CURSO 2024/2025

JUSTO SOTO REBOLLO

BIOLOGÍA





La Biología estudia los conocimientos fundamentales del origen, la evolución y las funciones de los seres vivos. Enfocándose en el estudio de los procesos hereditarios, la diversidad, el desarrollo de los organismos, y las relaciones entre ellos y su medio.

PROGRAMA DE CIENCIAS NATURALES 2024/2025

Curso: 1º

Asignatura: *BIOLOGÍA I*

PROFESOR RESPONSABLE:

Dr. Daniel Martín Vega

N.º HORAS LECTIVAS: 29 horas teóricas

INTRODUCCIÓN (RESUMEN):

La Biología tiene por objeto el estudio de la vida desde muy diversos puntos de vista: origen y evolución a lo largo del tiempo y del espacio, procesos vitales, organización corporal, métodos de clasificación de las formas vivas, funciones de los genes, interacciones entre organismos, y mucho más.

La presente asignatura representa una aproximación holística a la Biología y a los más importantes descubrimientos que han acontecido desde el nacimiento de esta disciplina científica hasta la actualidad. Se trata de una asignatura necesaria en el contexto del Programa de Ciencias Naturales de la Universidad de Mayores, ya que confiere un conocimiento básico desde el cual analizar, estudiar, e integrar el resto de las materias impartidas en el programa.

OBJETIVOS:

Conocer y comprender los principios básicos y unificadores de la Biología (teoría celular, teoría de la herencia y teoría de evolución mediante selección natural) de modo que puedan integrarse posteriormente todos los conocimientos aportados por el resto de las asignaturas del programa.

PROGRAMA:

- Tema 1. Introducción. Características de los seres vivos. Niveles de organización biológica. El árbol de la vida. El método científico en Biología.
- Tema 2. La célula. Técnicas de estudio de las células. La célula procariótica. La célula eucariótica, animal y vegetal. Componentes celulares.
- Tema 3. Entidades subcelulares. Virus. Viroides. Priones.
- Tema 4. La división celular. Ciclo celular. Mitosis: fases y significado funcional. Ciclos de vida.
- Meiosis: fases y significado funcional.
- Tema 5. Principios básicos de la herencia. Concepciones sobre la herencia. Las leyes de Mendel. Completando a Mendel. Espectro de dominancia. Series alélicas; herencia de los grupos sanguíneos. Herencia ligada al sexo. Mutaciones.
- Tema 6. El ADN, portador de la información genética. Estructura del ADN. Replicación, transcripción y traducción. ADN mitocondrial.
- Tema 7. Evolución darwiniana. Concepciones tradicionales sobre la vida en la Tierra. Darwin y la teoría de la evolución mediante selección natural.
- Tema 8. La evolución después de Darwin. Mecanismos evolutivos. Selección natural y adaptación.
- Tema 9. Selección sexual. Origen del sexo. Proporción de sexos. Tipos de selección sexual.
- Tema 10. Concepto de especie y mecanismos de especiación. Concepto biológico de especie. Dificultades en su aplicación. Mecanismos de especiación. Mecanismos de aislamiento reproductor.
- Tema 11. La historia de la vida. Hipótesis sobre el origen de la vida. Datación de la historia de la vida. Evolución de los procariontes. Evolución de la célula eucariota: endosimbiosis. Evolución de la pluricelularidad.

BIBLIOGRAFÍA:

• Audesirk, T.; Audesirk, G.; Byers, B.E. 2013. Biología. La vida en la Tierra. Con fisiología (9ªed.). Ed. Pearson Educación de México.
• Campbell, N.A.; J.B. Reece. 2007. Biología. (7ª ed.) Ed. Médica Panamericana.
• Curtis, H.; Barnes, N.S.; Schnek, A.; G. Flores. Invitación a la biología. (6ª ed.). Ed. Médica Panamericana.
• Freeman, S. 2009. Biología (3ª ed.). Ed. Pearson Education.
• Mader, S.S. 2013. Biología (9ª ed.) Ed. McGraw-Hill Interamericana.
• Solomon, E.P.; Berg, L.R.; Martin D.W. 2013. Biología. (9ª ed.). Ed. McGraw-Hill Interamericana.

TEMA 1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS. NIVELES DE ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA. EL ÁRBOL DE LA VIDA. EL MÉTODO CIENTÍFICO EN BIOLOGÍA.

Ya que a esta asignatura se la llama Biología, comencemos por preguntarnos que es la Biología. Y la respuesta es esta:

La biología es una ciencia fascinante que se dedica a **estudiar de manera científica la vida en todas sus formas**. Desde los organismos más pequeños, como las bacterias, hasta las criaturas más complejas, como los seres humanos. De modo que esta ciencia busca comprender cómo funcionan los seres vivos, cómo interactúan entre sí y con su entorno, y cómo ha evolucionado la vida a lo largo de millones de años.

¿QUÉ ABARCA LA BIOLOGÍA?

- **Origen de la vida:** Investiga cómo surgió la vida en la Tierra y cuáles fueron los primeros organismos.
- **Evolución:** Estudia cómo las especies cambian a lo largo del tiempo y se adaptan a su entorno.
- **Diversidad biológica:** Clasifica y describe la gran variedad de seres vivos que existen en nuestro planeta.
- **Genética:** Analiza la herencia biológica y cómo se transmiten los caracteres de una generación a otra.
- **Bioquímica:** Estudia los procesos químicos que ocurren dentro de los organismos vivos.
- **Fisiología:** Investiga el funcionamiento de los órganos y sistemas de los seres vivos.
- **Ecología:** Analiza las relaciones entre los organismos y su entorno.

¿POR QUÉ ES IMPORTANTE LA BIOLOGÍA?

Porque es fundamental para nuestra comprensión del mundo natural y tiene aplicaciones en muchos campos:

- **Medicina:** Permite desarrollar nuevos tratamientos para enfermedades y mejorar la salud humana.
- **Agricultura:** Ayuda a desarrollar cultivos más resistentes y productivos.
- **Conservación:** Contribuye a proteger la biodiversidad y los ecosistemas.
- **Biotecnología:** Permite desarrollar nuevas tecnologías basadas en organismos vivos.

En resumen, la biología es una ciencia clave para entender nuestro lugar en el mundo y para encontrar soluciones a los desafíos que nos enfrentamos como sociedad.

Y después de esto, cabe preguntarse: ¿Qué es la vida?

Si acudimos a la RAE vemos que nos dice "*Vida: fuerza o actividad esencial mediante la que obra el ser que la posee"*. Y la frase está bien. Es bonita, pero algo simple.

Hay también otras definiciones:

- Capacidad de nacer, crecer, reproducirse y morir
- Energía de los seres orgánicos
- Hecho de estar vivo

Los seres vivos que hay en el mundo comparten un conjunto de **características comunes** que los distinguen de las cosas inertes que también están en el mundo. Por lo tanto, entramos en materia.

1.1. ¿QUÉ ES LA VIDA? CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS

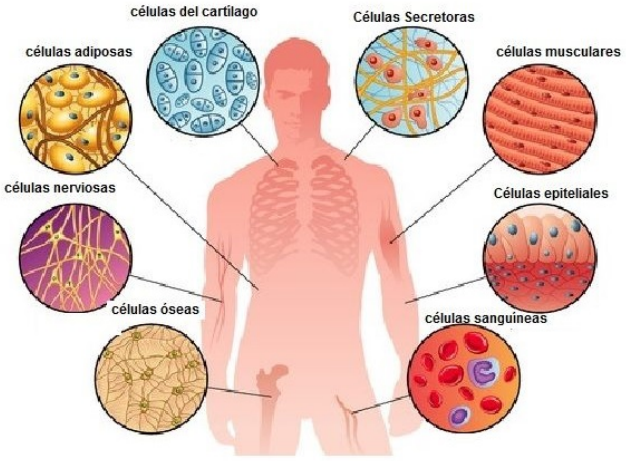
La vida es un fenómeno que engloba una serie de propiedades que permiten distinguir a los organismos vivos de la materia inerte. Estas propiedades no son solo observables a simple vista, sino que implican una impresionante complejidad interna:

- **Organización celular**: Todos los seres vivos están formados por células, que son las unidades funcionales y estructurales básicas. Las células pueden ser ***procariotas*** (sin núcleo definido, como las bacterias) o ***eucariotas*** (con núcleo y orgánulos, como las plantas y los animales). Esta organización celular permite a los organismos mantener procesos vitales coordinados.
- **Metabolismo**: Este término engloba todas las reacciones químicas que ocurren dentro de un organismo para mantener la vida. Las células captan energía del entorno, mediante la fotosíntesis en las plantas o la digestión en los animales, y la transforman en formas útiles para el crecimiento, la reparación y la actividad.
- **Homeostasis**: Los organismos deben mantener un ambiente interno estable para funcionar correctamente, y ello, a pesar de los cambios externos. Este equilibrio es mantenido a través de mecanismos como la regulación de la temperatura corporal o el equilibrio de líquidos y sales en el cuerpo.
- **Crecimiento y desarrollo**: Los seres vivos no solo aumentan de tamaño; también experimentan un desarrollo que implica la especialización y diferenciación de células para formar tejidos y órganos con funciones específicas.
- **Reproducción**: La reproducción es esencial para la continuidad de las especies. Esta reproducción puede ser asexual, cuando un solo organismo da lugar a descendencia idéntica (como en las bacterias que se dividen), o sexual, donde se combinan materiales genéticos de dos progenitores lo que hace posible generar variabilidad genética.
- **Respuesta a estímulos**: Los seres vivos tienen la capacidad de detectar y responder a estímulos del entorno. Esto puede incluir desde reacciones simples, como el movimiento de organismos unicelulares hacia la luz, hasta respuestas complejas como los reflejos en animales.
- **Evolución**: Las especies evolucionan a lo largo del tiempo mediante procesos como la selección natural, lo que les permite adaptarse mejor a su entorno. Esta adaptación puede ser observada a través de cambios genéticos que se transmiten a las siguientes generaciones.

1.2. NIVELES DE ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA

La complejidad de los sistemas biológicos se descompone en **distintos niveles de organización**, desde lo más fundamental hasta lo más complejo:

1. **Átomos y moléculas**: Los átomos, como el carbono, el oxígeno y el nitrógeno, se combinan para formar moléculas biológicas esenciales, como los aminoácidos, lípidos y carbohidratos. Estas moléculas se organizan en estructuras que desempeñan funciones clave.
2. **Célula**: Es la unidad básica de la vida. En las células *eucariotas*, los orgánulos como las *mitocondrias* (encargadas de la producción de energía) y el núcleo (que contiene el ADN) coordinan actividades vitales. Las células especializadas pueden formar tejidos que realizan funciones específicas.
3. **Tejidos**: Son un conjunto de células similares que realizan una función particular, como el tejido muscular que permite el movimiento o el tejido nervioso que transmite señales.



4. **Órganos**: Las estructuras formadas por varios tipos de tejidos que trabajan juntos para realizar funciones complejas. Por ejemplo, el corazón, formado por tejido muscular, conecta con el sistema circulatorio para bombear sangre.

5. **Sistemas de órganos**: Varios órganos que colaboran para cumplir funciones vitales, como el sistema digestivo, que procesa los alimentos y absorbe nutrientes esenciales.
6. **Organismo**: Es un ser vivo completo que puede llevar a cabo todas las funciones vitales de manera autónoma. Los organismos pueden ser unicelulares, como las bacterias, o multicelulares, como los seres humanos.
7. **Población**: Un grupo de individuos de la misma especie que habitan en una determinada área geográfica y tienen la capacidad de reproducirse entre sí.
8. **Comunidad**: Todas las poblaciones de diferentes especies que interactúan en un área específica, compartiendo y compitiendo por recursos.
9. **Ecosistema**: Un sistema dinámico que incluye la comunidad de organismos y su entorno físico (como la luz, la humedad y la temperatura) que interactúan como una unidad.
10. **Biosfera**: El nivel más alto de organización, que incluye todos los ecosistemas de la Tierra. La biosfera abarca todas las formas de vida y los lugares donde existen, desde las profundidades oceánicas hasta las capas más altas de la atmósfera.

1.3. EL ÁRBOL DE LA VIDA

El concepto del árbol de la vida representa la relación evolutiva de todos los seres vivos a lo largo del tiempo. Este árbol es un modelo que muestra cómo las especies se han diversificado a partir de un ancestro común y se han adaptado a diferentes entornos y formas de vida:

- Las **ramas** del árbol representan linajes específicos, que van desde organismos unicelulares primitivos hasta las formas de vida multicelulares complejas que conocemos hoy.
- Las principales divisiones de este árbol son los tres grandes **dominios**: Bacteria, Archaea y Eukarya. Los dos primeros incluyen organismos procariotas, mientras que Eukarya abarca todos los organismos con células eucariotas, como plantas, animales, hongos y protistas.

