

LA NATURALEZA DE LA EVOLUCIÓN. MECANISMOS Y PRUEBAS. PRINCIPALES TEORÍAS.

1. INTRODUCCIÓN.

2. PRINCIPALES TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN.

- 2.1. Las ideas evolucionistas.
- 2.2. Teorías evolucionistas.
 - 2.2.1. Aportaciones de Lamarck.
 - 2.2.2. Darwinismo.
 - 2.2.3. El Neodarwinismo o teoría sintética.
 - 2.2.4. Alternativas a la teoría sintética.

3. EL HECHO DE LA EVOLUCIÓN. PRUEBAS.

- 3.1. Pruebas Paleontológicas.
- 3.2. Pruebas morfológicas o anatómicas.
- 3.3. Pruebas biogeográficas.
- 3.4. Pruebas embriológicas.
- 3.5. Pruebas bioquímicas.
- 3.6. Pruebas inmunológicas.
- 3.7. Pruebas de Adaptación/Mimetismo.
- 3.8. Prueba de la domesticación.

4. MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN.

- 4.1. Ley de Hardy-Weinberg.
- 4.2. Base molecular de la evolución.
 - 4.2.1. Mutaciones.
 - 4.2.2. Selección natural.
 - 4.2.3. Equilibrio Mutación- Selección.
 - 4.2.4. Alelismo múltiple y eficacia de los híbridos.
 - 4.2.5. Recombinación genética.
 - 4.2.6. Panmixia.
- 4.3. La adaptación.
 - 4.3.1. Deriva genética.
 - 4.3.2. Flujo genético o migración.
 - 4.3.3. Coevolución.
- 4.4. Formación de nueva especies.
- 4.5. Microevolución y Macroevolución.

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia del pensamiento humano han existido dos posiciones antagónicas para explicar el origen de la vida y de las distintas formas de vida que habitan en la Tierra. La **visión inmovilista**, que acepta que los seres vivos fueron creados en algún momento y que desde entonces han permanecido inmutables, siendo las diferencias y similitudes observadas accidentales. La otra, la **visión dinámica**, admite el cambio y la sucesión de las especies biológica. Pocas ideas han cambiado tan profundamente nuestra visión de la naturaleza como la misma idea de cambio que implica la evolución de los seres vivos, que conecta a la enorme diversidad del mundo vivo, ya que todos los seres vivos comparten antecesores comunes.

La evolución es el gran principio unificador de la Biología, sin ella no es posible entender ni las propiedades distintivas de los organismos, sus adaptaciones; ni las relaciones de mayor o menor proximidad que existen entre las distintas especies.

2. PRINCIPALES TEORÍAS DE LA EVOLUCIÓN

2.1. Las ideas preevolucionistas.

La antigüedad se caracteriza por dar explicaciones místicas y religiosas al problema del origen de la naturaleza. Los filósofos griegos fueron los primeros en buscar una explicación natural del origen del mundo, dando una visión dinámica de la naturaleza. Aristóteles (384-322 a.C.) realizó estudios de anatomía comparada, deduciendo que la naturaleza progresa desde los seres más sencillos hasta los más complejos. Sus ideas sobre el origen de las especies vivas eran **fijistas**, es decir cada especie ocupa un sitio inamovible, y sus diferencias se debe a que fueron creados distintos por un Dios creador. Los fósiles de los seres vivos diferentes a los actuales serían restos de creaciones anteriores.

Este pensamiento permaneció durante toda la Edad Media, complementado con el **Creacionismo**, que pretende explicar el origen de la naturaleza basándose en las enseñanzas de la Biblia.

2.2. Teorías evolucionistas.

2.2.1. *Aportaciones de Lamarck (1744 – 1829).*

Jean Baptiste Lamarck fue el primero en aventurar una explicación global del hecho de la evolución biológica. Para él, la evolución es una consecuencia de la adaptación de los seres vivos al ambiente. El estudio de las especies fósiles le llevó a la conclusión de que éstas podían derivar de tipos primitivos por transformaciones sucesivas.

Lamarck planteó dos leyes, que se han denominado de forma abreviada como “uso y desuso de los órganos” y la de la “herencia de los caracteres adquiridos”:

1º. En todo animal el uso frecuente y sostenido de un órgano, lo desarrolla poco a poco, proporcionalmente a la duración de su empleo. La falta constante de uso de un órgano, lo debilita gradualmente y acaba por hacerlo desaparecer.

