

TEMA 2: EL ORIGEN DE LA VIDA Y LA EVOLUCIÓN

1.- EL ORIGEN DE LA VIDA Y LA EVOLUCIÓN

Todo ser vivo realiza las tres **funciones vitales**:

- **Reproducción:** Se trata de hacer réplicas o copias de sí mismo. Es la función más característica de los seres vivos, que origina individuos de la misma especie.
- **Nutrición:** Se trata de intercambiar materia y energía con su entorno, procesarla, transformarla y eliminar los productos de desecho mediante los procesos que en su conjunto se denominan metabolismo.
- **Relación:** Se trata de recibir y responder a la información del medio, para lo cual es necesaria la capacidad de reconocimiento del entorno.

Además, los seres vivos están compuestos por **moléculas** que se organizan en **células**.

Aunque no existe un modelo generalizado, explicar el origen de la vida, es explicar todo el proceso que conduce desde las primeras moléculas inorgánicas simples hasta las primeras células. Este proceso conlleva una evolución química y biológica.

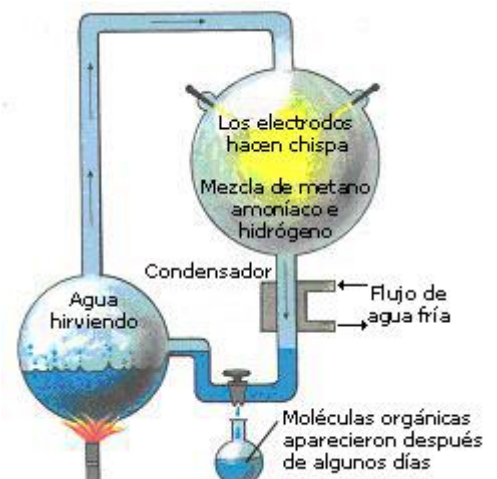
1.1) EVOLUCIÓN QUÍMICA

Entre las hipótesis que tratan de explicar el origen de las primeras moléculas orgánicas, destaca la **hipótesis de la sopa o caldo primordial**:

Fue el bioquímico ruso Alexander **Oparin** (1924), quien propuso, por primera vez, una teoría sobre el origen de la vida desde una óptica científica: Según él hace unos 3500 millones de años, existía una atmósfera primitiva reductora, es decir sin oxígeno, compuesta por gases como el hidrógeno, amoníaco, dióxido y monóxido de carbono, metano y vapor de agua. Además, de temperaturas altas debido a las descargas eléctricas y a la radiación ultravioleta y en un medio acuoso (mar, lagos), dio lugar a la formación de agregados de moléculas orgánicas, a modo de sopa o **caldo primitivo**. Estas moléculas orgánicas sencillas fueron reaccionando entre ellas dando lugar a moléculas cada vez más complejas, hasta que adquirieron la capacidad de reproducirse y de formar las primeras células.

Para que esta hipótesis tuviera validez, era necesario comprobarlo experimentalmente. Fueron S. **Miller** y H. **Urey** (1953), quienes lo demostraron simulando las supuestas condiciones de la atmósfera de la Tierra primitiva:

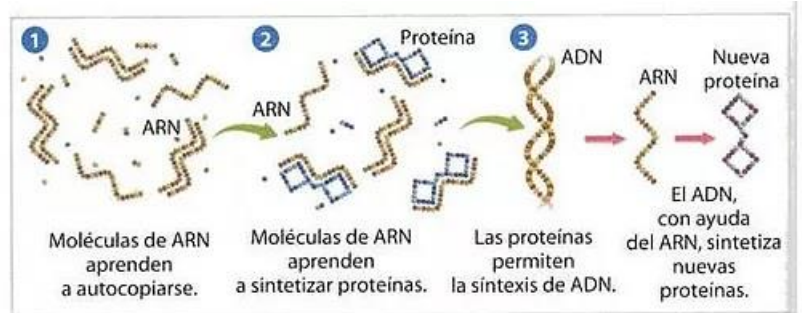
Introdujeron en un matraz con agua hirviendo una mezcla de gases similares a los que se suponían debían existir en la atmósfera primitiva (metano, amoníaco, etc.). Mediante dos electrodos hicieron pasar descargas eléctricas a través de la mezcla (simulando las descargas eléctricas de la atmósfera), y después de enfriarla, comprobaron que se habían sintetizado algunas moléculas características de la materia viva, como los aminoácidos (hasta 10 diferentes).