CARACTERÍSTICA	ARCHAEA	EUKARYA
Tipo de célula	Procariota	Eucariota
Núcleo	Ausente	Presente
Ambiente	Extremófilos	Diversos
Complejidad	Simple	Compleja
Ejemplos	Metanógenos, halófilos, termoacidófilos	Plantas, animales, hongos, protistas

- La evolución es entendida a través del análisis de secuencias genéticas, fósiles y estudios morfológicos. Estas pruebas muestran cómo las especies han desarrollado características únicas para sobrevivir y prosperar.

1.4. ¿CÓMO SE ESTUDIA LA VIDA? EL MÉTODO CIENTÍFICO

El método científico es una herramienta estructurada y rigurosa utilizada para investigar fenómenos naturales y adquirir nuevos conocimientos. Este método no solo es una serie de pasos a seguir, sino un enfoque dinámico basado en la observación, la experimentación y la revisión crítica:

1. **Observación**: Consiste en identificar y describir fenómenos mediante el uso de los sentidos o instrumentos de medición. Las observaciones generan preguntas sobre el entorno o los procesos observados.
2. **Pregunta**: Después de una observación, se formula una pregunta específica y clara, ¿Cuál es el punto de partida para la investigación?

3. **Hipótesis**: Se propone una explicación basada en el conocimiento previo. Una hipótesis debe ser comprobable y falsificable[1], lo que significa que debe poder ser refutada o apoyada mediante la experimentación.
4. **Experimento**: El diseño experimental debe ser cuidadoso y controlado, permitiendo aislar variables para determinar su efecto. Los experimentos deben ser reproducibles para validar los resultados.
5. **Resultados y análisis**: Los datos obtenidos se analizan usando métodos estadísticos para determinar si apoyan o refutan la hipótesis. Las conclusiones se basan en una interpretación objetiva de los datos.
6. **Conclusión**: Una vez analizados los resultados, los científicos deciden si la hipótesis es correcta o si debe ser modificada. Estos resultados se publican y revisan por la comunidad científica.
7. **Revisión y repetición**: Las teorías y modelos científicos se fortalecen cuando otros científicos replican los experimentos y encuentran resultados similares. Este proceso es esencial para la validación y aceptación científica.

CARACTERÍSTICAS DE LOS SERES VIVOS

1. Teoría celular (Siglo XIX) Esta es una de las ideas más importantes en biología, desarrollada principalmente por el botánico alemán **Matthias Schleiden (1804-1881)**, el zoólogo alemán **Theodor Schwann 1810-1882)** y el médico alemán **Rudolf Virchow 1821-1902)**.

- **Principios básicos:**
    1. **Las células son las unidades básicas de la vida:**
        - Todos los organismos vivos están formados por una o más células, que son las estructuras fundamentales para su funcionamiento.
    2. **Todas las células provienen de otras células:**
        - Este principio fue introducido por Rudolf Virchow, quien afirmó que "Omnis cellula e cellula" (toda célula proviene de otra célula).


Matthias Schleiden Theodor Schwann Rudolf Virchow

    3. **La célula es la unidad estructural, funcional y reproductiva:**
        - Las células llevan a cabo todas las funciones vitales y son responsables de la continuidad de la vida.

[1] Estos son términos característicos y fundamentales de las hipótesis científicas. Ya que para que una hipótesis sea considerada científica, debe ser posible hacer un experimento o una observación que pueda demostrar que la hipótesis es incorrecta si no describe la realidad de manera precisa. Por ello:
Comprobable significa que se pueden realizar experimentos o análisis para reunir evidencia que apoye o refuerce la hipótesis. Por ejemplo, si la hipótesis es "las plantas crecen más rápido con luz solar que en la oscuridad", se puede hacer un experimento cultivando plantas en ambos ambientes y medir el crecimiento.
Falsificable significa que también debe ser posible realizar un experimento que potencialmente pueda refutar o desmentir la hipótesis. Es decir, debe ser posible encontrar evidencia que la contradiga. Usando el mismo ejemplo, si las plantas en la oscuridad crecieran igual o mejor que las plantas al sol, eso sería evidencia que falsifica la hipótesis.
¿Por qué es importante la falsificabilidad?
El criterio de falsificabilidad, propuesto por el filósofo Karl Popper, es esencial porque asegura que la ciencia avance mediante la posibilidad de descartar ideas incorrectas. Si una hipótesis no es falsificable, no hay forma de demostrar que es errónea, y no se puede considerar parte de la ciencia empírica o basada en la experiencia. Por ejemplo, una afirmación como "hay una fuerza invisible e indetectable que afecta todo" no es falsificable porque no hay manera de demostrarla incorrecta.

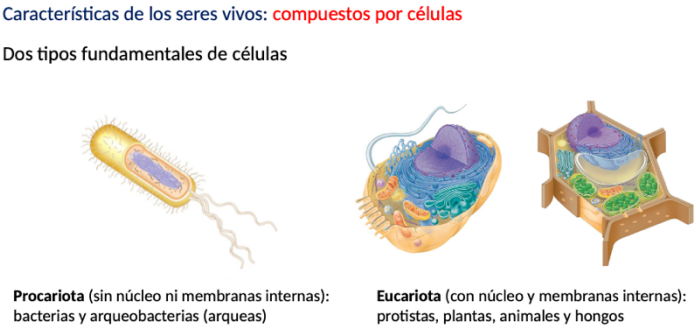
2. Aportaciones de estos científicos:

- **Matthias Schleiden (1804-1881):** Propuso que todas las plantas están formadas por células.
- **Theodor Schwann (1810-1882):** Extendió esta idea a los animales, estableciendo que todos los seres vivos están compuestos por células.
- **Rudolf Virchow (1821-1902):** Añadió el principio de que todas las células provienen de otras células preexistentes.

3. Importancia de la teoría celular:

- **Universalidad:** La teoría establece que todos los seres vivos comparten una misma base estructural: la célula.
- **Fundamento de la biología moderna:** Ha permitido avances en múltiples áreas, como la biología molecular, la genética y la medicina.
- **Aplicaciones prácticas:** Ha servido para conocer cómo funcionan las células lo que ayuda a tratar enfermedades, como el cáncer, que involucra el crecimiento celular descontrolado.

Existen dos **categorías fundamentales de células** que componen a todos los seres vivos: **procariotas** y **eucariotas**.



1. Células procariotas

- **Características principales:**
  - ⇒ No tienen núcleo. El material genético (ADN) está disperso en el citoplasma.
  - ⇒ Carecen de orgánulos membranosos internos, como mitocondrias o cloroplastos.
  - ⇒ Son pequeñas, generalmente de 1-10 micrómetros de tamaño.
- **Organismos procariotas:**
  - ⇒ **Bacterias:** Son los procariotas más comunes, presentes en todos los ambientes.
  - ⇒ **Arqueas:** Similar a las bacterias, pero con diferencias genéticas y estructurales; habitan en ambientes extremos (altas temperaturas o alta salinidad).

2. Células eucariotas

- **Características principales:**
  - ⇒ Tienen núcleo, donde está contenido el ADN.
  - ⇒ Poseen orgánulos membranosos, como mitocondrias (energía) y cloroplastos (en plantas, para la fotosíntesis).
  - ⇒ Son más grandes que las procariotas, con tamaños entre 10-100 micrómetros.
- **Organismos eucariotas:**
  - ⇒ **Protistas:** Organismos unicelulares como las amebas.
  - ⇒ **Plantas:** Sus células tienen pared celular y cloroplastos.
  - ⇒ **Animales:** No tienen pared celular ni cloroplastos.
  - ⇒ **Hongos:** Sus células tienen pared celular, pero no cloroplastos.

4. Diferencias clave entre procariotas y eucariotas

Característica	Procariotas	Eucariotas
Núcleo	Sin núcleo	Con núcleo
Orgánulos membranosos	Ausentes	Presentes
Tamaño	Más pequeñas	Más grandes
Complejidad	Simples	Más complejas

Importancia biológica: Las células **procariotas** son los primeros organismos que aparecieron en la Tierra, hace más de 3.500 millones de años. Las **eucariotas** surgieron después y permitieron la evolución de organismos más complejos.

Existen **dos tipos fundamentales de organismos** según la cantidad de células que los componen:

1. Organismos unicelulares

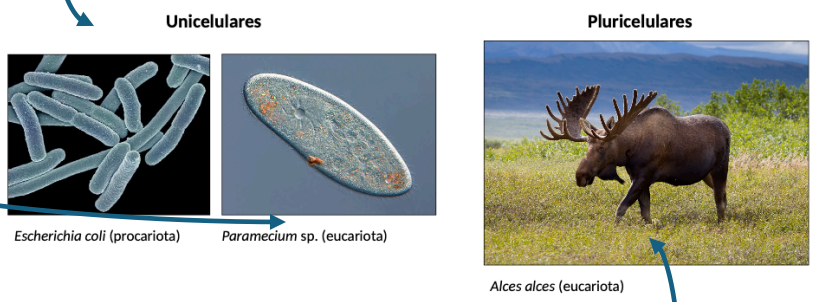
- **Definición:** Son organismos formados por una sola célula, que realiza todas las funciones vitales (nutrición, reproducción, relación, etc.).
- **Tipos de células:** Pueden ser **Procariotas** o **Eucariotas**.
-

⇒ **Escherichia coli (procariota):**

- Bacteria que habita en el intestino humano. Realiza funciones esenciales como la digestión de alimentos.

⇒ **Paramecium sp. (eucariota):**

- Protista unicelular que vive en ambientes acuáticos. Usa cilios para moverse y alimentarse.



2. Organismos pluricelulares

- **Definición:** Están formados por muchas células que trabajan de manera coordinada y se especializan en diferentes funciones (ejemplo: células musculares, nerviosas, etc.).
- **Tipo de células:** Siempre están formados por células **eucariotas**.

  - **Ejemplo: Alces (Alces alces)**
    - Mamífero eucariota formado por trillones de células especializadas. Cada una de ellas contribuye a funciones específicas como movimiento, digestión, circulación, etc.

Diferencias clave entre unicelulares y pluricelulares

Característica	Unicelulares	Pluricelulares
Número de células	Una sola célula	Millones o trillones de células
Organización	Célula realiza todas las funciones	Células especializadas y organizadas
Ejemplos	Bacterias, protistas	Animales, plantas, hongos

Importancia biológica: Los organismos **unicelulares** son la forma de vida más antigua y representan la base de la evolución. Los **pluricelulares** permitieron el desarrollo de estructuras y funciones complejas, lo que dio lugar a la gran diversidad de vida que conocemos hoy.

Otra de las características de los seres vivos es **la regulación de sus procesos metabólicos**, como el **metabolismo** y la **homeostasis**.

1. Metabolismo: Es la **suma de todas las actividades químicas** que ocurren en un organismo.

- Incluye procesos como:
  - ⇒ **Anabolismo:** Construcción de moléculas complejas a partir de moléculas simples (por ejemplo, síntesis de proteínas).
  - ⇒ **Catabolismo:** Descomposición de moléculas complejas en moléculas más simples (por ejemplo, digestión).

2. Regulación del metabolismo: Para que un organismo funcione correctamente, los procesos metabólicos deben estar **cuidadosamente regulados**. Esta regulación asegura que el organismo pueda responder a cambios internos y externos.



3. Homeostasis: Es el mantenimiento de un **ambiente interno estable y adecuado** para el funcionamiento del organismo.

⇒ Ejemplos de la homeostasis: Regulación de la temperatura corporal en mamíferos y control del nivel de glucosa en sangre.

METABOLISMO: ANABOLISMO Y CATABOLISMO

1. Metabolismo: Es el conjunto de todas las reacciones químicas que ocurren en un organismo para mantener la vida. Se divide en dos procesos fundamentales:

⇒ **Anabolismo:** Construcción de moléculas.

⇒ **Catabolismo:** Descomposición de moléculas.



2. Anabolismo

- **Definición:** Es el proceso en el cual el organismo construye **moléculas complejas** a partir de **moléculas sencillas**.
- **Características: Requiere energía** (comúnmente en forma de ATP).
  - ⇒ **Ejemplos**: La síntesis de proteínas a partir de aminoácidos; y la formación de glucógeno a partir de glucosa.
- **Resultado:** Almacena energía y construye estructuras necesarias para el organismo.

