuador, fue la clave de las teorías evolucionistas de Darwin. Para demostrar el hecho de la evolución, Darwin aporta, entre otras, **pruebas biogeográficas**. Se basan en la distribución geográfica de las especies. Cuanto más alejadas o aisladas están dos zonas, más diferencias presentan su flora y su fauna. Como caso concreto, este naturalista se fijó en varias especies de pinzones de las islas Galápagos que según él procederían de una única especie que colonizó este archipiélago (en muchos aspectos son muy parecidos), y sus descendientes quedaron aislados en las diferentes islas, cada una con condiciones particulares. Cada zona aislada tiene, pues, especies propias y este hecho se puede explicar si se piensa en un proceso de evolución a lo largo del tiempo.

Para explicar la selección natural, Darwin utilizó numerosos ejemplos de **selección artificial**, proceso llevado a cabo por los humanos sobre todo desde el neolítico con el fin de obtener razas y variedades de animales y vegetales útiles a sus fines: se pueden encontrar miles de estos ejemplos y es fácil entender cómo se llevan a cabo estos procesos.... ¿Cómo “fabricarías” un cerdo a partir de un jabalí? ¿Y un perro de raza Doberman a partir de un lobo?

Resumen de la teoría darwinista:

- 1- Nacen más individuos de cada especie de los que pueden sobrevivir.
- 2- Las poblaciones presentan variabilidad, es decir, sus individuos tienen desde el nacimiento diferencias entre sí.
- 3- Las condiciones del medio permiten a los más aptos sobrevivir y, en consecuencia, reproducirse más que los que en esas condiciones nacieron



menos aptos. Esas condiciones del medio que afectan a la supervivencia, es lo que conocemos como selección natural.

- 4- Los individuos supervivientes tienden a pasar a su descendencia las características que les han permitido sobrevivir.
- 5- Al cabo de mucho tiempo, los individuos que forman la población son aquellos que tenían las características ventajosas mientras que los demás, o son muy escasos o han desaparecido.
- 6- Darwin admitía que una parte del cambio se debía a la herencia de los caracteres adquiridos (como proponía Lamarck), si bien luego la selección natural ponía a prueba esos cambios.

3.3. NEODARWINISMO O TEORÍA SINTÉTICA DE LA EVOLUCIÓN.

En el tiempo de Darwin no se sabía nada de ADN ni de cromosomas. Y aunque Mendel descubrió hechos muy importantes sobre la herencia de los caracteres, sus trabajos quedaron olvidados hasta el año 1900 (el propio Darwin no llegó a conocer los estudios realizados por Mendel). A comienzos del siglo XX la Biología despegó como ciencia con el desarrollo de la genética, la bioquímica y otras muchas ciencias de su ámbito. Los descubrimientos son múltiples y asombrosos, de modo que tres décadas después se puede decir que ya se conocen las causas de la variabilidad de los individuos, causas que Darwin no llegó a sospechar.

Y así, entre los años treinta y cuarenta del siglo XX fue elaborada la llamada **neodarwinismo** o **teoría sintética**. Neodarwinismo (o neodarwinismo) porque acepta las ideas de Darwin y sintética porque sintetiza o reúne todos los conocimientos que se tienen en ese momento y que permiten reforzar la teoría darwiniana de la evolución de las especies no estando de acuerdo en algunos de sus aspectos.

Esta teoría basa la evolución de las especies en la existencia de variabilidad entre los individuos de cada especie y en la selección natural, tal y como proponía Darwin, pero explicando las causas de la existencia de dicha variabilidad gracias a los conocimientos aportados por la genética (ciencia que se diversifica en múltiples especialidades) y por otras ramas de la biología como la bioquímica, la citología, la paleontología...

Entre los nuevos descubrimientos destacan, por su importancia:

1. los **genes** son las unidades hereditarias,
2. las **mutaciones** en los mismos crean alelos (versiones parecidas de los mismos genes).
3. La **recombinación genética** es una causa importante de la variabilidad (barajan los alelos de los genes ligados).
4. La evolución se produce por el **cambio de las frecuencias de los alelos** a lo largo de las generaciones como consecuencia de la **deriva genética**, el **flujo genético** y la propia **selección natural**.
5. La selección natural **actúa sobre los fenotipos** (lo que se aprecia en el exterior) aunque en realidad selecciona genes (que son los responsables de fenotipo).
6. Los procesos que llevan a la evolución **son graduales**.
7. Además, no admite la herencia de los caracteres adquiridos.