Hoy se considera que la atmósfera primitiva no era tan reductora y que la mezcla de gases que introdujeron no representaba los componentes de la atmósfera primitiva. Aun así, sirvió para destacar que es posible sintetizar componentes orgánicos a partir de gases atmosféricos en ausencia de enzimas.

En la actualidad se busca explicar el inicio de la vida con la aparición de los ácidos nucleicos, fundamentalmente con el ARN, pues se supone que fue la primera molécula capaz de formar copias de sí misma (autorreplicarse), capaz de almacenar información genética y además actuar como catalizador. Es la

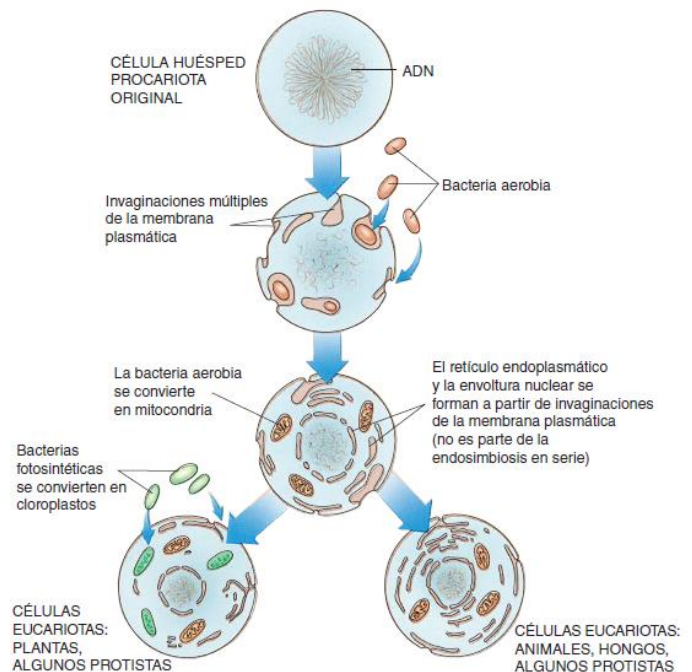
llamada **hipótesis del mundo del ARN**. Los científicos opinan que en esta etapa de la evolución no existían proteínas sino solo ARN, posteriormente aparecerían las proteínas que colaborarían con el ARN catalizando reacciones y finalmente se originaría el ADN, el material genético de todos los organismos a excepción de los virus.



1.2) EVOLUCIÓN BIOLÓGICA: TEORÍA DE LA ENDOSIMBIOSIS.

En la actualidad se acepta que la unidad viviente primitiva sería una estructura muy simple, que tendría unos procesos de transcripción y traducción muy rudimentarios. De ella, por evolución, se originarían los **procariotas**, similares a las **bacterias** (sin núcleo verdadero ni orgánulos diferenciados). Al principio estos procariotas serían heterótrofos y anaerobios (necesitaban fagocitar a otras bacterias y no había oxígeno), posteriormente se desarrollaron organismos aerobios y fotosintéticos (que eran capaces de obtener su propia materia orgánica a partir de inorgánica y con el oxígeno extraían más cantidad de energía del mismo alimento).

Hoy día, se cree que las primeras **células eucariotas** aparecieron en la Tierra hace 1500 millones de años. Según la **teoría endosimbiótica** (Lynn Margulis), se acepta que grandes procariotas primitivos anaerobios y con capacidad fagocítica, engulleron y no digirieron, a otros procariotas, que estableciendo una relación de endosimbiosis con ellas dieron origen a las células eucariotas. Estos procariotas se convertirían en los futuros orgánulos: mitocondrias, plastos y peroxisomas. Otro tipo de simbionte (similar a las espiroquetas) formarían las células eucariotas ciliadas y flageladas. Finalmente, algunas bacterias fotosintéticas, que no pudieron digerir, se convirtieron por simbiosis en los cloroplastos.



1.3) PRIMERAS TEORÍAS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA.

1.3.a) Teoría sobrenatural

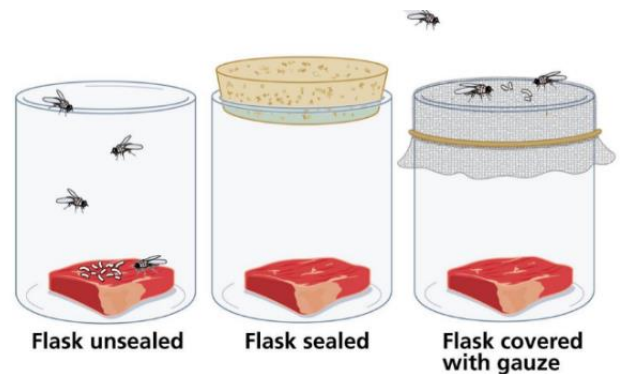
En ella, se suponía que algo mágico o un ser todopoderoso era lo que daba lugar a la vida. Se hablaba de una "fuerza o espíritu vital" de naturaleza desconocida o no natural.