3. Catabolismo

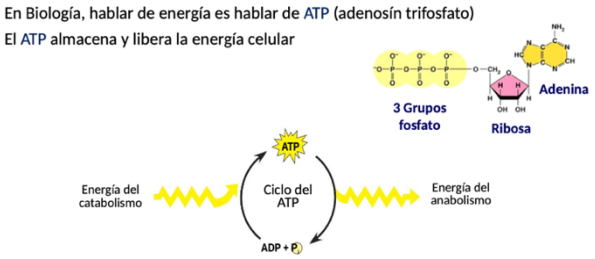
- **Definición:** Es el proceso en el cual el organismo descompone **moléculas complejas** en **moléculas sencillas**.
- **Características: Libera energía** que puede ser usada para funciones vitales.
  - ⇒ **Ejemplos**: Digestión de carbohidratos para obtener glucosa y descomposición de grasas para obtener ácidos grasos.
- **Resultado:** Proporciona energía para las actividades celulares.

- **Relación entre anabolismo y catabolismo:** Ambos son procesos complementarios dentro del metabolismo.

⇒ **El catabolismo proporciona la energía** necesaria para que ocurra el anabolismo; y ambos trabajan en conjunto para mantener el equilibrio energético y funcional del organismo.

4. ATP, capital energético: El ATP (Adenosín Trifosfato o Trifosfato de Adenosina) es la molécula que **almacena y libera la energía primaria** para las actividades celulares de todas las formas de vida (bacterias, levaduras, mohos, algas, vegetales y células animales) todas ellas contienen ATP.

- **Estructura:**
  - ⇒ **Adenina:** Base nitrogenada.
  - ⇒ **Ribosa:** Un azúcar de 5 carbonos.
  - ⇒ **Tres grupos fosfato:** Unidos entre sí por enlaces de alta energía.



5. Función del ATP

- **Almacenar energía:** La energía obtenida en el catabolismo (por ejemplo, la descomposición de glucosa) se almacena en los enlaces entre los grupos fosfato del ATP.

- **Liberar energía:** Cuando el ATP pierde un grupo fosfato y se convierte en ADP[2] (adenosín difosfato), libera energía que es utilizada para el anabolismo (síntesis de moléculas) y otros procesos celulares.

6. Ciclo del ATP

- **Catabolismo:** Proporciona energía para convertir ADP en ATP mediante la adición de un fosfato (fosforilación).
- **Anabolismo:** Utiliza la energía liberada por la hidrólisis del ATP (conversión de ATP a ADP + Pi) para llevar a cabo procesos celulares como la síntesis de proteínas o el transporte activo.

7. Importancia biológica

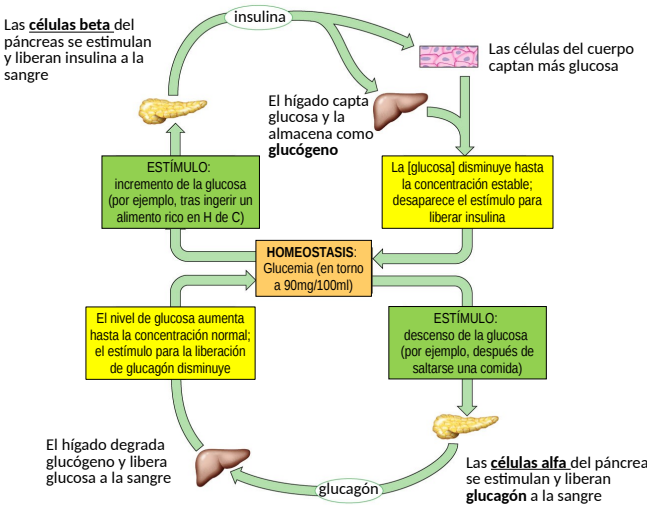
- Sin el ATP, las células no podrían realizar funciones esenciales tales como:
  - ⇒ Contracción muscular.
  - ⇒ Transporte de moléculas a través de membranas.
  - ⇒ Síntesis de macromoléculas (proteínas, lípidos, etc.).

HOMEOSTASIS DE LA GLUCOSA REGULADA POR LAS HORMONAS INSULINA Y GLUCAGÓN

La homeostasis es el mantenimiento de un nivel estable de glucosa en sangre (alrededor de **90 mg/100 ml**). Esto es regulado principalmente por dos hormonas producidas por el páncreas:

1. Insulina (secretada por células beta del páncreas):

- **Estímulo:** Se libera cuando los niveles de glucosa en sangre aumentan, por ejemplo, tras comer alimentos ricos en carbohidratos.
- **Acción:** Permite que las células del cuerpo capten glucosa para obtener energía o almacenarla. El hígado convierte la glucosa en **glucógeno** para su almacenamiento.
- **Resultado:** Los niveles de glucosa en sangre disminuyen hasta volver a la normalidad.



2. Glucagón (secretado por células alfa del páncreas):

- **Estímulo:** Se libera cuando los niveles de glucosa en sangre descienden, por ejemplo, tras un ayuno o al saltarse una comida.
- **Acción:** El hígado degrada el glucógeno almacenado y libera glucosa a la sangre.
- **Resultado:** Los niveles de glucosa aumentan hasta volver a la normalidad.

⇒ **Ciclo de regulación:**

- **Incremento de glucosa:** Estimula la secreción de insulina, lo que da como resultado la reducción de la glucosa en sangre.
- **Descenso de glucosa:** Estimula la secreción de glucagón, y esto aumenta la glucosa en sangre.

[2] El ADP es un tipo de enzima que participa en muchas funciones celulares, incluso el reparo del daño al ADN. El daño al ADN se puede deber al funcionamiento normal de las células, la luz UV, algunos medicamentos contra el cáncer y la radiación que se usa para tratar el cáncer.

Importancia de este sistema: Mantener los niveles de glucosa estables es crucial para el funcionamiento del cerebro y los músculos.

⇒ El desequilibrios pueden llevar a situaciones como:
- **Hipoglucemia:** Glucosa baja en sangre.
- **Hiperglucemia:** Glucosa alta en sangre (asociada con la diabetes).

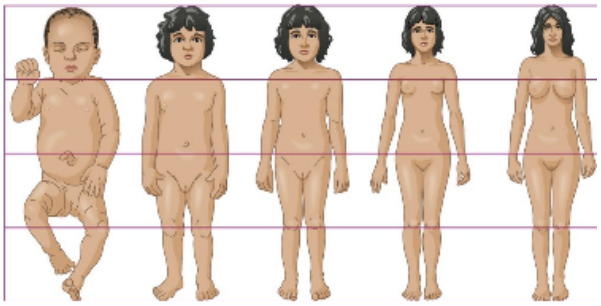
LOS SERES VIVOS CRECEN Y SE DESARROLLAN

En todos los seres vivos se produce un **crecimiento biológico**, que es el incremento en un organismo del tamaño, del número de células o de los dos.

⇒ **Crecimiento biológico:**
Consiste en el:
- **Aumento del tamaño de las células.**
- **Aumento del número de células.**



⇒ **Tipos de crecimiento según su naturaleza:**
- **Uniforme:** Todo el organismo crece de forma proporcional.
- **Desigual:** Las proporciones corporales cambian durante el crecimiento (por ejemplo, en los seres humanos, la cabeza tiene un mayor tamaño relativo al cuerpo en la infancia).



Alometría

⇒ **Tipos de crecimiento según su duración:**
- **Continuo:** Ocurre durante toda la vida del organismo. Un ejemplo lo tenemos en los árboles y otros vegetales perennes que crecen indefinidamente.
- **Limitado:** Se detiene en cierto momento del desarrollo. El ejemplo en los animales, cuyo crecimiento está limitado a etapas específicas (como la infancia o adolescencia).

⇒ **Importancia biológica:** El crecimiento refleja el estado de salud y desarrollo de un organismo. Los patrones de crecimiento están determinados por factores genéticos, ambientales y hormonales.

⇒ Ese crecimiento a ritmos distintos según las partes del cuerpo en relación con el crecimiento general del organismo se estudia con el nombre de **alometría.**

DESARROLLO BIOLÓGICO Y CICLO DE VIDA



El Desarrollo biológico es el conjunto de **cambios que ocurren a lo largo de la vida** de un organismo y se divide en dos fases principales:

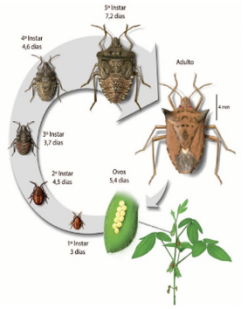
1. **Prenatal o embrionario:** Incluye las etapas desde la fecundación hasta el nacimiento (o eclosión). **Ejemplo**: Desarrollo del embrión humano o de un insecto dentro del huevo.

2. **Postnatal:** Ocurre después del nacimiento y puede incluir cambios como el crecimiento o la metamorfosis (en insectos como larvas a adultos).

El Ciclo de vida son las **diferentes etapas** que atraviesa un organismo desde su nacimiento hasta su muerte. Este ciclo tiene una **concepción circular**, ya que incluye:

⇒ Nacimiento (o eclosión).
⇒ Crecimiento y desarrollo.
⇒ Reproducción (donde el ciclo comienza nuevamente con la siguiente generación).
- Ejemplo: En insectos o crustáceos se observan estados larvales o instares correspondiente a cada etapa de su desarrollo hasta alcanzar el estado adulto y llegar a la madurez sexual.

Ciclo de vida: distintas etapas por las que pasa un individuo durante su crecimiento y desarrollo, desde que nace hasta que muere (concepción circular)

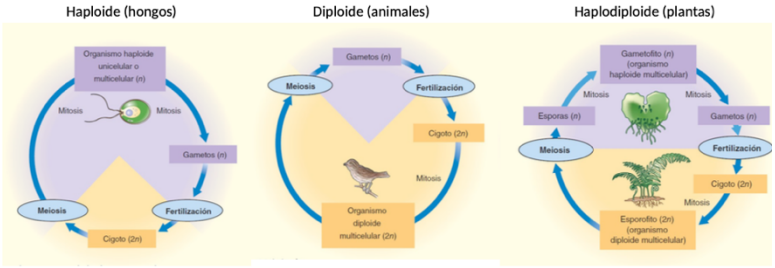


IMPORTANCIA BIOLÓGICA: El desarrollo y el ciclo de vida están determinados por factores genéticos y ambientales. Estos procesos son clave para la perpetuación de las especies y su adaptación al medio.

Cambios en la Dotación Genética: El ciclo de vida en organismos incluye variaciones en su dotación genética según las fases de su desarrollo. Estos son los tres tipos principales de ciclos:

1. **Haploide (Hongos):**

⇒ El organismo es **haploide** (n)[3] la mayor parte del tiempo.
⇒ **Proceso:** A través de la **meiosis**, se forman gametos **haploides** que, tras la fertilización, dan lugar a un cigoto **diploide** (2n). El cigoto sufre **meiosis** directamente, regenerando la fase haploide.
⇒ **Ejemplo:** Hongos y algunas algas.



2. **Diploide (Animales):**

⇒ El organismo multicelular es diploide (2n).
⇒ **Proceso:** La **meiosis** produce gametos haploides (n), que al unirse durante la fertilización forman un cigoto **diploide** (2n). Este cigoto se divide por **mitosis** para formar el organismo adulto.
⇒ **Ejemplo:** Vertebrados y la mayoría de los animales.

---

[3] En biología, las notaciones **"n"** y **"2n"** se refieren al número de **juegos de cromosomas** en una célula, lo que es crucial para entender la genética y la reproducción.

1. "n": Representa el **número haploide de cromosomas**. Es el **juego único de cromosomas** que contiene una copia de cada tipo de cromosoma.
Se encuentra en: **Gametos** (células sexuales como óvulos y espermatozoides).
Ejemplo en humanos: **n = 23 cromosomas** (22 autosomas y 1 cromosoma sexual).

2. "2n": Representa el **número diploide de cromosomas**. Contiene **dos juegos de cromosomas**, uno de cada progenitor (un juego del padre y otro de la madre).
Se encuentra en: **Células somáticas** (células normales del cuerpo, como las de la piel o los músculos).
Ejemplo en humanos: **2n = 46 cromosomas** (23 pares de cromosomas).
Relación entre "n" y "2n": En organismos diploides (como los humanos y muchos animales):
Gametos (n): Se forman por meiosis, un proceso que reduce el número de cromosomas a la mitad.
Células somáticas (2n): Se forman por mitosis, manteniendo el número completo de cromosomas.

3. En organismos haploides y diploides: Haploides: Organismos o células donde **n** es su número total de cromosomas (ej. hongos). **Diploides:** Organismos donde el número total es **2n**, el doble del número haploide (ej. animales, plantas).

Como resumen: **"n":** Una copia de cada cromosoma (**haploide**). **"2n":** Dos copias de cada cromosoma (**diploide**).

3. **Haplodiploide (Plantas):**

⇒ Alternan entre generaciones **haploides** (n) y **diploides** (2n).

⇒ **Proceso:** El **esporofito diploide** (2n) produce esporas haploides mediante meiosis. Las esporas se desarrollan en **gametofitos haploides** (n), que generan gametos. Tras la fertilización, el **cigoto** forma nuevamente un **esporofito diploide**.