2º. Todo lo que la naturaleza ha hecho adquirir o perder a los individuos por la influencia de las circunstancias y, por tanto, por la del uso o falta de uso de cualquier órgano, lo conserva a través de la descendencia, siempre que los cambios adquiridos sean comunes a ambos sexos.

La principal aportación de Lamarck al evolucionismo es la idea de la adaptación como motor de la evolución. Las modificaciones en el entorno de una especie generan nuevas necesidades, en respuesta a las cuales los organismos se ven obligados a utilizar un órgano determinado, es decir, "la función hace al órgano". Actualmente la herencia de los caracteres adquiridos es rechazada por la Genética.

2.2.2. Darwinismo (Charles Darwin 1809 - 1882).

A Charles Darwin se le reconoce como el responsable de nuestra comprensión básica del proceso evolutivo, aunque enunció su teoría sobre la evolución conjuntamente con Wallace (1823-1913).

Tanto Darwin como Wallace se habían basado en la obra de Malthus sobre el crecimiento de la población, en la cual se establece que, aunque el crecimiento de las poblaciones tiende a ser muy elevado (crecimiento exponencial), éste se mantiene constante dado que la disponibilidad de alimentos (aumentan aritméticamente) y espacio son limitados, por tanto, la competencia por los mismos es obligada. Además Darwin observó que mientras la herencia es obviamente conservadora, en el sentido de que los miembros de la misma familia se parecen unos a otros, esto no sucede de manera exacta, ya que los descendientes de los mismos padres no son todos idénticos.

Por lo que Darwin pensó que en la naturaleza, los individuos con cualidades que les permitiesen ajustarse mejor a sus ambientes (ser más fecundos, ser superiores a otros individuos de su especie, etc), tenderían a dejar más descendencia. Así, estas cualidades, que son frecuentemente heredables, se incrementan proporcionalmente en las generaciones sucesivas. Además, no todos los descendientes sobreviven, sino sólo aquellos que se encuentran mejor adaptados a las condiciones ambientales. Es lo que Darwin llamó **Selección Natural** (el ambiente selecciona aquellos caracteres que hacen a los seres vivos más aptos para sobrevivir en ese entorno, por medio de la eliminación de los peor adaptados).

La teoría de Darwin se apoyaba principalmente sobre dos procesos:

- la variación hereditaria (característica de prácticamente todos los grupos de animales y plantas)
- la preservación e incremento de las variaciones favorables. Todo grupo de organismos produce un exceso de descendientes aunque la mayoría morirá antes de reproducirse.

El ambiente es la causa fundamental de la selección natural, ya que aquellos peor adaptados para vivir en él, eran progresivamente eliminados. Los mejor adaptados irían progresivamente

acumulando variaciones favorables a lo largo de varias generaciones hasta que a partir del grupo original se formaría una nueva especie.

El Darwinismo tiene dos puntos que han sido superados por la moderna Biología: no explica el por qué de la variabilidad de las poblaciones naturales y cree en la herencia de los caracteres adquiridos. Su gran aportación es la idea de la selección natural, y la concepción de la población, más que el individuo, como sujeto de la evolución.

2.2.3. El Neodarwinismo o teoría sintética.

El redescubrimiento del trabajo de Mendel en los primeros años del siglo XX supuso un golpe al darwinismo, ya que el mendelismo originó una nueva metodología experimental que promovió una nueva corriente antidarwiniana llamada el mutacionismo (Hugo de Vries), que defendía una evolución a saltos propulsada por la única fuerza de las mutaciones genéticas.

En el primer tercio del siglo XX, dominaba una continua lucha de datos y afirmaciones entre fijistas, lamarckistas, darwinistas, genetistas, etc. Gracias a los esfuerzos de Dobzhanski, Mayr y Simpson, entre otros, nació una concepción general e integradora, la **teoría sintética de la evolución** o **Neodarwinismo**. Se trata de una teoría que intenta dar explicaciones a los mecanismos que han hecho posible la evolución biológica, armonizando las ideas de Darwin y las aportaciones de la Biología actual, especialmente de la Genética (principalmente con la teoría cromosómica de la herencia y la genética de poblaciones), la Sistemática, la Paleontología y la Biología Molecular.

La teoría sintética de la evolución se caracteriza por un rechazo de la herencia de los caracteres adquiridos, la ratificación de los gradualismos en la evolución y el reconocimiento del mecanismo de la selección natural con sus dos fases actualizadas. Por un lado, las mutaciones explican las variaciones azarosas que se producen en los organismos (son el motor de la evolución). Por otro lado, la selección natural dirige el curso de la evolución eliminando las variaciones menos ventajosas y haciendo que sobrevivan los individuos mejor dotados, es decir, aquellos en los que se han producido mutaciones favorables para la adaptación al medio.