1.3.b) Teoría de la generación espontánea

La formación de un ser vivo surge a partir de materia no viva, es decir, del fango o de materia orgánica en descomposición, por tanto, hay una transformación química. La teoría de la generación espontánea se mantuvo durante mucho tiempo por ser una explicación inmediata y sencilla que daba

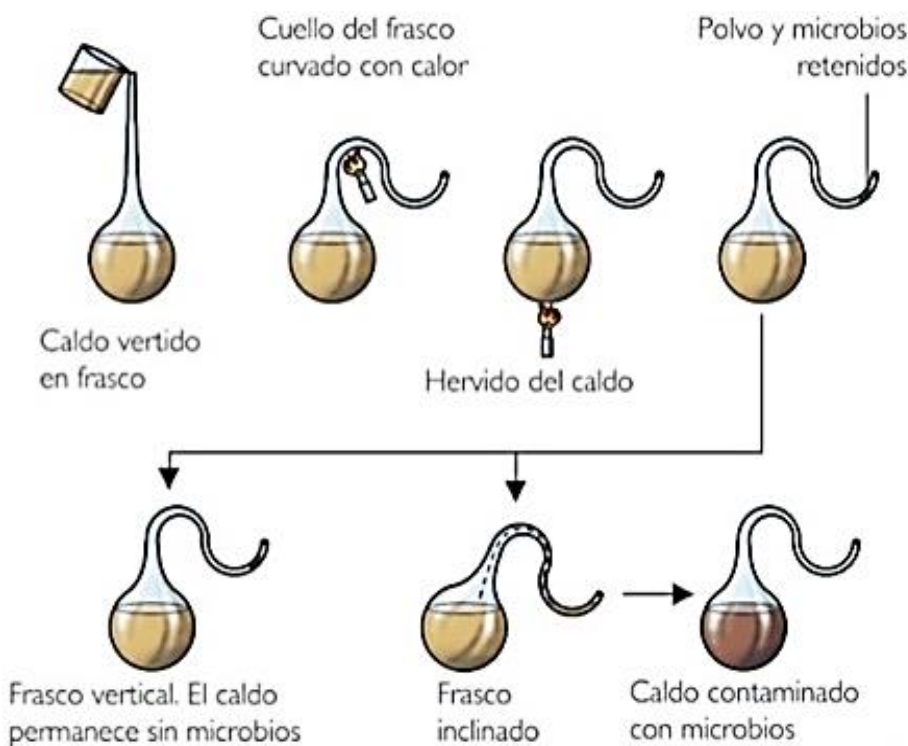
respuesta a observaciones cotidianas como “el pan ha criado moho” o “la carne cría gusanos”, que incluso perduran hasta hoy día.

La teoría de la generación espontánea fue refutada en primer lugar por Francesco **Redi**. Para ello preparó 3 frascos de boca ancha que contenían pedazos de carne. Cerró herméticamente uno de ellos, otro lo dejó abierto, y el tercero lo cubrió con un trozo de gasa bien atado. Al cabo de varios días observó que la carne se había podrido en los tres y olía mal, pero solo crecieron gusanos blancos (larvas de mosca) en el que estaba abierto. En el que estaba tapado habían crecido gusanos, pero sobre la gasa y el cerrado herméticamente no tenía nada. Así demostró que los gusanos no aparecían por generación espontánea, sino que procedían de los huevos puestos por las moscas atraídas por la carne putrefacta en el frasco abierto y sobre la gasa.



A pesar de esto, la discusión sobre la generación espontánea se mantuvo hasta que Louis **Pasteur** a mediados del siglo XIX demostró la inexistencia de dicha teoría, al mostrar que incluso los microorganismos más pequeños solo podían originarse a partir de otros, por reproducción.

Pasteur introdujo un caldo en un recipiente de cuello largo, que después dobló en forma de S. Hirvió



el caldo quitándole así los microbios, y al mantener el recipiente recto, evitando que la abertura entrara en contacto con corrientes de aire que pudieran volver a introducir los microbios en el caldo, en este no aparecía ningún tipo de vida.