⇒ **Ejemplo**: Helechos, musgos, y plantas con flores.

Característica	Diploide (2n)	Haploide (n)
Número de cromosomas	Dos juegos completos	Un solo juego de cromosomas
Ejemplo de células	Células somáticas	Gametos (óvulos y espermatozoides)
Presencia en el ciclo	Estado predominante en animales y plantas	Estado transitorio en organismos diploides

2. Respuesta a estímulos: Los seres vivos tienen la capacidad de responder a estímulos, que pueden ser **físicos** o **químicos**.

⇒ **Definición de estímulo:** Cambios físicos o químicos en el medio interno o externo que desencadenan una respuesta en una célula u organismo para adaptarse a su entorno.

⇒ **Tipos de estímulos y consecuencias:**

- **Cambios físicos:** Factores como la temperatura; intensidad de la luz; sonidos o presencia de depredadores.

⇒ **Ejemplo**: Una planta que crece hacia la luz (fototropismo).

- **Cambios químicos:** Que incluyen los Olores; sabores; hormonas o concentración de oxígeno en el aire.

⇒ **Ejemplo**: La liberación de adrenalina como respuesta al estrés.



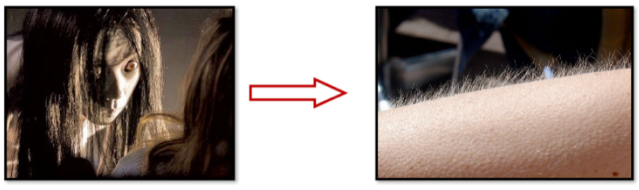
Mimosa pudica


Heliotropismo en *Helianthus annuus*



Estímulo: visión de un peligro o amenaza

Respuesta: piloerección







LA REPRODUCCION DE LOS SERES VIVOS

La **reproducción** es una de las características fundamentales de los seres vivos. Es el proceso biológico por el cual los organismos generan descendencia, asegurando la **continuidad de su especie** y la transmisión de sus características genéticas.

Existen estos dos tipos principales de reproducción:

Esquema explicativo:

Tipo de Reproducción	Definición	Características	Ventajas	Ejemplos
Asexual	Un solo organismo genera descendencia idéntica a él mismo.	- No intervienen gametos. - No hay mezcla de genes (los descendientes son clones). - Proceso rápido y eficiente.	- Mayor rapidez. - Apta en ambientes estables. - No requiere pareja.	- Bacterias (fisión binaria). - Estrellas de mar (fragmentación). - Plantas (esquejes o estolones).
Sexual	Dos organismos combinan su material genético para formar descendencia única.	- Intervienen gametos. - Descendientes con variabilidad genética. - Más complejo que la asexual.	- Variabilidad genética. - Mejora adaptación a cambios ambientales. - Favorece la evolución.	- Humanos (óvulo + espermatozoide). - Plantas con flores (polinización). -Aves, peces y mamíferos.

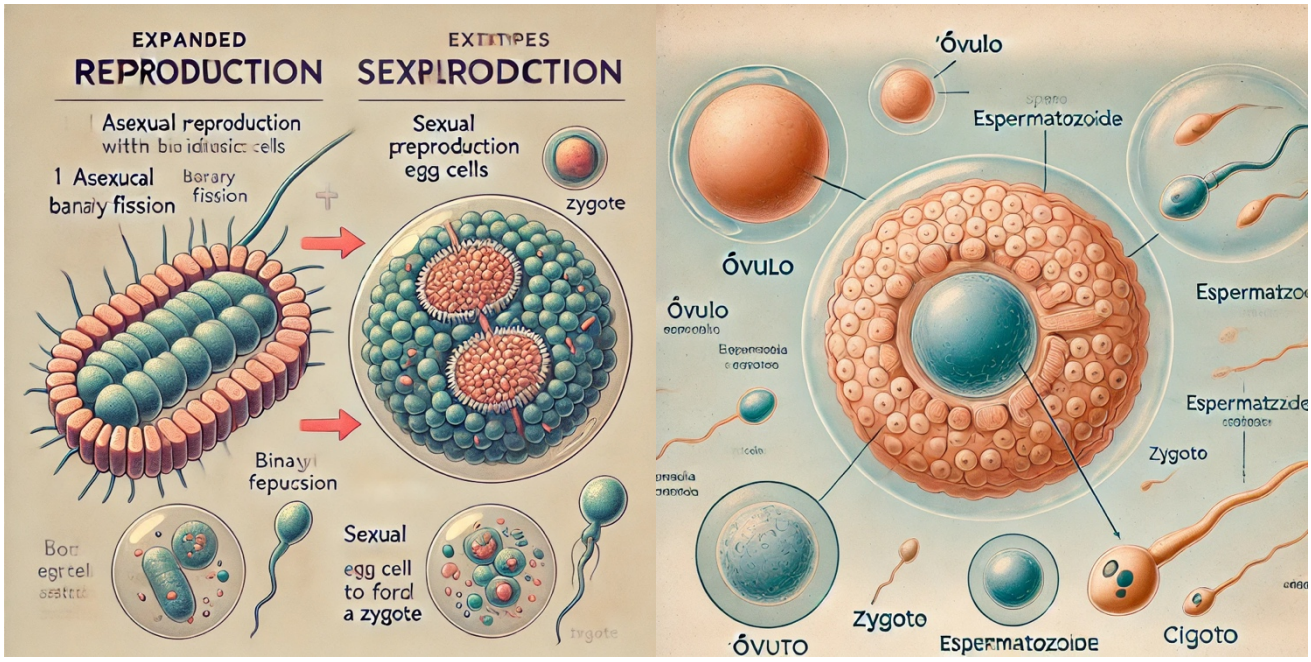
1. **Reproducción asexual:** Un solo organismo produce descendencia idéntica a él mismo, sin la participación de gametos. Es ideal para especies que necesitan reproducirse rápido y asegurar su supervivencia en condiciones estables.
    - Organismo padre → (divide o produce) → Organismos hijos **idénticos**.
    - No hay intercambio genético.
    - Ejemplo visual: Una bacteria dividiéndose por fisión binaria.
2. **Reproducción sexual:** Implica la combinación de material genético de dos progenitores mediante gametos (óvulos y espermatozoides), lo que da lugar a descendientes genéticamente diversos. Permite a las especies adaptarse mejor a un ambiente cambiante, evitando extinciones y fomentando la evolución.
    - Organismo 1 (♂) + Organismo 2 (♀) → Gametos → Fusión → Cigoto → Descendencia **única**.
    - Mezcla de genes maternos y paternos.
    - Ejemplo visual: Fusión de óvulo y espermatozoide.

¿Por qué son importantes ambos tipos?

- **Reproducción asexual:**
    - Ideal para especies que necesitan reproducirse rápido y asegurar su supervivencia en condiciones estables.
    - Desventaja: Poca capacidad de adaptación a cambios en el entorno.
- **Reproducción sexual:**
    - Permite a las especies adaptarse mejor a un ambiente cambiante, evitando extinciones y fomentando la evolución.
    - Desventaja: Es más lenta y requiere la interacción de dos organismos o gametos.

Importancia de la reproducción:

- **Continuidad de la vida:** Asegura que las especies no se extingan.
- **Variabilidad genética:** En el caso de la reproducción sexual, fomenta la evolución y la adaptación al medio ambiente.
- **Reparación poblacional:** Permite recuperar o aumentar el número de individuos en una población.



Reproducción sexual

Organismos:

- Monoicos. Un individuo produce gametos tanto femeninos como masculinos. En animales se denomina hermaforditismo
- Dioicos. Un individuo produce gametos femeninos o masculinos, pero no ambos

Reproducción asexual
Ventajas y desventajas

- Ventajas: sencilla y rápida. Gran nº de descendientes en poco tiempo
- Desventajas: todos los descendientes tienen las mismas probabilidades de sobrevivir a los cambios ambientales. La población entera puede desaparecer

Reproducción sexual

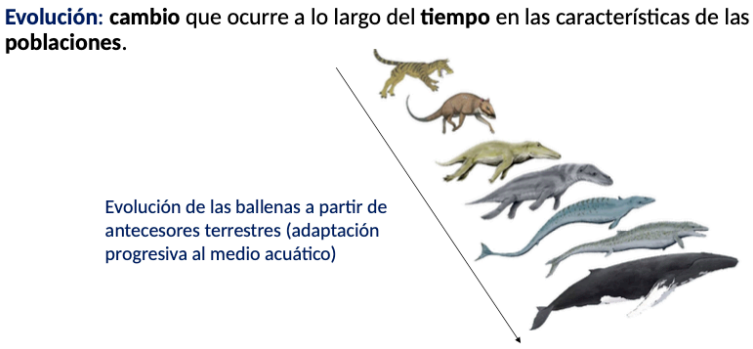
- Ventajas: La variabilidad entre los individuos permite que la población afronte diferentes cambios ambientales. Unos perecen, otros sobreviven
- Desventajas: costosa. Producción de gametos, órganos sexuales, búsqueda de pareja, pocos descendientes

La mayoría de los seres vivos tienen reproducción sexual, y muchos son capaces de alternar ambos tipos de reproducción

EVOLUCIÓN Y ADAPTACIÓN AL ENTORNO

El concepto de **evolución** es el proceso de cambio en las características genéticas de las poblaciones a lo largo del tiempo. Este cambio ocurre debido a la **reproducción diferencial** de individuos con características **heredables** que son ventajosas en su entorno. Este hecho es de gran importancia, ya que permite que las especies se adapten a los cambios en el medio ambiente. Es el proceso central en la teoría de la selección natural propuesta por Charles Darwin.

EJEMPLO:
Evolución de las ballenas



- **Proceso:** Las ballenas evolucionaron a partir de mamíferos terrestres que se adaptaron progresivamente al medio acuático.
- **Cambios observados:**
  - Reducción de las extremidades posteriores.
  - Transformación de las extremidades delanteras en aletas.
  - Desarrollo de una cola con aletas horizontales para la natación.
- **Importancia del ejemplo:**
  - Muestra cómo los cambios en el medio ambiente (pasar de tierra al agua) impulsaron adaptaciones anatómicas y funcionales.

FACTORES QUE IMPULSAN LA EVOLUCIÓN:

1. **Selección natural:** Los individuos con características beneficiosas tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse.
2. **Mutaciones:** Cambios aleatorios en el ADN que pueden generar nuevas características.
3. **Flujo génico:** Movimiento de genes entre poblaciones.
4. **Deriva genética:** Cambios en las frecuencias genéticas debido al azar.

NIVELES DE ORGANIZACIÓN BIOLÓGICA

La vida se organiza de una manera **jerárquica**. Cada nivel posee propiedades emergentes, no presentes en el anterior. La estructura de la vida evoluciona desde las partículas más pequeñas hasta la escala más grande, que es la biosfera.

Estos son los niveles:

1. **Nivel químico**:

⇒ **Átomos y partículas subatómicas**: Son las unidades más pequeñas de la materia (como protones, neutrones y electrones).
  - **Moléculas y macromoléculas**: Los átomos se combinan para formar moléculas (como agua o dióxido de carbono), y estas se unen para formar macromoléculas más complejas, como el ADN o las proteínas.

⇒ **Orgánulos**: Son componentes celulares especializados con funciones específicas, como las mitocondrias (que producen energía) o el núcleo (que contiene el material genético).

⇒ **Célula**: Es la unidad básica de estructura y función de los seres vivos. Es el nivel donde comienza la vida. **Ejemplo**: Una célula muscular o nerviosa.

⇒ **Tejido**: Es un conjunto de células similares que trabajan juntas para realizar una función específica. **Ejemplo**: El tejido muscular o epitelial.