Ver el siguiente vídeo: [Los cinco dedos de la evolución](#)

Estos mecanismos llevan a la **microevolución**: todas las especies cambian con el tiempo porque lo hace el conjunto de sus alelos (su acervo genético) y también pueden llevar a la **macroevolución**: es la formación de nuevas especies o especiación (se verá en otro punto del tema).

[GENÉTICA DE POBLACIONES: DERIVA GENÉTICA Y FLUJO GENÉTICO. La genética de poblaciones es una rama de la genética que describe la variación y distribución de la frecuencia de los alelos en una población. Dos son los mecanismos principales que explican la variación de dichas frecuencias alélicas de una población: La deriva genética y el flujo genético. La [deriva genética](#) es una fluctuación aleatoria de las frecuencias alélicas en una población. Este fenómeno de variación al azar de los alelos es más acusado cuanto menor es el tamaño de una población. El flujo genético es la disminución de ciertos alelos en una población por emigración de individuos o la ganancia de otros por inmigración. En ambos casos, las frecuencias iniciales varían y por lo tanto también lo hace el acervo o conjunto de alelos de una población. A la larga, todo lo que suponga un cambio en las frecuencias de los alelos, y mediante la selección natural, supondrá evolución en la población y por tanto en la especie].

3.4. LA SELECCIÓN NATURAL.

Darwin no se limitó a aportar pruebas de que la evolución existía, sino que dio una explicación de cómo ocurría, dando importancia a la selección natural.

La **selección natural** es un fenómeno de la evolución que según la teoría sintética se define como la reproducción diferencial de los genotipos de una población biológica. De forma más clásica, se puede decir que la selección natural promueve que las condiciones de un medio ambiente favorezcan o dificulten, es decir, seleccionen la reproducción de los organismos vivos según sean sus características peculiares.

Tanto si hablamos de genes como de características peculiares, nos referimos a que tanto los genes como las características son heredables y damos por hecho, además, que hay diversidad de individuos.

Hay que entender la selección natural como el conjunto de condiciones de la naturaleza que seleccionan qué tipo de individuos del conjunto sobrevivirán más y se reproducirán más y por el contrario cuáles sobrevivirán peor y dejarán menos descendencia.

Hay cientos de estos mecanismos o factores que seleccionan: temperatura del medio, luz, salinidad, pH, presión, parásitos, depredadores, humedad, cantidad de alimento... y afectan de distinto modo a cada especie.

Dentro de una especie, en un ambiente concreto, a todos los individuos no les va igual en la vida. A algunos de ellos puede irles mejor que a otros porque desde su nacimiento presentan ciertas características que les favorecen en ese medio. A otros puede irles peor porque no nacieron con dichas características. Estos últimos, sin embargo, podrían haber sobrevivido perfectamente en otro ambiente con características diferentes. Por ello no se puede decir que sobreviven los más fuertes sino los mejor adaptados al medio. Pero tiene que quedar claro que ningún individuo hizo nada para adaptarse (no se dejó crecer el pelo para soportar mejor el frío ni se tiñó el pelo de blanco para no ser



descubierto en la nieve). Los individuos no se adaptan al medio. Nacen mejor o peor adaptados a un medio concreto.

Hay algunos errores frecuentes al referirnos a la idea de selección natural:

Para muchas personas, incluso actualmente, la selección natural es sinónimo de “lucha por la existencia” entendida como que “solo sobreviven los más fuertes” cuando en realidad esa lucha se refiere a la capacidad de sobrevivir. Otro error corriente es el de creer que “los individuos se adaptan al medio” y así tiene lugar la evolución. Ya está comentado que cada cual nace con unas características y que según el medio en el que se desenvuelve pueden serle ventajosas o no (ver el ejemplo de las mariposas en las diapositivas).

Los individuos no se adaptan al medio en el que viven, sino que nacen con unas características propias que les hacen estar mejor o peor adaptados y en función de eso, tendrán mayores posibilidades de supervivencia o peores. Las características con las que uno nace tienen que ver con la “lotería genética”.