En cambio, si se doblaba el recipiente, entraba el aire y arrastraba los microbios que se acumulaban en el cuello y por tanto esa era la “vida” que aparecía en el caldo.

Así volvió a descartar la teoría de la generación espontánea, demostrando que si aparecían seres vivos es porque procedían de otros.

2) LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

Al observar la diversidad de los seres vivos, los científicos se han planteado un nuevo interrogante, ¿cómo han podido aparecer tantas especies de organismos diferentes a partir de una sola célula?. La respuesta a esto ha variado mucho a lo largo del tiempo y se han elaborado distintas teorías.

2.1) TEORÍAS PREEVOLUCIONISTAS

2.1.a) Fijismo o creacionismo

El Fijismo propone que las especies no cambian, sino que se mantienen básicamente invariables a lo largo del tiempo desde la creación. Cada especie animal o vegetal sería, por tanto, inmutable, tal y como fueron creadas, y no es posible ningún cambio en ellas.

Un defensor de esto fue **Linneo** que consideró que las especies habían sido creadas de manera independiente por el Supremo Hacedor y negó la posibilidad de un origen común, es decir, que entre ellas existiese relación de parentesco. Linneo en su empeño por demostrar esto, creó un sistema de clasificación de los organismos por sus similitudes naturales (sistema binomial). Paradójicamente, estableció una serie de relaciones de parentesco, que dejaban traslucir relaciones evolutivas.

2.1.b) Catastrofismo

Según esta teoría, cada cataclismo geológico (terremoto, diluvio, erupción...) destruye las especies existentes, de forma que se produce posteriormente una creación de nuevas especies.

Fue George **Cuvier**, defensor del Fijismo, el que propuso esta teoría catastrofista. Según él, la Tierra había estado expuesta a grandes catástrofes, como el diluvio universal de la Biblia, que originaron la inundación de tierras y con ello la desaparición de los seres vivos. Las especies que aparecían en la Tierra permanecían durante largo tiempo sin sufrir ninguna transformación hasta que desaparecían debido a una gran catástrofe. Después de cada cataclismo, Dios creaba nuevas especies de animales y vegetales. De esta manera interpretó acertadamente que los distintos fósiles que se descubrían incesantemente en determinados lugares correspondían a restos de organismos que habían existido.

2.2) TEORÍAS EVOLUCIONISTAS

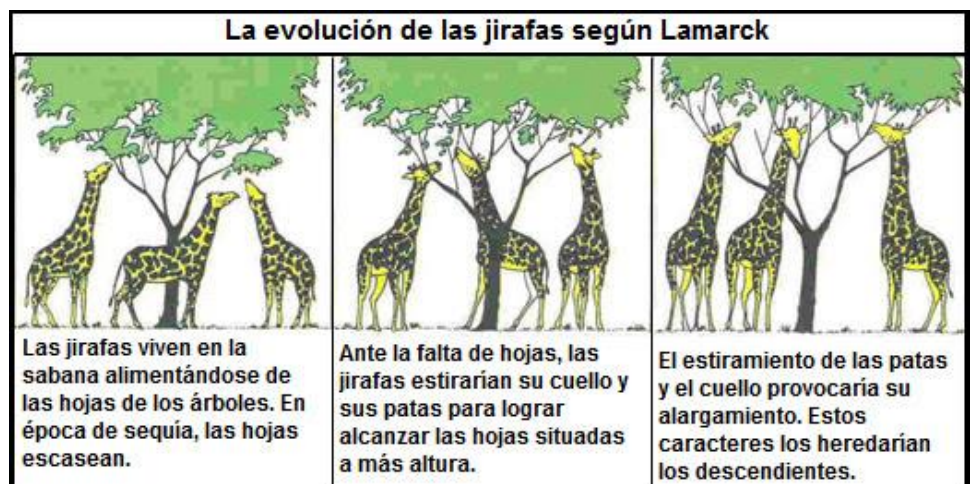
2.2.a) Teoría evolucionista de Lamarck

A esta teoría de Lamarck se denomina **transformismo** y supone que las especies evolucionan al transformarse gradualmente. Esta hipótesis se basa en dos principios fundamentales:

- **La función crea al órgano.** Los organismos están continuamente esforzándose para **adaptarse** mejor a las condiciones del medio en el que viven. Como consecuencia, cada especie va **desarrollando** progresivamente los órganos que más usa para llevar a cabo unas determinadas funciones, mientras que se produce una continua **atrofia** de los órganos menos utilizados.