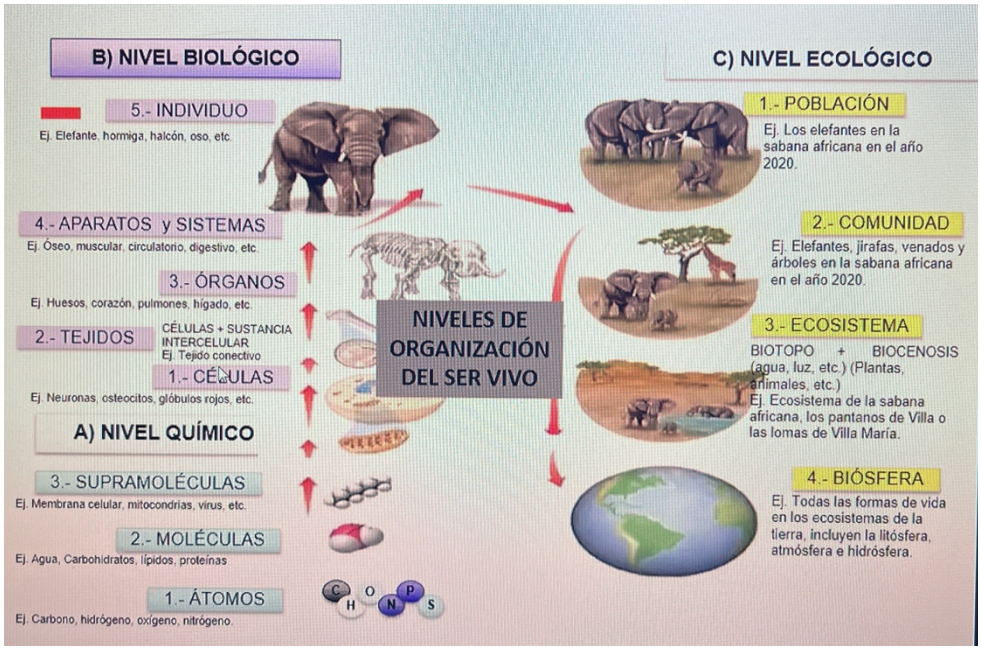
⇒ **Órgano**: Es una estructura formada por varios tejidos que realizan una función particular en el organismo. **Ejemplo**: El corazón o el cerebro.

⇒ **Sistema o aparato**: Es un conjunto de órganos que trabajan de manera coordinada para llevar a cabo funciones específicas en el organismo. **Ejemplo**: El sistema digestivo o respiratorio.

⇒ **Organismo**: Es un ser vivo completo, formado por todos los sistemas trabajando en conjunto. **Ejemplo**: Un elefante o un ser humano.

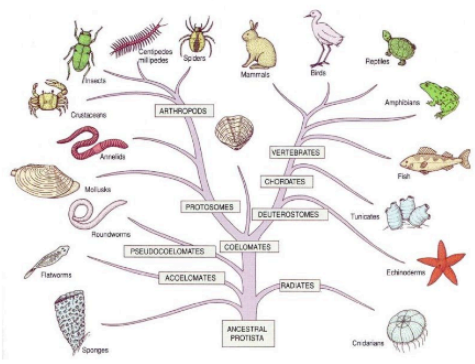
Niveles superiores: Ecología

8. **Población**: Conjunto de organismos de la misma especie que viven en una zona específica. **Ejemplo**: Una manada de elefantes.
9. **Comunidad**: Conjunto de diferentes poblaciones (de distintas especies) que interactúan en un área común. **Ejemplo**: Elefantes, cebras y árboles en una sabana.



10. **Ecosistema**: Incluye la comunidad biológica y los elementos no vivos (como el agua, el suelo y el aire) que interactúan en un entorno. **Ejemplo**: La sabana africana.
11. **Biosfera**: Es el nivel más alto, que incluye todos los ecosistemas de la Tierra, donde interactúan los organismos vivos y el ambiente físico.

¿QUÉ ES EL ÁRBOL DE LA VIDA?



El Árbol de la Vida es el "libro de familia" para todos los organismos. Representa cómo todas las formas de vida están conectadas entre sí a través de la evolución y cómo se diversificaron a partir de un ancestro común, que sería el primer organismo vivo en la Tierra.

ESTRUCTURA DEL ÁRBOL DE LA VIDA:

1. **Raíz común: Ancestro unicelular:** En la base del árbol se encuentra el **ancestral protista** conocido como **LUCA**, (por sus siglas en inglés **Last Universal Common Ancestor**).

⇒ **Pero, ¿Qué es LUCA?**

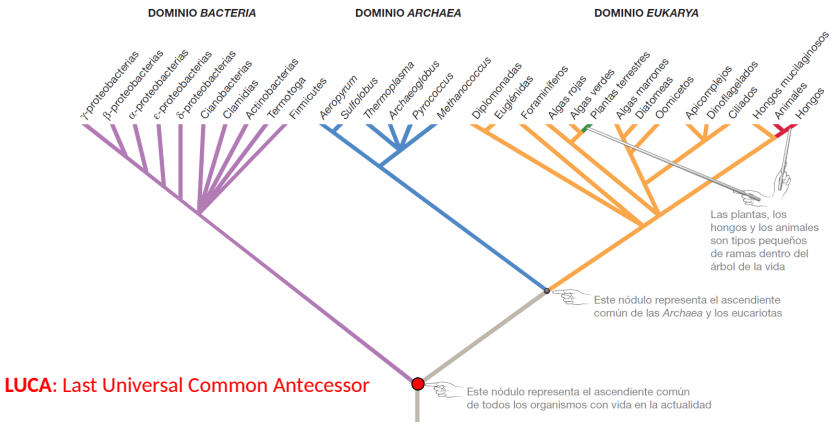
LUCA es el organismo hipotético que se considera el **último ancestro común** de todos los seres vivos que existen hoy en la Tierra. No fue el primer organismo vivo (eso sería un paso anterior en el origen de la vida), pero sí el punto en la historia evolutiva donde se unifica el árbol de la vida.

⇒ **¿Cómo era LUCA?**

LUCA probablemente era un organismo **unicelular**, extremadamente simple, y vivió hace unos **3.500 a 4.000 millones de años**.

- **Composición genética**: Tenía **ADN o ARN** como material genético. Este material codificaba instrucciones para fabricar proteínas. Usaba un **código genético universal** que aún compartimos hoy. Por ejemplo, los tripletes de bases o de iniciación (como AUG para metionina) ya formaban parte de su "idioma molecular".
- **Metabolismo básico**: LUCA probablemente obtenía energía de su entorno. Se piensa que usaba moléculas simples como **hidrógeno (H_2)** o compuestos orgánicos pequeños para sobrevivir. Poseía un metabolismo rudimentario que le permitía convertir energía en formas útiles para sus procesos vitales.
- **Estructura celular**: Era una célula **procarionte**, es decir, sin núcleo ni organelos complejos (como las mitocondrias o el cloroplasto). Su membrana estaba hecha de lípidos simples que separaban el interior celular del ambiente externo.
- **Ambiente donde vivía**: Probablemente habitaba en un ambiente extremo, como los **fondos marinos cercanos a fumarolas hidrotermales** o zonas ricas en compuestos químicos como el azufre. Estas áreas ofrecían calor y energía química para sustentar la vida.

⇒ **LUCA** no era el único organismo vivo en su época, pero es el único del que descendieron todas las formas de vida actuales. A partir de él, la vida evolucionó y se dividió en tres grandes dominios:



- **Archaea**: Microorganismos que viven en ambientes extremos, como aguas termales o salinas.
- **Bacteria**: Los procariontes más comunes, como las cianobacterias o bacterias del suelo.
- **Eucarya (Eucariotas)**: Incluyen organismos más complejos, como plantas, animales y hongos.

Esto significa que **todos los organismos vivos** (desde bacterias hasta humanos) comparten rasgos fundamentales que LUCA ya tenía: ADN, ribosomas para producir proteínas, y un metabolismo básico.

⇒ **¿Cómo sabemos que LUCA existió?**

La existencia de LUCA se deduce a partir de los siguientes puntos:

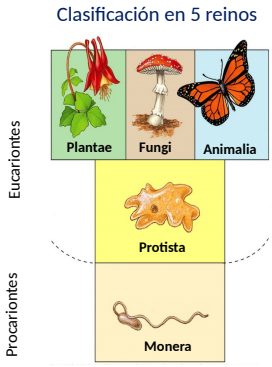
- **Código genético universal**: Todas las formas de vida conocidas comparten un código genético muy similar. Esto sugiere que provienen de un ancestro común que ya usaba este código.
- **Proteínas y ribosomas**: Todas las células actuales tienen ribosomas que funcionan de manera casi idéntica. Los ribosomas probablemente se originaron en LUCA.

- **Genes compartidos**: Existen genes que están presentes en todos los dominios de la vida. Estos genes ancestrales probablemente estuvieron presentes en LUCA.

Analogía muy simple para entender LUCA:

Imagina que toda la vida en la Tierra es como un bosque gigante. En este bosque, cada rama representa una especie viva y todas las ramas se conectan a un tronco común. LUCA sería ese **tronco base**, del cual se originaron todas las ramas. Aunque ese tronco ya no existe, su legado está presente en todas las hojas y ramas que vemos hoy.

Seguimos con el Árbol de la Vida:





2. **Ramas principales:** Las ramas representan las divisiones evolutivas que ocurrieron con el tiempo. Por ejemplo:
   - **Acoelomados y pseudocelomados**: Organismos más simples como los gusanos planos.
   - **Radiados**: Incluyen organismos con simetría radial, como las medusas y los cnidarios.
   - **Protostomos y deuterostomos**: Clasificaciones basadas en cómo se desarrolla el embrión.
     - **Protostomos**: Incluyen insectos, moluscos y anélidos.
     - **Deuterostomos**: Incluyen vertebrados, como peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
3. **Grupos específicos destacados:**
   - **Cordados**: Organismos con columna vertebral o notocorda (estructura que da soporte al cuerpo).
   - **Artrópodos**: Insectos, crustáceos y otros organismos con exoesqueleto.
   - **Moluscos**: Como los caracoles y los pulpos.

Importancia del Árbol de la Vida:

- **Origen único**: Nos recuerda que toda la vida en la Tierra comparte un origen común.
- **Diversidad**: Muestra cómo las especies han evolucionado y se han adaptado a diferentes entornos a lo largo de miles de millones de años.
- **Relaciones evolutivas**: Ayuda a los científicos a entender cómo están relacionadas las especies, no solo por apariencia, sino por genética y evolución.

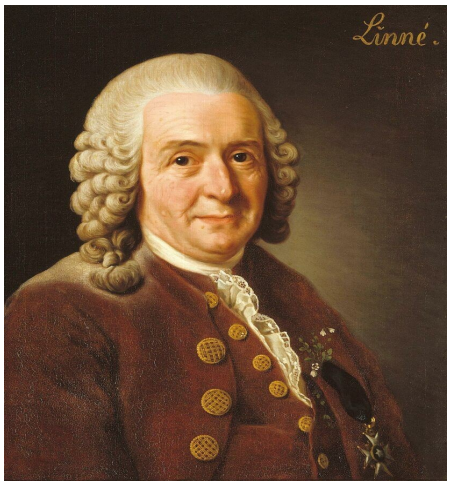
TAXONOMÍA O HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA CLASIFICAR LA VIDA

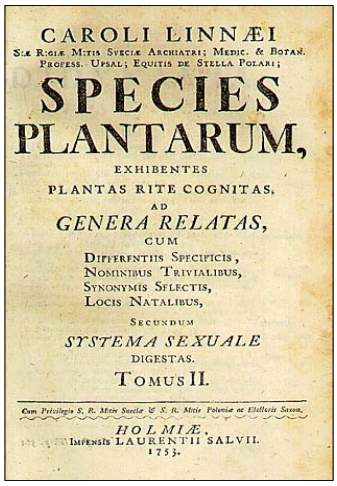
1. **Taxonomía** es la rama de la biología encargada de **nombrar y clasificar** los organismos, agrupándolos en categorías progresivamente más amplias que reflejan su grado de parentesco.
2. **Sistemática**: Estudio de las relaciones evolutivas o **relaciones de parentesco** entre los organismos. Para ello, se busca reconstruir el "árbol genealógico" de los organismos para entender su historia evolutiva.
3. **Nomenclatura**: Es el conjunto de **normas y reglas** que determinan el nombre científico asignado a los organismos. Cada uno de ellos tiene un nombre único en latín, que evita confusiones y permite su identificación global.

⇒ La Taxonomía es la que establece la manera de nombrar y clasificar a los organismos, pero requiere de un criterio. Este lo proporciona la Sistemática: relaciones de parentesco existentes entre ellos. Supone tratar de conocer la historia que comparten los seres vivos.

- **Filogenia:** historia evolutiva de un grupo
- **Árbol filogenético:** representación gráfica de la filogenia

La nomenclatura científica en Biología tiene su base en el *Species Plantarum* de Linneo, un tratado de botánica publicado en 1753




CAROLI LINNÆI
SUÆ REGIÆ MITIS SVECIÆ ARCHIATRI; MEDIC. & BOTAN. PROFESS. UPSAL; EQUITIS DE STELLA POLARI;
SPECIES PLANTARUM,
EXHIBENTES
PLANTAS RITE COGNITAS,
AD
GENERA RELATAS,
CUM
DIFFERENTIIS SPECIFICIS,
NOMINIBUS TRIVIALIBUS,
SYNONYMIS SELECTIS,
LOCIS NATALIBUS,
SECUNDUM
SYSTEMA SEXUALE
DIGESTAS.
TOMUS II.
HOLMIÆ,
IMPENSIS LAURENTII SALVII.
1753.