2.2.4. Alternativas a la teoría sintética.

Aunque existe un amplio consenso en la aceptación de la teoría neodarwinista, siguen existiendo problemas por resolver y aspectos de la evolución que no puede explicar. Las principales críticas proceden de la deficiente explicación que da para la especiación y para la macroevolución.

Se pueden definir dos tendencias, una que considera un papel menos importante de la selección natural, dejando paso al azar en la evolución (Neutralismo y Equilibrio intermitente), y otra tendencia que tiene como máximo exponente doctrinal la denominada teoría del "gen egoísta". Ninguna de estas escuelas supone un rechazo global al Neodarwinismo, sino que contienen matizaciones importantes al mecanismo general presentado por esta escuela, pero aceptando siempre el papel de las mutaciones, la selección natural y la deriva genética como mecanismos evolutivos.

- Teoría de los equilibrios intermitentes o puntuado (Eldredge y Gould (1972)): defiende que las especies permanecen inalteradas durante largos períodos de tiempo, para luego presentar una gran cantidad de modificaciones evolutivas en un corto período, que conducen a la formación de nuevas especies, que son las que tienen éxito evolutivo (en lugar de los individuos, como afirmaba Darwin). La causa principal de la especiación es el aislamiento reproductor provocado por una mutación al azar. De esta forma la evolución se produciría a saltos intermitentes (equilibrio-salto...).

- El Neutralismo (Kimura): para esta escuela, la selección natural no juega un papel principal. Cualquier mutación es válida para una población, pues las condiciones ambientales cambian al azar. Es por tanto el azar el que determina que una población evolucione en un sentido u otro (por ejemplo, en una inundación de una pradera, no se salvan los animales y vegetales más resistentes al agua, sino los que se encuentran en los lugares más elevados en el momento de la inundación).

Esta hipótesis afirma que la mayoría de las mutaciones en el ADN, no afectan a la estructura y función de las proteínas, por lo tanto, ni favorecen ni perjudican a los organismos (no suponen ninguna ventaja desde el punto de vista de la adaptación al medio ambiente). Al heredarse estos genes, se producen variaciones en los individuos que provocan la aparición de nuevas especies.

- Teoría del “gen egoísta” (Wilson, Dawkins y Trivers): esta teoría está en contradicción con el neodarwinismo en el sentido que propone como unidad básica de la evolución al gen. La competición no se produce entre individuos, sino entre alelos rivales. Sólo los genes existen como unidades permanentes a lo largo de la evolución, ya que las dotaciones cromosómicas de los individuos sólo duran una generación, para en la siguiente ser una mezcla de dotaciones paternas y maternas.

- Tendencias neolamarckista: La genética moderna es contraria a la creencia de que los caracteres adquiridos emigran a las células germinales, pasando finalmente a la descendencia. Pero se conocen mecanismos que en determinadas circunstancias pudieran tener consecuencias similares a los propuestos por Lamarck, como es la traducción provocada por virus lisogénicos o la presencia de transposones.

- Teorías finalistas (Grassé): defienden que la evolución se debe más al azar de lo que supone el Neodarwinismo. Es decir, la evolución ha ocurrido, pero podía no haber ocurrido, o podía haber ocurrido de otra manera.

-

3. EL HECHO DE LA EVOLUCIÓN. PRUEBAS.

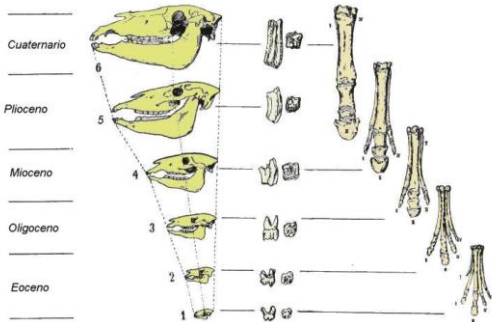
La formulación de la teoría evolutiva se sustenta en un gran número de datos, y evidencias que ponen de manifiesto la evolución histórica de la vida. Podemos destacar:

3.1. Pruebas Paleontológicas.

La Paleontología es la ciencia que estudia el registro fósil, es decir, los restos de animales y vegetales que habitaron la Tierra en épocas pasadas. Esta ciencia demuestra la existencia de un proceso de cambio, mediante la presencia de restos fósiles de flora y fauna extinguida y su

distribución en los estratos (principio de superposición de estratos). Estos estudios nos revelan una creciente complejidad de los organismos a medida que se asciende de los estratos más antiguos a los más modernos y un aumento de la diversidad de estos.