- **Los caracteres adquiridos se heredan.** Las series de modificaciones y de caracteres adquiridos por un individuo a lo largo de su vida son **heredados** por sus descendientes. Estos cambios son los responsables de que surjan nuevas especies mediante las transformaciones graduales de otras especies preexistentes.

En la actualidad no se acepta esta teoría, ya que todos coinciden en el hecho de que un carácter adquirido por un progenitor no puede heredarse (se comprobó mutilando la cola de ratones al nacer durante 22 generaciones y obviamente se comprobó que todas las crías nacían con cola). Un ejemplo de esta teoría fue la evolución de las jirafas según Lamarck:



2.2.b) Teoría de la evolución de Darwin y Wallace

La teoría de la evolución de Darwin y Wallace se basa en los siguientes principios:

- **Elevada capacidad reproductora de los seres vivos.** Es muy común que en una población nazcan más descendientes de los necesarios para reemplazar a los que se mueren. Sin embargo, el tamaño de las poblaciones se mantiene relativamente constante en el tiempo porque los recursos disponibles (alimentos, territorio, etc.) son limitados. La limitación de recursos establece una lucha por la existencia: los individuos deben **competir** para obtener alimentos y reproducirse.

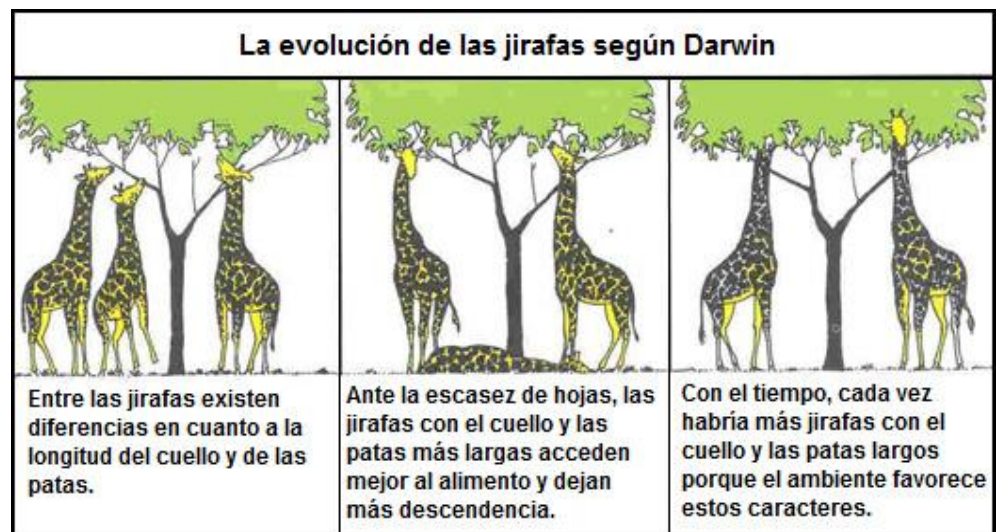
- **Variabilidad de las poblaciones.** Existe una gran variabilidad entre los individuos de una población, incluso entre los descendientes de una misma pareja (más o menos estatura, pelaje, etc.), estos **caracteres son heredables**. Como resultado de la competencia, solamente unos cuantos individuos tendrán más posibilidades de sobrevivir hasta llegar a la edad reproductora y podrán aparearse.

- **Selección natural.** En un ambiente hostil, entre los individuos de una población se plantea una lucha por la supervivencia, en la cual se eliminan los individuos menos aptos y sobreviven los mejor **adaptados**, que muestran unos **caracteres ventajosos** (distintas habilidades para obtener alimento, para defenderse, para soportar cambios ambientales, etc.). Estos son los que se reproducen y transmiten sus caracteres a la descendencia.

- **Las especies evolucionan.** Los individuos que sobreviven forman la siguiente generación y de esta manera se transmiten los cambios ventajosos a los descendientes de generación en generación. Así, las variaciones se irán acumulando gradualmente en las poblaciones y, con el tiempo, originarán nuevas especies.

La teoría de la evolución de Darwin y Wallace crea un vínculo de parentesco entre todos los seres vivos. Las actuales especies son la consecuencia de la progresiva e ininterrumpida **divergencia adaptativa** de las especies precedentes.

Un ejemplo de esta teoría fue la evolución de las jirafas según Darwin:



2.2.c) Neodarwinismo: teoría sintética de la evolución.

Darwin desconocía como se transmitían los caracteres hereditarios de generación en generación, también desconocía la causa de la variabilidad de las poblaciones sobre la que actúa la selección natural. Cuando se empieza a saber qué son los genes y se conocen las leyes de la herencia, es cuando se mezclan la teoría de la selección Darwiniana y la genética mendeliana y surge el **neodarwinismo** o teoría sintética.