Puesto que la selección natural provoca la desaparición progresiva de ciertas variantes, menos adaptadas al medio y la preponderancia de otras, mejor adaptadas, visto a lo largo de mucho tiempo, este proceso implica cambios en las especies y por lo tanto evolución, de ahí que pueda decirse que **las especies sí se adaptan al medio.**

Los humanos nos salimos desde hace tiempo de los esquemas de evolución biológica: es difícil que una cebra herede la sordera congénita de su padre: una cebra sorda de nacimiento no es probable que llegue a la edad adulta y se reproduzca. Ser sordo en la sabana africana es un grave inconveniente. Sin embargo, los humanos, aun con graves defectos podemos vivir en sociedad y tener hijos.

“¿Cómo se hacen las bacterias resistentes a los antibióticos?”

Página interesante donde se explica la evolución por selección natural:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/her/evolution-and-natural-selection/a/darwin-evolution-natural-selection>

3.5. LA VARIABILIDAD INTRAESPECÍFICA. MUTACIÓN, RECOMBINACIÓN Y ADAPTACIÓN

La variabilidad intraespecífica

La variabilidad genética intraespecífica es la variedad que hay o que puede haber entre los individuos de una misma especie, (mientras que la variedad genética interespecífica es la que existe entre miembros de especies diferentes). Dentro de cada especie suele haber una gran diversidad de alelos para un mismo gen. Recordemos, en la especie humana, los diferentes grupos sanguíneos, las tonalidades del color de la piel, los ojos o el pelo o la estatura. Estos son solo unos pocos ejemplos muy fáciles de entender, pero hay miles de variaciones que no se ven, pero están (mayor o menor resistencia al frío, a ciertos parásitos, capacidad para degradar ciertas moléculas, ...).

Cuanto mayor diversidad genética posea una especie, mayor será la capacidad de adaptación de dicha especie a distintas condiciones (siempre podrá existir algún individuo con las características adecuadas a unas condiciones dadas del medio).

Una especie que presente poca diversidad genética, por ejemplo porque está en peligro de extinción y quedan pocos ejemplares, es más vulnerable a la extinción: con pocos individuos, si el ambiente cambia, es probable que ninguno de ellos presente los caracteres adecuados a ese nuevo medio (simplemente porque hay pocos).

La mutación y la recombinación

La variedad o diversidad intraespecífica (y también la interespecífica) son debidas a la existencia de mutaciones. Sin errores al copiar el material genético no habrían surgido alelos diferentes para los mismos caracteres ni tampoco nuevos genes. Añadiendo mecanismos como la reproducción sexual y la recombinación génica, que “barajan” al azar esas diferentes posibilidades se asegura una diversidad impresionante. Tanta que no hay dos individuos ni siquiera hermanos (que no sean gemelos) que sean idénticos. Y ya sabemos que la selección natural funciona porque existe diversidad.

La adaptación biológica.

La adaptación se refiere tanto a las características que incrementan la supervivencia y/o el éxito reproductivo de un organismo, como al proceso por el cual se adaptan los organismos.

[Por ejemplo, cuando decimos que una especie de mariposas está muy bien adaptada a su entorno porque sus colores la camuflan y así los depredadores no se la comen, estamos dando por sentado que gracias a ello sobrevive más y se reproduce más que si no estuviera adaptada al medio, que en el mismo ejemplo sería que tuviera una coloración que la hiciera destacar y por lo tanto sería presa fácil de los depredadores. Tener ese perfecto camuflaje no ha sido un cambio repentino, sino que se ha debido a pequeños cambios a lo largo de generaciones en las que un color “un poco” de camuflaje ya suponía una ventaja para la mariposa que había nacido así y para su descendencia. Ligeros cambios a lo largo del tiempo, seleccionados por el ambiente (depredadores) han dado, al fin, esa “perfecta adaptación al medio” que tantas veces nos maravilla por su perfección, por lo que adaptación también es el proceso de adecuarse a unas condiciones que permiten sobrevivir mejor y reproducirse más].