Carl von Linné o Carlos Linneo (1707-1778)

Todo estas herramientas permiten rastrear la manera en la que todas las formas de vida se ramifican desde un tronco común en ese Árbol de la Vida, que sería LUCA y que a partir de él formaron las principales ramas evolutivas que incluyen bacterias, arqueas y eucariotas.

Ejemplo: cada especie recibe un nombre en latín, o latinizado, formado por dos palabras

Homo sapiens Linnaeus, 1758

Nombre genérico | Epíteto específico | Autor que nombró la especie | Año en que lo hizo

Nombre genérico y epíteto específico deben escribirse en *cursiva* o subrayarse

El nombre genérico comienza con mayúscula y el epíteto específico con minúscula

Ambos concuerdan en género gramatical:

Capra hispanica

Gryllus hispanicus

El nombre genérico puede usarse solo, y designa a todas las especies del género. El epíteto específico, no




Género *Canis*. *Canis lupus* (lobo) y *Canis aureus* (chacal)




Pinus sylvestris (pino silvestre) y *Felis sylvestris* (gato montés)

Nombres trinomiales:

- Subespecies.
  - *Canis lupus lupus*
  - *Canis lupus familiaris*






Subgéneros.

- *Dyschirius (Dyschirius) thoracicus*
- *Dyschirius (Eudyschirius) globosus*

¿CÓMO SE ESTUDIA LA VIDA? EL MÉTODO CIENTÍFICO

CIENCIA Y BIOLOGÍA

⇒ **Definición de Ciencia**: La ciencia es una actividad organizada y sistemática para reunir conocimientos sobre el mundo y sintetizarlos en **leyes y principios** que pueden ser probados. (Definición atribuida a E.O. Wilson).

⇒ **Investigación científica**:

- Es la búsqueda de información y explicación de los fenómenos naturales.
- En el contexto de la biología, esto incluye entender cómo funcionan los organismos, cómo interactúan y cómo evolucionaron.

⇒ Datos y su Clasificación

Los datos recopilados en investigaciones pueden ser:

1. **Datos cualitativos**:
   - **Nominales**: Categorías sin orden específico, como sexo o nacionalidad.
   - **Ordinales**: Categorías con un orden jerárquico, como el nivel de estudios.
2. **Datos cuantitativos**:
   - **Discretos**: Valores numéricos que no admiten fracciones, como el número de hermanos.
   - **Continuos**: Valores numéricos que pueden tener decimales, como el peso o la altura.

⇒ El Método Científico

El método científico es fundamental para estudiar la vida. Consiste en una serie de pasos organizados para investigar fenómenos. En biología, se pueden usar dos tipos de razonamiento:

⇒ **Razonamiento <u>INDUCTIVO</u>**:

- El razonamiento inductivo consiste en observar múltiples casos individuales y, a partir de ellos, llegar a una generalización o principio general. Es un salto lógico que conecta observaciones específicas con conclusiones más amplias, pero no garantiza que estas conclusiones sean siempre correctas.

Ejemplos:

1: Aves y vuelo:

- **Observación**: Se estudian aves como gorriones, petirrojos, águilas y garzas.
- **Patrón**: Todas tienen alas y vuelan.
- **Conclusión inductiva**: "Todas las aves vuelan".
- **Problema potencial**: Esta generalización obvia excepciones, como los pingüinos o los avestruces, que son aves, pero no vuelan.

2: Mamíferos y viviparidad:

- **Observación**: Se analizan hembras de mamíferos como gatos, ciervos y ratones, y todas paren a sus crías.
- **Patrón**: Los mamíferos observados son vivíparos (dan a luz crías vivas).
- Conclusión inductiva: "Todos los mamíferos son vivíparos."
- **Problema potencial**: Esta conclusión ignora a los monotremas, como el ornitorrinco, que es un mamífero, pero pone huevos.



Limitaciones del razonamiento inductivo: Las observaciones no siempre

cubren todos los casos posibles, lo que puede llevar a generalizaciones incorrectas. Además, si no se recoge suficiente información o no se incluyen todas las variantes, las conclusiones pueden ser parciales o erróneas. El razonamiento inductivo es útil para formular **hipótesis** basadas en patrones observados. Posteriormente, estas hipótesis se pueden probar mediante el razonamiento deductivo y experimentación, lo que depura o corrige las generalizaciones.

⇒ **Razonamiento DEDUCTIVO**:

- El razonamiento deductivo parte de **principios generales** (como leyes o teorías) y los aplica a casos específicos para llegar a conclusiones particulares. Es un proceso lógico que, si los principios iniciales son correctos, garantiza conclusiones exactas.

Ejemplos:

1: Aves y oviparidad:

- **Principio general**: "Todas las aves son ovíparas" (ponen huevos).
- **Aplicación específica**: Pingüinos y avestruces son aves.
- **Conclusión deductiva**: "Por lo tanto, los pingüinos y avestruces ponen huevos."
- **Comentario**: Esta deducción es correcta porque el principio inicial es válido.

2: Mamíferos y pelo:

- **Principio general**: "Todos los mamíferos tienen pelo."
- **Aplicación específica**: Ballenas y elefantes son mamíferos.
- **Conclusión deductiva**: "Por lo tanto, las ballenas y elefantes tienen pelo."
- **Comentario**: Aunque la deducción es lógicamente correcta, este ejemplo ilustra cómo un principio general puede no reflejar completamente la realidad (las ballenas tienen poco o nada de pelo).



Limitaciones del razonamiento deductivo: Si la premisa inicial es incorrecta o incompleta, las conclusiones serán erróneas, aunque la lógica sea impecable. La deducción no crea conocimiento nuevo, solo lo aplica.

Diferencias clave entre inducción y deducción:

Inducción	Deducción
Va de lo específico a lo general.	Va de lo general a lo específico.
Genera hipótesis y teorías.	Aplica teorías y principios.
No garantiza que la conclusión sea verdadera.	Si el principio es válido, la conclusión es verdadera.

Importancia en el Método Científico

- **Inducción**: Genera teorías a partir de observaciones.
- **Deducción**: Prueba esas teorías en casos particulares.

Por ejemplo, si la inducción nos lleva a concluir que "todas las aves son ovíparas," la deducción puede probar esta hipótesis observando casos específicos como pingüinos y avestruces.

Etapas del estudio científico

1. **Observación** y **descripción** de un hecho particular
2. Planteamiento de **hipótesis** (posibles explicaciones)
3. Propuesta de **predicciones** (consecuencias deductivas de las hipótesis) comprobables
4. **Comprobación**: recogida de datos (observación/experimento)
   - La comprobación **no** concuerda con la realidad: se rechaza la hipótesis
   - La comprobación **sí** concuerda con la realidad: se acepta la hipótesis como provisionalmente cierta

¿Existen las hadas? ¿Qué dice la Ciencia?

La hipótesis científica de que **no** existen puede refutarse si descubrimos a una de ellas

La idea de que **sí** existen no puede rechazarse, ya que no es una hipótesis científica

La Ciencia solo puede trabajar con fenómenos observables, medibles y/o cuantificables. El resto se corresponde con creencias o fe

LA IGNORANCIA AFIRMA O NIEGA ROTUNDAMENTE.
LA CIENCIA DUDA. Voltaire

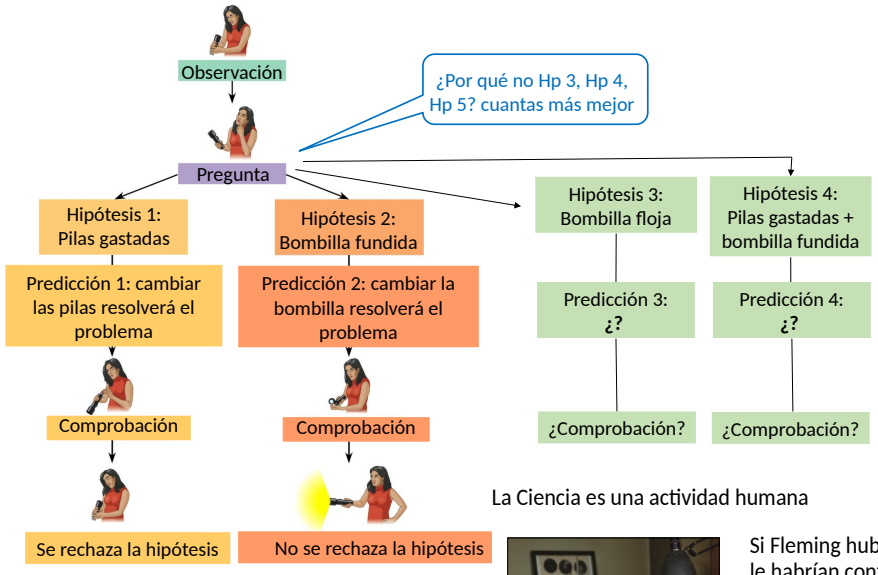
Las predicciones sirven para rechazar hipótesis, pero no para aceptarlas de modo categórico

Ejemplo:

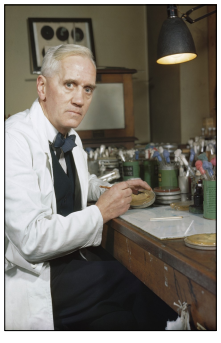
Hipótesis: la Tierra es redonda
Predicción: si nos desplazamos en línea recta, terminaremos por volver al punto de partida
Comprobación:



DESGRACIADOS AQUELLOS QUE TIENEN TODAS LAS IDEAS CLARAS.
Louis Pasteur



La Ciencia es una actividad humana

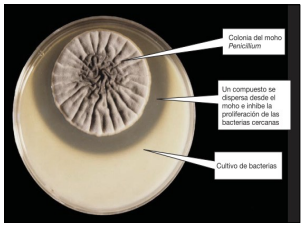


Alexander Fleming (1881-1955)

Si Fleming hubiera sido un microbiólogo "perfecto", no se le habrían contaminado los cultivos

Si hubiera sido menos **observador**, la contaminación sólo habría sido otro recipiente de cultivo echado a perder...

... Pero puso en práctica el **método científico**





"La casualidad favorece a las mentes preparadas" (Louis Pasteur)

TEMA 2. LA CÉLULA. TÉCNICAS DE ESTUDIO DE LAS CÉLULAS. LA CÉLULA PROCARIÓTICA. LA CÉLULA EUCARIÓTICA, ANIMAL Y VEGETAL. COMPONENTES CELULARES.

LA CÉLULA: UNIDAD BÁSICA DE LA VIDA

La célula es la unidad más pequeña que realiza todas las actividades esenciales para la vida, como el crecimiento, la regulación del metabolismo y la reproducción. Ningún componente celular aislado puede realizar estas funciones por sí mismo. Son las unidades fundamentales de organización y funcionamiento de la vida. Todas las células provienen de otras células preexistentes, desde las más simples (**procariotas**) hasta las más complejas (**eucariotas**), y comparten similitudes estructurales y moleculares.

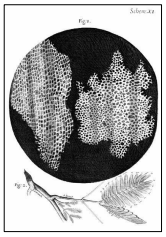
Esto refuerza aún más el concepto de un ancestro común.

TÉCNICAS PARA ESTUDIAR LAS CÉLULAS:

• **Microscopio Óptico (MO)**: Este instrumento permitió las primeras observaciones de células.

Contribuciones históricas:

⇒ **Robert Hooke** (1635-1703): Describió las células por primera vez en 1665 en su libro *Micrographia*, observando cortes de corcho.






⇒ **Antonie van Leeuwenhoek** (1632-1723): Fue el primero en observar células vivas y describir la vida microscópica.

⇒ **Principio básico de su funcionamiento**:

- La luz pasa a través de una muestra y es amplificada por una serie de lentes.
- El sistema de lentes crea una **imagen aumentada** de la muestra que puede observarse a través de un ocular.

⇒ **Componentes principales**:

- **Fuente de luz**: Ilumina la muestra (puede ser una lámpara o luz natural).
- **Condensador**: Enfoca la luz en la muestra.
- **Lentes objetivo**: Proporcionan el aumento inicial; están situados cerca de la muestra.
- **Ocular**: Aumenta aún más la imagen proyectada por los lentes objetivo.

⇒ **Capacidad de aumento**:

- El microscopio óptico tradicional puede ampliar hasta **1.500 veces**, suficiente para observar células y algunos organelos grandes, que forman parte de un organismo unicelular o de una célula como el núcleo.