Según el neodarwinismo, la evolución se debe a dos factores:

- **La variabilidad genética en la población se debe a la mutación y a la recombinación.** Es decir que, aunque la mayoría de los genes son comunes a todos los individuos, existe un gran número de genotipos distintos. Esta variabilidad es un proceso aleatorio causado por las mutaciones (cambios al azar que se producen en la información genética almacenada en el ADN de un individuo por lo que se puede transmitir a la descendencia) y por la recombinación genética que tiene lugar durante la reproducción sexual.

- **La actuación de la selección natural** como base evolutiva, de manera que tiende a eliminar de la población los genotipos menos ventajosos. Así mismo permite la existencia a los individuos que están mejor adaptados y tienen una combinación génica beneficiosa (para dejar un mayor número de descendientes, para conseguir alimento...).

La población es la unidad evolutiva en lugar del individuo como considera la teoría darwinista.

2.3) NUEVAS TEORÍAS SOBRE LA EVOLUCIÓN

Hoy en día existen varias teorías que matizan los principios del Darwinismo, en particular el aspecto que se refiere al ritmo al que se producen los cambios en las poblaciones para originar nuevas especies.

2.3.a) El neutralismo o teoría neutralista.

Postula que la mayoría de las mutaciones que se producen en el ADN son **neutras**, es decir, ni favorecen ni perjudican a los organismos, y su permanencia o su eliminación en una población depende del **azar** y no de la selección natural. En el caso de que los genes permanezcan y sean heredados pueden llegar a formar nuevas especies en determinadas condiciones.

2.3.b) El equilibrio puntuado o la teoría saltacionista.

Considera que una especie pasa por largos periodos de millones de años en los que no sufre cambios (**periodos de “estasis”**) seguidos por periodos cortos en los que sufre una rápida especiación. Esta teoría que considera que la evolución se produce a “saltos” o “en oleadas”, se enfrenta a la neodarwinista que cree que lo hace de forma gradual. Los cambios bruscos serían consecuencia de mutaciones producidas en genes reguladores que ejercen el control sobre cientos de otros genes.

El equilibrio puntuado plantea que la ausencia de pasos intermedios en el registro fósil no se debe a que sea incompleto, sino a que, en ocasiones la evolución se produce a saltos.

3) LAS PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN.

Las pruebas de la evolución son las evidencias que permiten ponerla de manifiesto. Entre las principales pruebas de la evolución destacan:

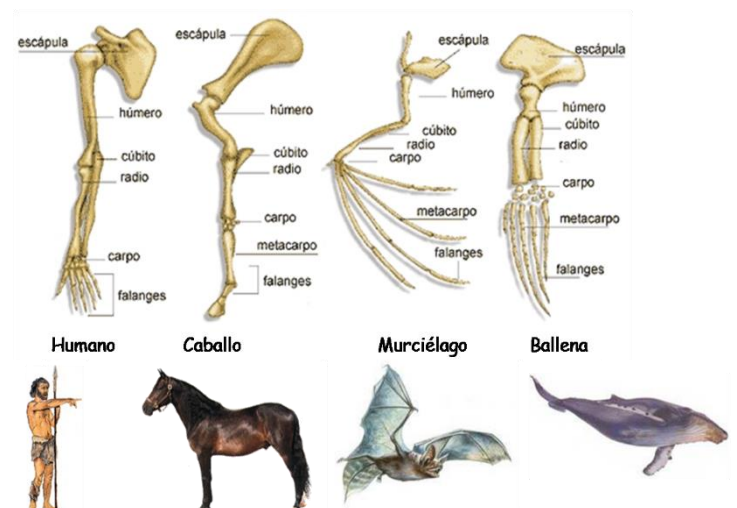
3.1) PRUEBA DE LA ANATOMÍA COMPARADA.

Se basa en el estudio de morfología y anatomía comparando los distintos órganos.

3.1.a) Órganos homólogos.

Son los que han tenido un origen evolutivo común y, aunque realicen distinta función, tienen la misma estructura básica y el mismo tipo de desarrollo embrionario. Se originan cuando organismos que comparten un antepasado común desarrollan adaptaciones a ambientes distintos. Es decir, surgen por un proceso de **evolución divergente**.

Un ejemplo clásico de órganos homólogos son las extremidades anteriores de los vertebrados, que, aunque se utilicen para fines diferentes (nadar, volar, correr...), básicamente mantienen la misma estructura ósea.