Hay tres distintos tipos de adaptación al medio en el que viven:

- **Morfológica o estructural:** estas adaptaciones pueden ser anatómicas, Como tener una pata transformada en aleta para nadar o ala para volar. También entran en este grupo de adaptaciones morfológicas las coloraciones que ayudan a camuflarse con el medio para pasar desapercibido. Puede saberse de qué se alimenta cada especie de ave por la forma de su pico, puesto que esta estructura está adaptada al tipo de alimentación.
- **Fisiológica o funcional:** es aquella que afecta al funcionamiento del organismo. Por ejemplo, tener una enzima para digerir un cierto tipo de moléculas o desarrollar una sustancia como la hemoglobina para transportar oxígeno dentro del organismo. Modificar la fase oscura de la fotosíntesis ciertos tipos de plantas (C4) para evitar el problema del exceso de oxígeno (fotooxidación) cuando se cierran los estomas de las hojas es también una adaptación fisiológica. Que las células musculares



dispongan de un mecanismo de fermentación láctica para poder obtener energía en condiciones de anaerobiosis, es otra adaptación fisiológica.

- **Etológica o de comportamiento:** hay muchos comportamientos que vienen marcados genéticamente y que suponen una ventaja reproductiva. Son conductas innatas, como el modo de cazar de los depredadores, el comportamiento de las presas para sobrevivir al ataque de los depredadores (permanecer muy quieto a la menor señal de alarma como algunos roedores, o salir volando a la menor señal de peligro, como muchos pájaros o vivir en manada, como las cebras, para sobrevivir mejor...), También son adaptaciones etológicas los cortejos que se dan en la mayor parte de las especies para encontrar pareja (desde aves a escorpiones pasando por tiburones...)

[Podría decirse que la evolución es la suma de las adaptaciones. La acumulación de cambios adaptativos lleva a la **especiación** o aparición de nuevas especies.

Se observan tres procesos fundamentales en el fenómeno de la adaptación: la **radiación adaptativa**, la **convergencia evolutiva**, y la **evolución regresiva**.

- **La radiación adaptativa (o divergencia adaptativa)** es el proceso por el cual una especie se expande, ocupa diversos hábitats y la selección natural favorece a aquellas estructuras adaptadas a ellos. Estas estructuras modificadas son **órganos homólogos**, puesto que han surgido como una adaptación funcional de un modelo original que poseía un antepasado común. Un ejemplo lo constituyen las extremidades anteriores de muchos mamíferos, que “se han ido adaptando” (es muy difícil expresarse de forma Darwinista y casi siempre observaremos en los textos un lenguaje Lamarquista) para cumplir distintas funciones: natatorias, en los cetáceos (delfines y ballenas); voladoras, en los murciélagos; andadoras, en el caballo; braquiadoras, en los primates... por un proceso de divergencia adaptativa. Ver diapositiva. (Recuerda el significado de diverger).

- **La convergencia evolutiva** es el proceso mediante el cual, especies de grupos de seres vivos distintos, en respuesta a las demandas de un mismo medio, dan lugar a estructuras parecidas, con una función similar; es decir, originan **órganos análogos**. Por ejemplo, para conquistar el medio aéreo, tanto las aves como los insectos han desarrollado alas a lo largo de la evolución (pero no proceden de un antepasado común). Otro ejemplo puede ser el aspecto tan parecido que presentan un delfín, un pez y un pingüino, con un cuerpo fusiforme y aletas natatorias. Un último ejemplo lo constituyen los ojos: es increíble el grado de parecido entre el ojo de los vertebrados y el de los moluscos cefalópodos (sepias, calamares y pulpos). Se ha llegado a una solución muy parecida para resolver un mismo problema. En ningún caso ambos ojos proceden de un antepasado en común y por eso se trata de otro caso de órganos análogos.

Por otra parte, podemos decir que la evolución y por tanto la adaptación es una “gran chapucera” puesto que casi siempre se producen los cambios a partir de lo que ya hay: la evolución reinventa, modifica e incluso da nuevas funciones a estructuras que antes tenían otras utilidades: Se cree que las plumas de las aves no fueron “inventadas” para volar sino que eran escamas reptilianas, muy ligeras y con una clara función termorreguladora (Los edredones de plumas son una prueba de ello). Sólo mucho más tarde resultaron ser unos elementos fantásticos para permitir el vuelo; de hecho, las escamas y las plumas están compuestas por queratina. Nuestros huesecillos del oído medio son homólogos de ciertos huesos de la mandíbula de los reptiles, adaptados a una nueva función y, por cierto, el oído