- **Series filogenéticas.** La reconstrucción del proceso evolutivo de un organismo a partir del estudio de los restos fósiles, es una de las evidencias más fuertes que apoyan al proceso evolutivo.



Disponemos de algunas series continuas que permiten seguir la evolución de alguna especie. Un ejemplo es la evolución de los caballos para adaptarse a las grandes praderas abiertas por las que corrían.

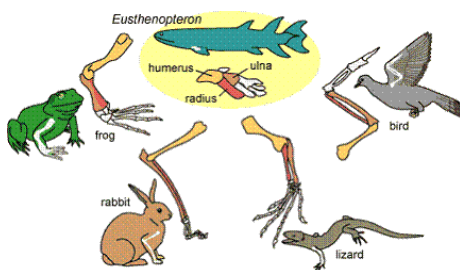
- **Formas intermedias.** Otras veces se encuentran fósiles de formas intermedias entre dos grupos de seres vivos actuales, que podrían ser consideradas como eslabones evolutivos entre ambos.

El *Archaeopteryx* es un ave cuyas plumas son perfectamente visibles, pero con dientes en su pico y garras de reptil en sus alas, verdadero ejemplo de la evolución desde los pequeños dinosaurios del Mesozoico y las aves actuales

3.2. Pruebas morfológicas o anatómicas.

La ciencia que analiza las similitudes entre las morfologías y las estructuras de los órganos de los seres vivos o de los fósiles, se denomina anatomía comparada o morfología, y supone una línea de evidencias del proceso evolutivo. Los estudios morfológicos nos permiten distinguir entre:

- **Órganos homólogos:** son órganos que presentan el mismo origen embrionario y una estructura interna semejante, pero con funciones distintas, fruto de las diversas modificaciones adaptativas a distintos hábitats (evolución divergente).



Por ejemplo, las extremidades de los vertebrados tetrápodos (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), que tienen un origen común, derivado de peces ancestrales.

- **Órganos análogos:** son órganos que presentan distinto origen embrionario, pero tienen una forma semejante, ya que realizan la misma función (evolución convergente). Por ejemplo las alas de los insectos y de las aves.

- **Órganos vestigiales:** son órganos que por no desarrollar ninguna función terminan por atrofiarse. Por ejemplo, el segundo par de alas de las moscas, las muelas del juicio, el apéndice, etc.

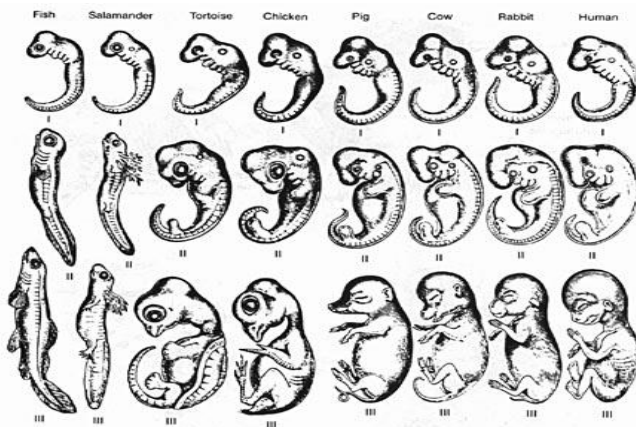
3.3. Pruebas biogeográficas.

El hecho de que no exista una presencia uniforme de especies en todo el planeta, es una prueba de que las barreras geográficas o los mecanismos de locomoción o dispersión han impedido su distribución, a pesar de que existen hábitats apropiados para su desarrollo.

Por ejemplo, existen monos en América del Sur y África ya que estos se separaron hace millones de años, por lo que las faunas actuales han evolucionado a partir de esos antepasados comunes. En cambio, Australia tiene una fauna radicalmente diferente; se debe a que se separó mucho antes.

3.4. Pruebas embriológicas.

La embriología estudia la ontogénesis, es decir, las distintas formas por las que pasa un organismo desde la fase de huevo hasta su estado de adulto. Al estudiar el desarrollo embrionario de los animales se descubre que en las fases iniciales existen muchas semejanzas, y más cuanto más próximos son los animales.



Por ejemplo, todos los embriones de vertebrados poseen cola y arcos branquiales en las primeras fases del desarrollo embrionario. Más tarde, a medida que avanza el desarrollo, algunos animales conservan estas estructuras, mientras que otros las pierden. Parece evidente que los embriones que presentan características similares tienen un antecesor común.