3.1.b) Órganos análogos.

Son los que desempeñan la misma función, pero tienen un origen evolutivo y una estructura básica distintos. Se originan cuando organismos de especies diferentes, que viven en el mismo ambiente, desarrollan adaptaciones similares. Es decir, surgen por un proceso de **evolución convergente**. Son órganos análogos el ala de un insecto, con respecto al ala de un ave o de un murciélago; o las patas excavadoras del topo y las del alacrán cebollero.



3.1.c) Órganos vestigiales.

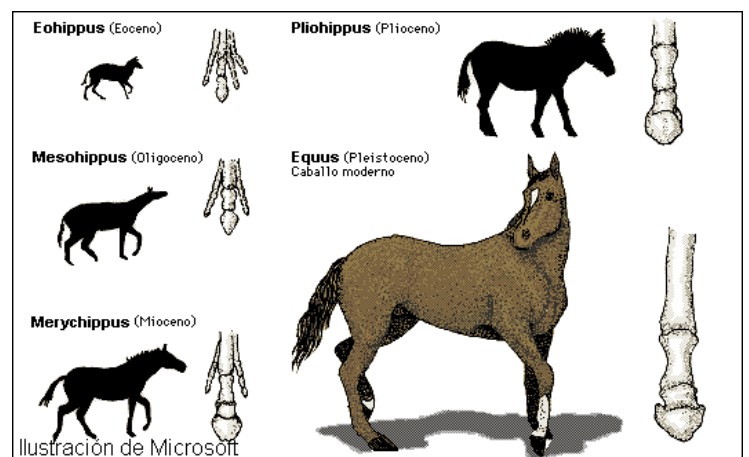
Que son órganos que no realizan ninguna función, pero que se conservan en los individuos de una especie como recuerdo de su pasado evolutivo. Ejemplos de órganos vestigiales en los humanos son: el apéndice vermiforme, vestigio de los mamíferos herbívoros y sirve para almacenar y digerir celulosa con la ayuda de bacterias. Otros son el pelo en el cuerpo, las muelas del juicio o el coxis como resto de la cola.

3.2) PRUEBA PALEONTOLÓGICA.

La paleontología es el estudio de los fósiles y constituye la prueba más directa en apoyo de la evolución. Dos aspectos importantes son:

3.2.a) Las series filogenéticas.

Son conjuntos de fósiles que, ordenados desde más antiguo a más modernos, permiten reconstruir la historia evolutiva de un grupo de seres vivos. En las series filogenéticas se pone de manifiesto cambios morfológicos en un sentido determinado. La serie más conocida es la de los équidos, en la que se encuentran los caballos actuales.



3.2.b) Las formas puente o eslabones.

Son restos de organismos con características intermedias entre dos grupos de seres vivos. Las formas puente explican la aparición de grandes grupos taxonómicos a partir de un grupo ancestral. Un ejemplo es el *archaeopteryx*, fósil del jurásico, que presenta características intermedias entre las aves y los reptiles.



3.3) PRUEBA DE LA SISTEMÁTICA O TAXONÓMICA.

El sistema de clasificación de los seres vivos, que en principio tenía una inspiración claramente fijista, se hace agrupando aquellos organismos que tienen unas características semejantes, lo cual es la consecuencia de un proceso evolutivo común. Al aplicarse técnicas bioquímicas y microscópicas, se han demostrado relaciones evolutivas antes desconocidas.

3.4) PRUEBA BIOGEOGRÁFICA.

Se basan en la distribución de los seres vivos en las distintas zonas geográficas de la Tierra. El análisis de la distribución de la flora y de la fauna revela que la presencia de fósiles no es uniforme en los

continentes. Así, zonas geográficas que se separaron hace mucho tiempo presentan más diferencias entre sus especies animales y vegetales que las que se separaron más recientemente.

Estas diferencias se deben a que las especies originales al quedar separadas han seguido procesos de evolución diferentes bajo la presión selectiva de ambientes distintos.

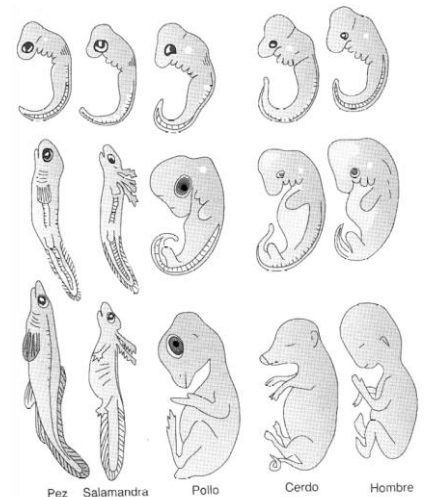
Dos ejemplos son el de las iguanas de las islas Galápagos y el de los marsupiales que solo existen en Australia.