Microscopio óptico (MO)

La nitidez de la imagen obtenida depende de:

• Aumento. Relación de tamaño imagen-objeto real. Máximo alrededor de 1500x





⇒ **Tipos de Microscopio Óptico:** Existen diferentes variantes del microscopio óptico según la técnica utilizada para visualizar las muestras:

1. **Microscopio de luz convencional**: Utiliza luz blanca para observar muestras teñidas o naturales.
2. **Microscopio de contraste de fases**: Permite observar células vivas sin teñirlas, aprovechando las diferencias en la refracción de la luz al pasar por distintas partes de la muestra.
3. **Microscopio de fluorescencia**: Usa luz ultravioleta para excitar fluorocromos en la muestra, lo que permite visualizar estructuras específicas marcadas con fluorescencia.

Limitaciones del Microscopio Óptico: Tiene una resolución limitada debido a la longitud de onda de la luz visible, por lo que no puede resolver detalles menores de 200 nanómetros (como ribosomas o virus). Muchas veces las muestras necesitan ser teñidas o fijadas, lo que puede alterar su estado natural.

- **Microscopio Electrónico (ME):** Es una herramienta avanzada que revolucionó la biología al permitir observar estructuras mucho más pequeñas que lo que permite el microscopio óptico. Para su funcionamiento utiliza **un haz de electrones** en lugar de luz visible para generar imágenes ampliadas de objetos extremadamente pequeños. Debido a que la longitud de onda de los electrones es mucho menor que la de la luz visible. Por todo ello ofrece una resolución mucho mayor. **Ernst Ruska** y **Max Knoll** construyeron el primer prototipo en 1931. Por ello, Ernst Ruska recibió el Premio Nobel en 1986.

⇒ **Funcionamiento básico:**

1. **Generación del haz de electrones**: Un filamento de tungsteno o una fuente de emisión genera electrones.
2. **Aceleración y enfoque**: Los electrones son acelerados en un vacío dentro del microscopio y enfocados por lentes electromagnéticas.
3. **Interacción con la muestra**: El haz de electrones interactúa con la muestra, generando señales (como electrones secundarios o transmitidos) que se convierten en una imagen ampliada.
4. **Resolución y aumento:** Puede alcanzar una resolución de **0.2 nanómetros**, permitiendo observar estructuras subcelulares como ribosomas, membranas, virus e incluso moléculas grandes como el ADN. Ofreciendo aumentos de hasta **2 millones de veces** en modelos avanzados.

Tipos de Microscopios Electrónicos

1. **Microscopio Electrónico de Transmisión (MET)**: El haz de electrones atraviesa la muestra, creando imágenes bidimensionales. Ideal para estudiar la **ultraestructura celular**, como organelos, membranas y complejos moleculares.
2. **Microscopio Electrónico de Barrido (MEB)**: El haz de electrones escanea la superficie de la muestra, produciendo imágenes tridimensionales. Utilizado para estudiar la **morfología superficial** de células, tejidos y materiales.

Ventajas del Microscopio Electrónico

1. **Alta resolución**: Permite observar estructuras hasta el nivel atómico.
2. **Imágenes detalladas**: Ofrece vistas precisas de la organización celular, como la estructura interna de mitocondrias o cloroplastos.
3. **Versatilidad**: El MET es ideal para estudios internos, mientras que el MEB es excelente para explorar superficies.

Limitaciones del Microscopio Electrónico

1. **Condiciones de vacío**: La muestra debe colocarse en un ambiente de vacío, lo que dificulta estudiar organismos vivos.
2. **Preparación compleja**: Las muestras deben fijarse, cortarse en secciones ultrafinas (en el caso del MET) y a menudo recubrirse con metales pesados (para el MEB).

3. **Costos elevados**: Tanto el equipo como su mantenimiento son significativamente más caros que los microscopios ópticos.
4. **Artefactos**: Los procedimientos de preparación pueden alterar la estructura de las muestras, introduciendo elementos artificiales.

Comparación entre Microscopio Electrónico y Óptico

Característica	Microscopio Óptico	Microscopio Electrónico
Fuente de imagen	Luz visible	Haz de electrones
Resolución máxima	200 nm	0.2 nm
Muestras vivas	Sí	No
Aumento máximo	1,000x	2,000,000x
Costo y accesibilidad	Relativamente bajo	Alto

Importancia del Microscopio Electrónico

1. **Estudio celular**: Ha permitido descubrir y detallar organelos celulares como ribosomas, retículo endoplásmico y citoesqueleto.
2. **Virología**: Esencial para visualizar virus, que son demasiado pequeños para ser observados con microscopios ópticos.
3. **Nanotecnología y materiales**: Utilizado para analizar estructuras a nivel nanométrico en ciencia de materiales, ingeniería y biomedicina.

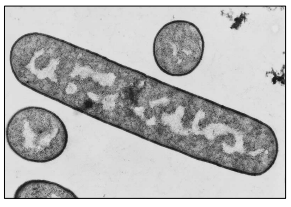
⇒ **Importancia de los Microscopios:** Han permitido descubrir las propiedades fundamentales de las células, como sus organelos y cómo interactúan entre sí. La microscopía sigue siendo una técnica clave para investigar procesos biológicos y avanzar en campos como la biotecnología y la medicina.

ESTRUCTURA Y FUNCIONES BÁSICAS DE LAS CÉLULAS

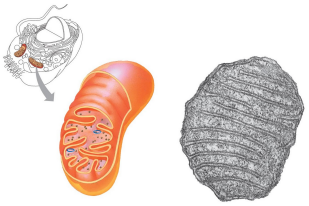
1. **La homeostasis celular**: Las células mantienen un equilibrio interno, llamado **homeostasis**, necesario para su supervivencia. Esto ocurre a pesar de los cambios constantes en el entorno, como:
   - Fluctuaciones en el **pH**.
   - Cambios en la **salinidad**.
   - Variaciones en la **temperatura**.

2. **Elementos clave para la homeostasis**:

⇒ **Membrana plasmática**:



- Presente en todas las células.
- Funciona como una **barrera selectiva**, separando el contenido celular del exterior y regulando el intercambio de materiales.
- Permite la entrada de nutrientes y la salida de desechos.
- Actúa también como un sitio de acumulación de energía y algunas sustancias de desecho.



⇒ **Orgánulos celulares**:

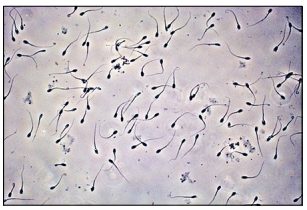
- Estructuras internas especializadas en funciones metabólicas específicas, como:
- Producción de energía (mitocondrias).
- Reparación de daños.

- Fabricación de componentes celulares (ribosomas, aparato de Golgi).
- No todas las células tienen la misma cantidad o tipo de orgánulos, pero la mayoría los poseen.

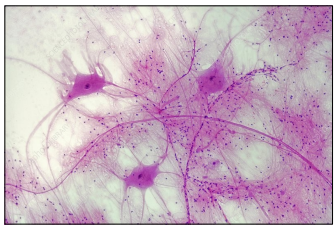
Importancia de estos conceptos: El conocimiento sobre estas estructuras básicas es fundamental para entender:

- Cómo las células se adaptan a entornos cambiantes.
- Cómo funcionan los procesos vitales en los organismos.
- La base de enfermedades y sus posibles tratamientos.

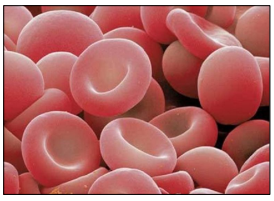
La forma de las células, al igual que su tamaño, se ajusta a su función



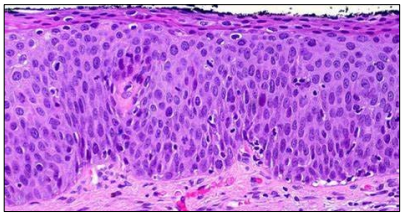
Espermatozoides



Neuronas



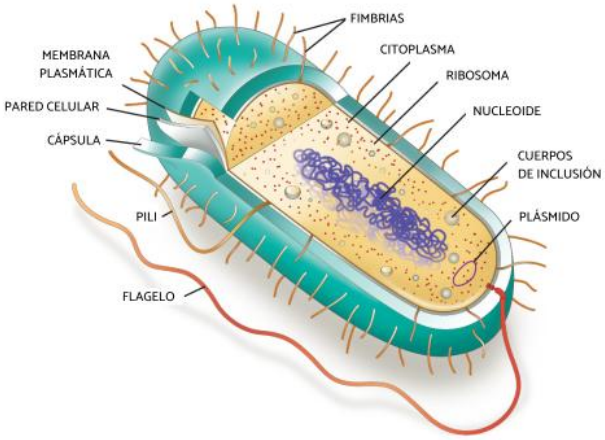
Eritrocitos



Células epiteliales

LA CÉLULA PROCARIOTA

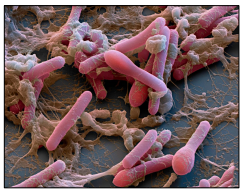
⇒ **Características principales**: El término "procariota" significa **"antes del núcleo"**, ya que estas células no poseen núcleo. El material genético (**ADN**) no está contenido dentro de una membrana nuclear, sino que se encuentra en una región llamada **nucleoide**.



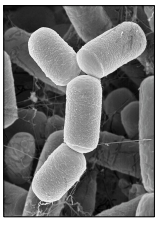
⇒ **Estructura básica**:

- **Nucleoide**: Región donde se ubica el ADN de manera concentrada.
- **Pared celular**: Estructura externa que proporciona soporte y protección, envolviendo la membrana plasmática.
- **Flagelos y fimbrias**: Ayudan en la locomoción y en la adhesión a superficies.
- **Ribosomas**: Encargados de la síntesis de proteínas, junto con otros componentes en el citoplasma, como ARN y proteínas.

Organismos similares a simple vista... ¡Pero no son lo mismo en absoluto!



Clostridium botulinum



Methanobrevibacter smithii

- **Gránulos de almacenamiento**: Almacenan nutrientes y compuestos necesarios para la célula.

Diferencias entre bacterias y arqueas: Aunque son similares a simple vista, difieren en aspectos fundamentales:

- **Pared celular**: La composición varía entre ambos grupos.

- **Estructura de los ribosomas**: Presentan diferencias que reflejan adaptaciones evolutivas únicas.

Importancia evolutiva:

⇒ **Linajes antiguos**: Se han encontrado fósiles de procariotas con una antigüedad de más de **3 mil millones de años**. Estas células fueron la única forma de vida en la Tierra hasta la aparición de las células eucariotas hace **1.75 mil millones de años**.

Ejemplos destacados:

- **Clostridium botulinum** (bacteria): Es la responsable del botulismo.
- **Methanobrevibacter smithii** (archea): Participa en la producción de metano en el intestino humano.

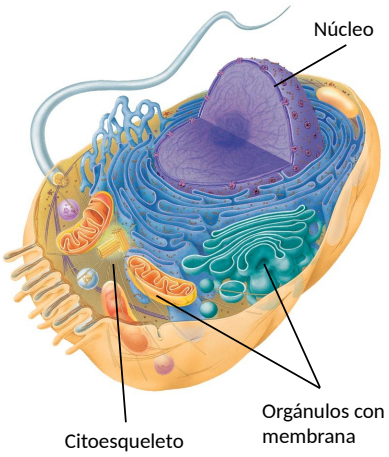
Es impresionante cómo las formas de vida más simples han evolucionado y dado lugar a la diversidad biológica actual.

LA CÉLULA EUCARIOTA

⇒ **Características generales**: El término "eucariota" significa **"núcleo verdadero"**, ya que estas células poseen un núcleo definido por una membrana nuclear.

⇒ **Estructura básica**:

- **Núcleo**: Contiene el ADN y el nucleoplasma.
- **Citoplasma**: La región fuera del núcleo que incluye el citosol, un fluido que rodea los orgánulos.
- **Orgánulos con membrana**: Especializados en funciones específicas como la producción de energía (mitocondrias) y la síntesis de proteínas (retículo endoplásmico, aparato de Golgi).
- **Citoesqueleto**: Proporciona soporte estructural y facilita el movimiento intracelular.



DIFERENCIAS ENTRE CÉLULAS ANIMALES (CA) Y VEGETALES (CV)

⇒ **Metabolismo**:

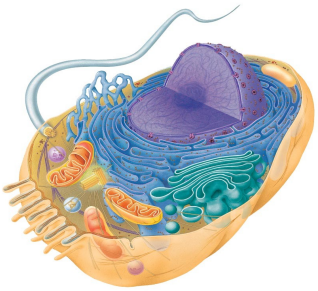
- **Células animales (CA)**: Son **heterótrofas**, lo que significa que obtienen energía y carbono al digerir materia orgánica de su entorno.
- **Células vegetales (CV)**: Son **autótrofas**, capaces de realizar la fotosíntesis para producir energía y carbono utilizando luz solar.