3.5. Pruebas bioquímicas.

Cuanto más parecidos son dos organismos, más coincidencias existen entre las moléculas que lo forman. Las moléculas que se suelen estudiar son las proteínas y el ADN. Basándose en ellas, se han podido confeccionar árboles filogenéticos entre especies.

3.6. Pruebas inmunológicas.

Se basan en las reacciones antígeno-anticuerpo. Su fundamento radica en el hecho también conocido, de que las proteínas de los seres vivos son específicas; pero esta especificidad es tanto menor (es decir, las proteínas son tanto más parecidas) cuanto mayor sea el parentesco filogenético.

3.7. Prueba de Adaptación/Mimetismo.

En 1848 se descubrió en Manchester una mariposa (*Biston betularia*) originalmente de color blanco, que mutó al color negro, después de que se hubiese adaptado al ennegrecimiento de los troncos de abedul producido por los humos de las fábricas. Las aves actuaron aquí como agentes de la selección natural. El Mimetismo tiene un mecanismo similar al de la adaptación; mediante esta característica los animales pueden confundirse para no ser detectados, sea mediante la adopción de ciertas formas, o cambios momentáneos de color de la piel acordes con el entorno.

3.8. Prueba de la domesticación.

Son un claro ejemplo de cambios evolutivos provocados en este caso por la mano del hombre. Las actividades agrícolas o ganaderas de los humanos, han proporcionado campo de experimentación en animales y vegetales; así, se ha logrado una gran variabilidad de formas muy diferentes de los especímenes ancestrales; ejemplo: los cruces entre razas de perros, caballos, vacas, ovejas, gallinas, o plantas comestibles, sobre todo cereales. Todo ello resultado de cambios evolutivos controlados.

4. MECANISMOS DE LA EVOLUCIÓN.

Una **población biológica** como un conjunto de individuos que se reproducen entre sí en un espacio determinado. Tiene lugar lo que se denomina “flujo de genes” en el interior de una población que hace que a lo largo de varias y sucesivas generaciones, el contenido genético de una población se mezcla con el de poblaciones vecinas a través de las hibridaciones, y el resultado será que la carga genética total de una especie se redistribuye continuamente entre sus miembros. Sobre este contenido genético es sobre el que actúa la evolución. La suma de todos los genes y las combinaciones de genes que existen en un grupo, es lo que se conoce como acervo genético.

4.1. Ley de Hardy-Weinberg.

Hardy y Weinberg enunciaron que en una población panmíctica (en la que todos los individuos pueden aparearse al azar) en equilibrio (el nº de individuos se mantiene constante de generación en generación), en la que no actúen la selección ni la mutación y con un elevado nº de individuos, la proporción de los genes y de los genotipos se mantiene constante de una generación a la siguiente.

Cuando en una población hay selección, o disminuye el nº de sus individuos al escindirse en subpoblaciones, o no hay panmixia, o aparecen mutaciones, no se cumple la ley. Las frecuencias génicas van variando de generación en generación, dando lugar a poblaciones de individuos con características distintas de las de sus antecesores. Este proceso se denomina evolución de las poblaciones y puede dar lugar a nuevas especies.

4.2. Base molecular de la evolución.

4.2.1. *Mutaciones.*

Las características y el comportamiento de los organismos dependen, en último término, de la secuencia de aminoácidos de sus proteínas constituyentes y, por tanto, de la secuencia de bases en los genes que codifican estas proteínas. Según parece, la mayoría de los cambios evolutivos se produce por acumulación gradual de mutaciones en los genes, además de por variaciones en su cantidad y organización.

La posibilidad de evolución aumenta cuanto más variabilidad genética exista en esa población. Es decir, cuántos más alelos haya y más variables sean, mayor será la probabilidad de que alguno aumente su frecuencia a costa de otros.

Las mutaciones pueden darse en tres niveles diferentes, a nivel molecular (mutaciones génicas o puntuales), a nivel cromosómico y a nivel genómico.

- **Mutaciones génicas o puntuales:** afectan la constitución química de los genes. Se originan por: **Sustitución.** Donde debería haber un nucleótido se inserta otro.

Inversión, mediante dos giros de 180° dos segmentos de nucleótidos de hebras complementarias se invierten y se intercambian.

Translocación. Anomalía debida al cambio de posición de un segmento cromosómico.

Desfasamiento. Al insertarse (inserción) o eliminarse (delección) uno o más nucleótidos se produce un error de lectura durante la traducción que conlleva a la formación de proteínas no funcionales.