3.5) PRUEBA DE LA EMBRIOLOGÍA.

Estas pruebas ponen de manifiesto que los organismos emparentados evolutivamente presentan similitudes durante algunas etapas de su desarrollo embrionario. Las similitudes del embrión persisten durante más tiempo cuando el parentesco evolutivo es más cercano. Estos patrones de semejanza muestran que han sido heredados de un antepasado común.

Un ejemplo lo constituye el estudio de las fases iniciales de los embriones humanos y de otros vertebrados terrestres, que son casi idénticas.



3.6) PRUEBA DE LA BIOQUÍMICA COMPARADA Y BIOLOGÍA CELULAR.

Se basan en la comparación de organismos diferentes a nivel molecular. El desarrollo de la biología molecular ha puesto de manifiesto la existencia de antepasados comunes para todos los organismos dado que:

- Todos los organismos desde las bacterias hasta los más complejos presentan gran uniformidad en sus componentes moleculares (glúcidos, lípidos, etc.). Además, Todos tienen su información genética contenida en el ADN y este está formado por los mismos cuatro nucleótidos (A,T,C,G).
- El código genético, es el mismo en todos los organismos. Además, las proteínas están constituidas básicamente por los mismos 20 aminoácidos.
- Los procesos metabólicos básicos son prácticamente idénticos en todas las formas de vida. Este es el caso de la respiración celular y la fotosíntesis.
- El ATP es la molécula que proporciona energía a las células con independencia del tipo de organismos sé que se trate.

3.7) ANÁLISIS INMUNOLÓGICO O SEROLÓGICO.

La introducción de un antígeno en un organismo da lugar a la producción de unas proteínas llamadas anticuerpos, estos se unen en una reacción cuya intensidad depende del grado de parentesco evolutivo que existe entre las especies. De esta forma, si introducimos el mismo antígeno en diferentes especies, los anticuerpos que se forman serán más similares cuanto más cercanas evolutivamente estén dichas especies. Por ejemplo, el anticuerpo que genere un hombre será más similar al que genere un simio que al que genere un invertebrado.

EJERCICIOS DEL TEMA 2

- 1) ¿Por qué puede decirse que la teoría de Oparin es realmente científica? ¿Qué demostró el experimento de Miller y Urey?
- 2) ¿Qué características tiene que presentar un cuerpo para que podamos decir que tiene vida?
- 3) ¿Cómo se explica la formación de los sistemas internos de membrana? ¿Y la aparición de los orgánulos?
- 4) ¿Qué dice la teoría de la endosimbiosis?
- 5) ¿En qué consiste la teoría de la generación espontánea?. Razona si se la puede considerar una teoría científica.
- 6) ¿Cómo justifica el catastrofismo el origen y la diversidad de las especies?
- 7) ¿Por qué se considera errónea la hipótesis evolucionista de Lamarck?
- 8) Esquematiza los argumentos de la teoría de la evolución de Darwin y compáralos con la teoría de Lamarck.
- 9) Según la teoría de Darwin, ¿sería correcta la frase: “Ante la escasez de hojas, las jirafas tuvieron que adaptarse a buscarlas en las ramas más altas”?. Razona tu respuesta.
- 10) Cita algunos de los errores que, según los conocimientos actuales, tiene la teoría de Darwin.
- 11) Nombra los dos hechos fundamentales en los que se basa el neodarwinismo.
- 12) ¿Qué diferencia existe entre órganos homólogos y análogos? ¿De qué tipo de prueba son representativos?.
- 13) En el ser humano, las muelas del juicio son unos órganos vestigiales. ¿De qué tipo de prueba de la evolución son representativos?.
- 14) ¿En qué se basan las pruebas bioquímicas para demostrar la existencia de antepasados comunes?

Vídeos sobre el origen de la vida:

<https://www.youtube.com/watch?v=XM56MFPaBCg>

<https://www.youtube.com/watch?v=KiGw0SmEeR0>

<https://www.youtube.com/watch?v=wT2uW37xeJ0>

Vídeo sobre la evolución de los seres vivos:

https://www.youtube.com/watch?v=TNLlj_dBOmg

<https://www.youtube.com/watch?v=a07R3qrO6nw>