no es más que una readaptación de una porción del órgano del equilibrio que ya poseían nuestros antepasados peces (que eran sordos como tapias). Los pulmones de los vertebrados terrestres son una mejora de dos evaginaciones del esófago de ciertos peces (peces pulmonados que compensaban la falta de oxígeno del agua de sus charcas tomándolo del aire e introduciéndolo en esas cavidades). El propio pulgar del oso panda es una especie de dedo aparte de los otros cinco ¿Por qué no se empleó uno de los cinco dedos normales para convertirlo en un pulgar oponible como el nuestro, en vez de aprovechar un hueso de la muñeca?

- **La evolución regresiva.** La idea general que tenemos es que la vida con el tiempo ha ido complicándose: empezó con células semejantes a bacterias, continuaron los organismos unicelulares eucariotas, más tarde surgieron las algas pluricelulares y luego los animales. Los vertebrados surgieron mucho después y entre ellos, los mamíferos son “muy modernos”. De entre los mamíferos, los homínidos parecen ser un grupo de los últimos en aparecer y por supuesto nuestra especie, con unos 200.000 años es casi recién nacida.

Desde nuestro punto de vista, antropocéntrico, nos seguimos creyendo los reyes de la “creación” y que nosotros somos los más complejos y perfectos ¿no? Es algo natural creérselo y además casi todas las culturas y religiones nos lo enseñan desde pequeños. Pero esto no es así y hay que asumirlo:

Debe quedar claro que cualquier ser vivo que actualmente habite la Tierra es tan perfecto como nosotros en cuanto a que sobrevive, desarrollándose y reproduciéndose y por lo tanto tiene el mismo éxito que nosotros, a pesar de que pueda ser más sencillo en sus estructuras. Desde este punto de vista, una bacteria, un hongo o una hormiga no tienen nada que envidiarnos.

Por otra parte, es difícil en muchos casos decidir qué significa lo de la complejidad: ¿un cangrejo es menos complejo en sus estructuras internas o en su funcionamiento que una lagartija? ¿En qué es más complejo o perfecto un humano que un chimpancé? En este último caso la diferencia está en un cerebro más grande (las conductas derivadas de este cerebro más grande sí podemos calificarlas de mucho más complejas, pero no la fisiología del cerebro).

Pero volvamos al tema en cuestión, esto es, la evolución regresiva. En ocasiones, encontramos organismos que estructuralmente son muy simples y que por lo tanto podríamos presuponer que son primitivos. Sin embargo, un estudio detallado nos hará ver que pertenecen a grupos de organismos más complejos y que a lo largo del tiempo la evolución ha seleccionado a individuos más simples que sus antepasados. Al igual que tener unos ojos perfectos no era un aspecto importante para un topo y al cabo del tiempo la selección natural ha elegido por el contrario a individuos con el sentido del tacto desarrollado, otras especies han podido “ir perdiendo” algunos de sus órganos y estructuras, ya que esta simplificación o regresión (marcha atrás) les era ventajosa en un nuevo medio ambiente. Siempre debemos pensar como lo haría Darwin: los individuos no son idénticos desde el nacimiento y el medio ambiente selecciona a los más aptos en unas condiciones determinadas.

Veamos ejemplos: la **tenia o solitaria** es un gusano parásito del intestino humano. Puede alcanzar más de 5 metros de longitud y no tiene ojos ni boca ni aparato digestivo. Es muy simple y a pesar de ello más moderno que la especie humana, puesto que antes de que esta existiera, no habría podido sobrevivir este gusano. Sin embargo, es muy probable que sus antepasados hayan tenido esos órganos, necesarios para sobrevivir en



otros medios. Dentro del intestino delgado, con los nutrientes de la digestión a mano es ventajoso no tener ni ojos ni aparato digestivo: la ventaja está en la economía.

Otro ejemplo muy sencillo de recordar son los **virus**. Como sabemos, los virus no llegan a ser células, son los organismos más simples que se conocen, sólo son un ácido nucleico envuelto en una cápsula de proteína. Todos los virus son parásitos celulares que viven a costa de otros organismos más complicados de manera obligada: ¿Cómo puede ser esto? Sin duda los virus son más modernos que los organismos a los que parasitan y por lo tanto deben proceder por evolución de aquellos. Si son tan simples es porque muy posiblemente han sufrido una evolución regresiva que “los ha simplificado”.