SUSTITUCIÓN	GCTCCTA → GTCCTA
INVERSIÓN	ATGATTCGTCA → ATGATGCTCA
TRANSLOCACIÓN	AGGTACCAT → AACCGGTAT TCCATCCTA → TTGGCCATA
INSERCIÓN	GCATACCG → GCATTCATACCG
DELECCIÓN	CACTAGGCATC → CACT*ATC

- **Mutaciones cromosómicas:** afectan a un segmento de cromosoma (mayor de un gen), por tanto a su estructura. Estas mutaciones pueden ocurrir por:

Delección. Es la pérdida de un segmento cromosómico, terminal o intercalar. Cuando ocurre en los dos extremos, la porción que porta el centrómero une sus extremos y forma un cromosoma anular.

Inversión. Cuando un segmento cromosómico rota 180° sobre sí mismo y se coloca en forma invertida, por lo que se altera el orden de los genes en el cromosoma.

Duplicación. Repetición de un segmento cromosómico.

Translocación. Intercambio de segmentos entre cromosomas no homólogos, recíproca o no.

Isocromosomas. Estos se forman cuando el centrómero, en lugar de dividirse longitudinalmente, lo hace en forma transversal

- **Mutaciones genómicas**

Euploidía: afecta al conjunto del genoma, aumentando el número de juegos cromosómicos (poliploidía) o reduciéndolo a una sola serie (haploidía o monoploidía).

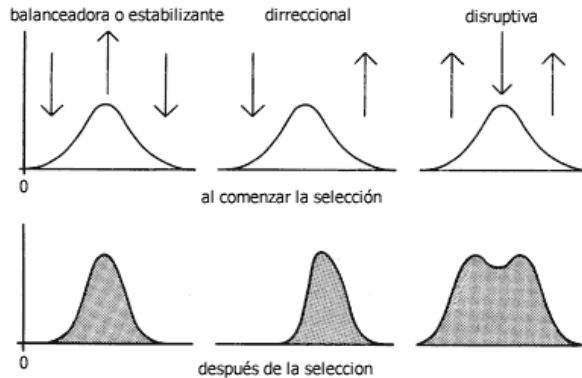
Aneuploidía: afecta al número de cromosomas individualmente (por defecto o por exceso). Ocurre durante la meiosis cuando los cromosomas homólogos no se separan (disyunción) y ambos se incorporan a un mismo gameto. Cuando este gameto fecunda a otro se originará un cromosoma triplicado (**trisomía**). De igual forma también habrá gametos que tendrán un cromosoma menos y, por ello, cuando fecunden a otro normal, el individuo tendrá un cromosoma menos (**monosomía**).

4.2.2. Selección natural

La desaparición o eliminación de genes se produce mediante dos procesos, la eliminación masiva y la eliminación selectiva o selección.

La **eliminación masiva** es totalmente aleatoria y afecta a gametos, cigotos e individuos en fases juveniles (ejemplo, en las hembras de mamífero sólo se fecundan unos pocos óvulos).

La **eliminación selectiva o selección natural**, es un tipo de eliminación dirigido que se debe a la acción de un agente selectivo (variaciones del medio, efecto de parásitos, etc), que favorece la eliminación de individuos con determinados genotipos. Es el proceso de mayor supervivencia y reproducción de los "favorecidos", por analogía con la selección artificial practicada por los criadores de animales y plantas domésticos. Existen distintos tipos de selección natural:



- Selección normalizadora o estabilizante: implica la eliminación de los extremos, dando lugar a una población más uniforme.

- Selección direccional: un extremo se elimina gradualmente a favor del otro.

- Selección disruptiva: se eliminan las formas intermedias, produciéndose 2 poblaciones.

- Selección dependiente de frecuencia: la especie de un fenotipo disminuye a medida que se hace más común en la población, y se incrementa a medida que se hace menos frecuente.

- Selección sexual: es el resultado de la competencia en la búsqueda de pareja. Puede aumentar en gran medida la reproducción diferencial, sin mejorar la adaptación a otros factores ambientales.

La selección natural es un proceso oportunista que implica interacciones entre organismos individuales, su ambiente físico y su ambiente biológico. Generalmente, el resultado es la adaptación (aunque imperfecta) de las poblaciones a su ambiente. Las variables que determinan en qué dirección irá, son el ambiente, la constitución preexistente en los organismos y las mutaciones. Además es posible que la adaptación a un mismo ambiente ocurra de formas diferentes.

4.2.3. Equilibrio Mutación-Selección

La mutación induce la aparición de nuevos alelos y la selección actúa eliminando los alelos menos aptos. Como la frecuencia de mutación suele ser muy baja (del orden de 10^{-5} o menor), es suficiente un valor bajo de selección para casi anular la presencia de un alelo.

4.2.4. *Alelismo múltiple y eficacia de los híbridos*

En una población grande pueden existir varios alelos para un locus, aunque sólo existan dos en cada individuo. Esta variabilidad hereditaria constituye un requisito previo para el cambio evolutivo. Ya que en unas determinadas condiciones ambientales se verá favorecido un alelo, y en otras otro, una población con una variabilidad genética alta estará más protegida contra futuros cambios ambientales.

La superioridad de los heterocigotos sobre los homocigotos se suele traducir en una mayor longevidad y una mejor resistencia a las enfermedades, es decir, en una mayor eficacia biológica.

4.2.5. *Recombinación genética*

La reproducción sexual genera una enorme cantidad de variabilidad genética, incrementándose en gran medida las posibilidades de evolución. Esto proporciona a la población una adaptabilidad a un ambiente cambiante muy superior a la de una especie con reproducción asexual.

4.2.6. *Panmixia*

Existe panmixia en una población cuando todos los individuos pueden aparearse al azar. Impiden la panmixia, las barreras geográficas y determinadas estructuras y organizaciones de algunas poblaciones. La falta de panmixia conduce a la consanguinidad, que favorece la aparición de la homocigosis y, por tanto, la aparición de las características recesivas.

4.3. La adaptación

Puede definirse la adaptación como el proceso de cambio evolutivo mediante el cual los organismos resuelven cada vez mejor los problemas de supervivencia que el medio ambiente les plantea. La interacción entre el organismo y el medio es constante y recíproca, lo que produce tanto un cambio evolutivo del propio organismo, como frecuentemente una modificación en las características del medio causadas por el organismo

4.3.1. *Deriva genética*

La **deriva genética** es una fuerza evolutiva que actúa junto con la selección natural cambiando las características de las especies en el tiempo. Es un efecto que se debe al azar debido al muestreo aleatorio en la producción de progenie. Por ejemplo, si un gen productor de un carácter concreto está ligado a otro que se selecciona positivamente, la frecuencia del primero aumentará en la población. Como la selección natural, actúa sobre las poblaciones, alterando la frecuencia de los

alelos (frecuencia alélica) y la predominancia de los caracteres sobre los miembros de una población, y cambiando la diversidad del grupo. Los efectos de la deriva se acentúan en poblaciones de tamaño pequeño (como puede ocurrir en el efecto de cuello de botella), y resultan en cambios que no son necesariamente adaptativos.

4.3.2. *Flujo genético o migración*

En una población se produce una migración cuando recibe individuos de otra población (inmigración) o cuando pierde individuos propios (emigración). Una población puede aumentar su fondo genético común mediante el aporte de alelos traídos por inmigración. Estos aportes de alelos variarán las frecuencias génicas de la población autóctona.

4.3.3. *Coevolución*

Las diferentes especies de organismos interactúan entre sí a lo largo del tiempo, por lo que pueden evolucionar juntos, adaptándose uno a otro en un proceso similar a la adaptación al medio ambiente. Es, por ejemplo, el caso de la convolución de las flores y los agentes polinizadores.

4.4. Formación de nuevas especies

Una especie es un grupo de organismos que se caracterizan por tener una forma, un tamaño, una conducta y un hábitat similar y porque estos rasgos comunes permanecen constantes a lo largo del tiempo. La naturaleza seleccionará los individuos más aptos dentro de una población (selección natural), ya que tendrán mayor probabilidad de llegar a transmitir sus genes (reproducirse). De este modo, con el tiempo, la población irá cambiando. Si una población cambia tanto que llega a aislarse genéticamente y resulta imposible la reproducción de los individuos de esta población con la de otras poblaciones de la misma especie, diremos que ha aparecido una nueva especie. Este mecanismo se denomina **especiación** y puede tener lugar de varias formas:

1. Especiación alopátrida. Las poblaciones quedan aisladas por barreras naturales de tipo geográfico (islas, valles aislados, etc.), evolucionando por separado y dando origen a nuevas especies.

2. Especiación simpátrida. El aislamiento reproductivo de las poblaciones se produce en una misma zona geográfica, por diferentes causas:

- Aislamiento temporal: la época de maduración de los órganos sexuales es distinta.
- Aislamiento etológico: Aparecen variaciones en las pautas de comportamiento de las poblaciones (sobre todo referidas al cortejo o galanteo).
- Aislamiento ecológico: las poblaciones se especializan en un determinado hábitat.
- Aislamiento sexual: En una misma especie se puede dar la cópula con más frecuencia entre determinados individuos, bien sea por dificultades de acoplamiento (San Bernardo-chihuahua) o por estímulos visuales, auditivos u olfatorios que hagan más atractivos a ciertos individuos.