El que las serpientes no tengan patas, los avestruces sean incapaces de volar o que nosotros mismos tengamos el apéndice vermiforme en nuestro intestino son pruebas de evolución regresiva que por otra parte demuestran que procedemos de antepasados que sí poseían ciertas características bien desarrolladas.

La pata de un caballo, con un solo dedo desarrollado y restos de otros dedos fusionados al primero es un caso de evolución regresiva: ¿eres capaz de alcanzar a un caballo corriendo detrás de él? Los antepasados de los insectos poseían decenas de pares de patas (como los ciempiés actuales) y por evolución regresiva tienen tres pares: habiendo en la actualidad un millón de especies de insectos, ¿podemos decir que esta evolución regresiva no ha supuesto un éxito? ¿La evolución siempre tiende a la complejidad?

Resumiendo: la evolución regresiva puede entenderse como un conjunto de cambios a lo largo del tiempo que sufren ciertas especies y que las llevan a una simplificación de sus estructuras y aparatos produciéndose siempre estos procesos por los mecanismos darwinianos estudiados (no se pierden los órganos “por no usarlos” como decía Lamarck.)]

3.6. EVOLUCIÓN Y BIODIVERSIDAD

Se denomina biodiversidad o diversidad biológica a la variedad de seres vivos. Podemos referirnos a la biodiversidad total, considerando todas las especies que hay en nuestro planeta, biodiversidad del pasado, incluyendo a las especies fósiles, biodiversidad de un ecosistema, de un país, de una región, etc.

No hay un acuerdo sobre el número total de especies que existen y han existido en la Tierra. Se ha clasificado a casi dos millones de ellas, pero se calcula que debe de haber varias veces más ese número.

Cuanto más variados sean los hábitats de una región, mayor será el número de ecosistemas y en consecuencia mayor número de especies existirán, por lo que habrá mucha diversidad biológica (nuestro país, con su diversidad de climas y su variada topografía, cuenta con una biodiversidad muchísimo más alta que la que presentan países como Francia o Alemania).

Los ecosistemas con la mayor biodiversidad son sin duda las selvas ecuatoriales, lugares en los que la temperatura y la humedad son altas –y constantes- todo el año (hay muchos nichos ecológicos). Los ecosistemas más pobres en diversidad son aquellos en los que las condiciones de vida son extremas, hay pocos recursos y sólo unas pocas especies muy especializadas pueden habitarlos (por ejemplo, los desiertos, las zonas polares o las cumbres de las altas montañas).

La destrucción de numerosos hábitats por parte de la especie invasora *Homo sapiens*, está haciendo disminuir día a día la biodiversidad mundial. De hecho, están desapareciendo especies que ni siquiera han llegado a ser descubiertas y clasificadas (Se está hablando de la sexta gran extinción que ha habido en nuestro planeta desde los orígenes de la vida).

La biodiversidad ha sido posible gracias al fenómeno de la evolución, que a su vez se debe a la existencia de las mutaciones del material hereditario y a la existencia de mecanismos que permiten la mezcla aleatoria de las distintas alternativas o alelos surgidos de esas mutaciones (reproducción sexual...). Gracias a ello estamos aquí, en la actualidad, millones de especies diferentes.

Un hecho muy llamativo es que en nuestro planeta **TODOS los seres vivos** que la habitamos procedemos de un antepasado común. El mecanismo de la evolución funcionando, tal y como se ha comentado en este tema, ha permitido la aparición de nuevas especies a lo largo del tiempo (más de 3.800 millones de años). La mejor prueba de ello es que no solo todos compartimos los mismos tipos de biomoléculas (glúcidos, lípidos, ácidos nucleicos, proteínas) sino que muchas de ellas son las mismas o muy parecidas (glucosa, ADN, ...) Pero lo que nos hace parientes a todos es que compartimos el código genético, es decir, la manera en la que va guardada la información dentro del ADN. Y esto vale incluso para los virus, organismos no considerados seres vivos.

Este parentesco es el que ha permitido, por ejemplo, introducir en una bacteria el gen de la insulina humana y que dicha bacteria sea capaz de leerlo y fabricar insulina humana.