3. Especiación parapátrica. Tiene lugar cuando una población de una especie que tiene una amplia distribución entra en un nuevo nicho o hábitat. Aunque no surja ninguna barrera física, la ocupación del nuevo nicho puede dar lugar a una barrera y disminuir el flujo genético entra la población en el nuevo nicho y el resto de la especie. Los mecanismos de aislamiento reproductivo producirán dos especies donde antes había una. Este tipo de especiación es frecuente entre organismos con poca capacidad de dispersión (caracoles, saltamontes y plantas anuales).

En principio, las poblaciones aisladas poseen la misma dotación genética que la especie original. No obstante, las mutaciones dan lugar a nuevas variaciones hereditarias en estas poblaciones. Si las condiciones ambientales son distintas, la selección natural actuará de diferente manera en cada una de las poblaciones separadas. De este modo, las poblaciones aisladas se adaptan al medio específico y son cada vez más diferentes de la población original.

En ocasiones, un aislamiento prolongado da lugar a poblaciones tan distintas de la original que pierden la capacidad de cruzamiento con ésta. A este fenómeno se le denomina aislamiento reproductor, el cual implica cambios genéticos, fisiológicos y estructurales entre los individuos de una población que impiden el cruzamiento con los de otras poblaciones. A partir de este momento, y aunque la barrera desaparezcan y vuelvan a estar juntas, dichas especies no pueden reproducirse y dejar descendientes fértiles. La especie originaria se ha convertido en 2 especies.

Los mecanismos de aislamiento reproductivo impiden que dos especies diferentes se crucen.

- Mecanismos precigóticos que impiden la fecundación y formación del cigoto:

1. aislamiento ecológico: las poblaciones viven en la misma región pero ocupan diferentes hábitats.
2. aislamiento etológico (sólo en animales): las poblaciones están aisladas por una conducta incompatible durante el cortejo.
3. aislamiento temporal o estacional: las poblaciones coexisten en la misma región pero son sexualmente maduras en diferentes momentos.
4. aislamiento mecánico: la fecundación cruzada es impedida o restringida por las diferencias en las estructuras reproductoras (los genitales en los animales, las flores en las plantas).
5. aislamiento por especificidad de los polinizadores
6. aislamiento gamético
7. aislamiento por barreras de incompatibilidad

Cuando las especies no se han diferenciado lo suficiente, los mecanismos de aislamiento precigótico no están consolidados, y se pueden producir apareamientos interespecíficos y formarse cigotos híbridos. En estos casos, se dan los llamados:

- Mecanismos de aislamiento postcigóticos que afectan a los cigotos híbridos tras la fecundación: impiden que los cigotos lleguen a desarrollarse o que los híbridos alcancen el estado adulto.

1. Fracaso de la F1: los híbridos de la F1 son inviables o estériles

2. Esterilidad genética de los híbridos debida al desarrollo: los híbridos son estériles porque sus gónadas se desarrollan anormalmente o porque la meiosis fracasa antes de finalizar.
3. Esterilidad de los híbridos debida a la segregación: los híbridos son estériles debido a la distribución anormal en los gametos de cromosomas enteros, segmentos cromosómicos, etc.
4. Fracaso de la F2: los híbridos de la F1 son normales, vigorosos y fértiles, pero la generación F2 contiene muchos individuos débiles o estériles.

4.5. Microevolución y Macroevolución

El proceso evolutivo se puede presentar en grados muy diferentes:

La **Microevolución** designa la aparición incesante de pequeñas modificaciones en las poblaciones de organismos (responsable de la formación de razas, especie o a lo sumo géneros). Parece ser siempre divergente, de manera que las razas de una misma especie van acumulando diferencias hasta convertirse en nuevas especies, y éstas van acumulando diferencias entre sí hasta considerar nuevos géneros y así sucesivamente.

Por el contrario la Macroevolución se corresponde con los cambios de mayor amplitud, es decir, intenta dar una explicación a la formación de los grandes grupos de seres vivos. La macroevolución durante amplios periodos de tiempo y los fenómenos de especiación son los factores básicos de la macroevolución. Existen dos posturas, una que habla de modificaciones cromosómicas o macromutaciones, y otra que habla de acciones sumativas de pequeñas mutaciones sucesivas.