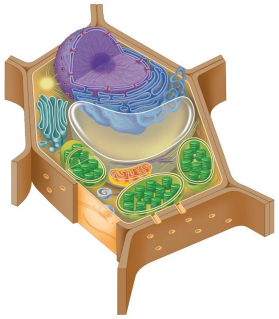
⇒ **Estructura adicional**:

- **Pared celular**: Presente en las células vegetales, confiere rigidez y forma definida. Ausente en las células animales, lo que permite mayor diversidad de formas y flexibilidad.

⇒ **Orgánulos únicos**:

- Las células vegetales tienen **cloroplastos** (para la fotosíntesis) y **vacuolas grandes** (almacenamiento de agua y nutrientes).
- Estos orgánulos están ausentes en las células animales.





⇒ **Forma celular**:

- Las células vegetales tienen formas más rígidas y regulares, debido a la pared celular.
- Las células animales presentan una mayor variedad de formas, ya que no están limitadas por una pared celular.

Importancia del estudio: Conocer las características y diferencias entre células eucariotas animales y vegetales es esencial para comprender:

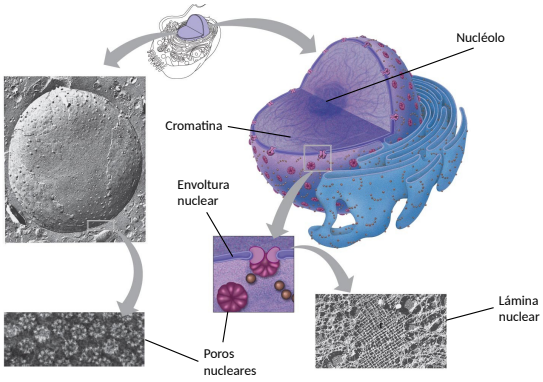
- Cómo funcionan los organismos multicelulares.
- Los procesos metabólicos únicos en animales y plantas.
- Las bases celulares de la vida y su diversidad.

COMPONENTES CELULARES

⇒ **Núcleo celular:** Es el **orgánulo más prominente** de la célula eucariota. Es el que alberga el material genético (ADN), que contiene la información hereditaria y regula las actividades celulares.

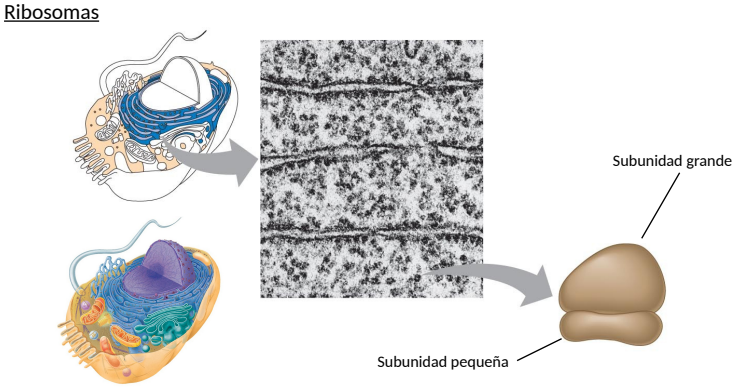
⇒ **Estructura**:

- **Envoltura nuclear**: Compuesta por dos membranas que separan el nucleoplasma del citoplasma. Contiene **poros nucleares**, que son complejos de proteínas encargados de regular el intercambio de sustancias entre el nucleoplasma y el citoplasma.
- **Lámina nuclear**: Red de filamentos proteicos que da soporte estructural al núcleo y organiza su contenido. Desempeña un papel crucial durante la división celular.
- **Material hereditario**: En células no divisorias, el ADN se encuentra en forma de **cromatina** (ADN asociado a proteínas). Durante la división celular, la cromatina se compacta en **cromosomas**, visibles al microscopio.
- **Nucléolo**: Región densa y oscura en el núcleo, donde se sintetizan los ribosomas. Se encarga de organizar las instrucciones genéticas para la formación de esos ribosomas.



⇒ **Ribosomas**: Son orgánulos **no rodeados por membrana** y de pequeño tamaño.

- **Composición**: Constituidos por ARN y proteínas.
- **Función principal**: Participan en la **síntesis de proteínas**, ensamblando los aminoácidos en cadenas según las instrucciones del ARN mensajero.
- **Localización**: Pueden estar **libres en el citoplasma** o **adheridos a membranas** (como el retículo endoplásmico rugoso)**.**
- **Estructura**: Formados por dos subunidades (pequeña y grande), que se ensamblan durante la síntesis proteica.



Importancia de estos componentes:

- **El núcleo** es esencial para la regulación de todas las actividades celulares y la transmisión de información genética.
- **Los ribosomas** son clave para la producción de proteínas, fundamentales para las funciones estructurales, metabólicas y enzimáticas de la célula.

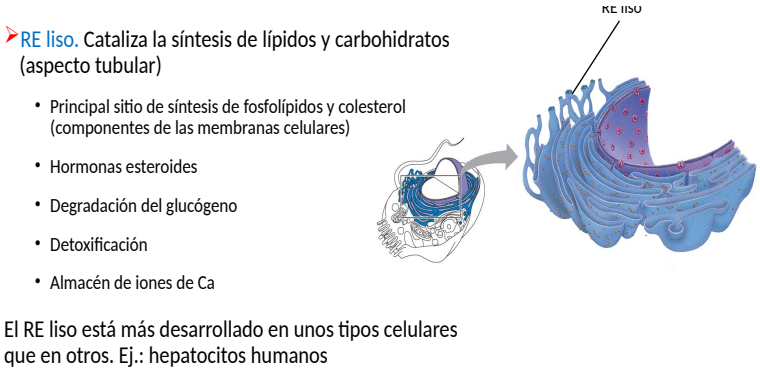
⇒ **Retículo Endoplasmático (RE):** Es un complejo de membranas que rodea al núcleo y se extiende por el citoplasma.

- **Luz del RE**: Espacio interno cerrado por membranas.
- Función general: Cataliza diversas reacciones químicas, principalmente relacionadas con la síntesis.
- Está constituido por dos regiones:

- **RE Liso**: Sintetiza lípidos (fosfolípidos, colesterol) y carbohidratos.
  Participa en la degradación del glucógeno, detoxificación y almacenamiento de calcio.
  Está más desarrollado en algunas células, como los **hepatocitos**.
  Estructura: Posee un aspecto tubular y carece de ribosomas en su superficie (de ahí su nombre "liso").

Funciones principales:

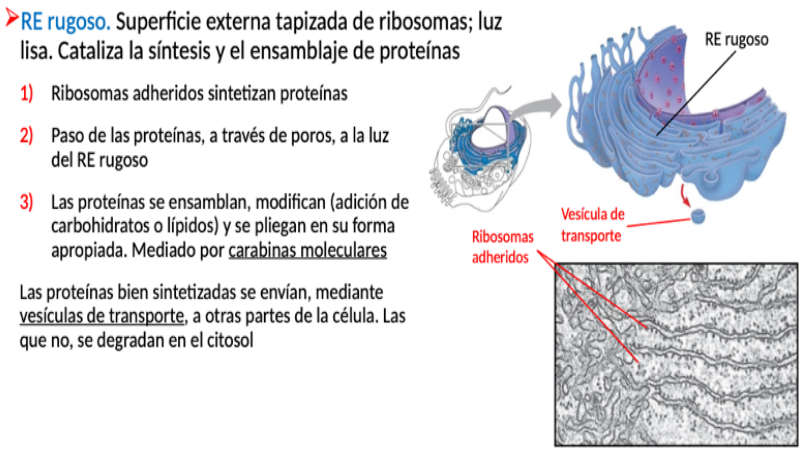
1. **Síntesis de lípidos**: Fosfolípidos y colesterol, componentes esenciales de las membranas celulares.
2. **Producción de hormonas esteroides**: Importante en células especializadas como las de las glándulas suprarrenales y gónadas.
3. **Metabolismo de carbohidratos**: Participa en la degradación del glucógeno.
4. **Detoxificación**: Neutraliza compuestos tóxicos, especialmente en células hepáticas.
5. **Almacenamiento de calcio**: Regula la concentración de iones de calcio (Ca^{2+}), crucial para procesos como la contracción muscular.



- **RE Rugoso**: Superficie cubierta de ribosomas. Su función es la síntesis y ensamblaje de proteínas.

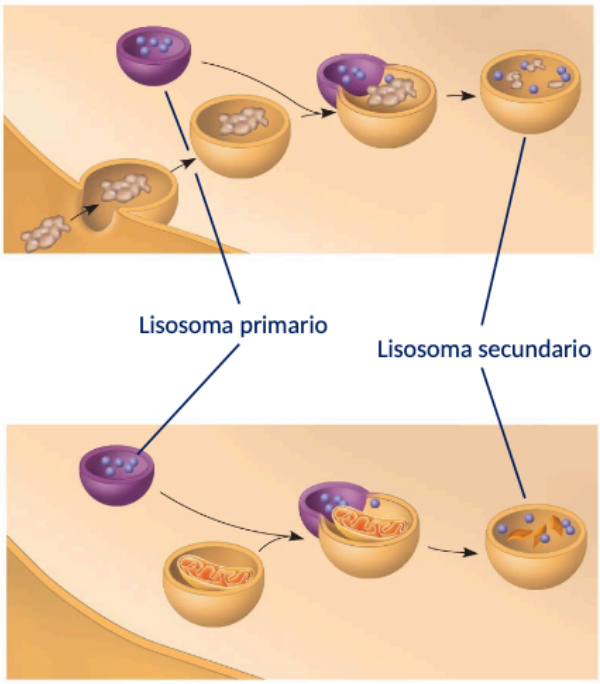
Funciones principales:

1. Los ribosomas adheridos sintetizan proteínas.
2. Las proteínas pasan a la luz del RE rugoso.
3. Se ensamblan, modifican (añadiendo carbohidratos o lípidos) y se pliegan adecuadamente.
4. Proteínas bien sintetizadas se envían a través de vesículas de transporte; las defectuosas se degradan en el citosol.



LISOSOMAS

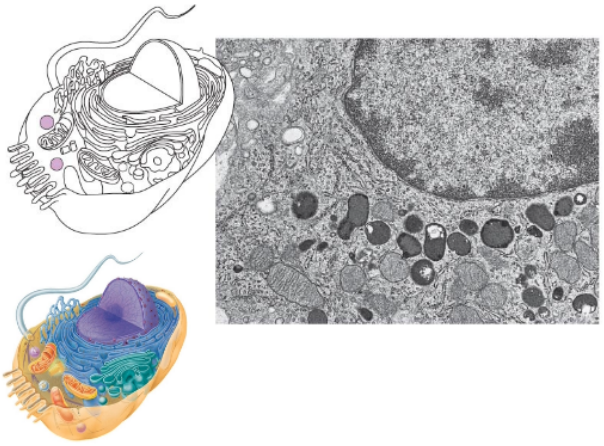
- **Características generales**:
  - Exclusivos de las células animales.
  - Son sacos membranosos que contienen **enzimas digestivas**.
  - Mantienen un pH ácido (alrededor de 5) en su interior, necesario para que las enzimas funcionen correctamente.
- **Funciones**:
  - Digieren bacterias o restos celulares.
  - Participan en el reciclaje de orgánulos dañados o envejecidos de la célula para reutilizar materiales y obtener energía.
- **Tipos de lisosomas**:
  - **Lisosomas primarios**: Son los lisosomas antes de fusionarse con cualquier material a digerir.
  - **Lisosomas secundarios**: Se forman cuando uno o más lisosomas primarios se unen a una vesícula que contiene material para ser digerido.



PEROXISOMAS

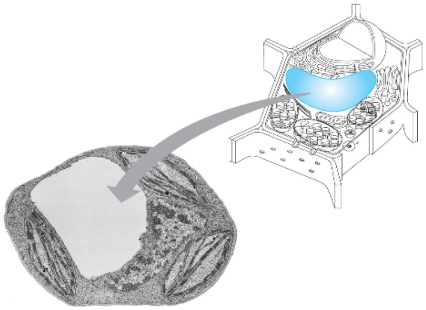
Los **peroxisomas** son fundamentales para el metabolismo celular, especialmente en la detoxificación y en procesos metabólicos específicos.

- **Funciones principales**:
  - Contienen **enzimas** que oxidan el hidrógeno, produciendo **peróxido de hidrógeno (H_2O_2)** como subproducto.
  - **Degradan ácidos grasos** de cadena larga, facilitando su conversión en moléculas más manejables.
  - Participan en la **síntesis de ciertos fosfolípidos**, esenciales para las membranas celulares, incluidos los del sistema nervioso.



VACUOLAS

1. **Características generales**:
   - Se encuentran en células **vegetales**, **fúngicas** y algunas **animales**.
   - Son orgánulos rodeados por una membrana llamada **tonoplasto**.
   - No poseen estructura interna definida.
   - Importante: **No confundir vacuolas con vesículas**.



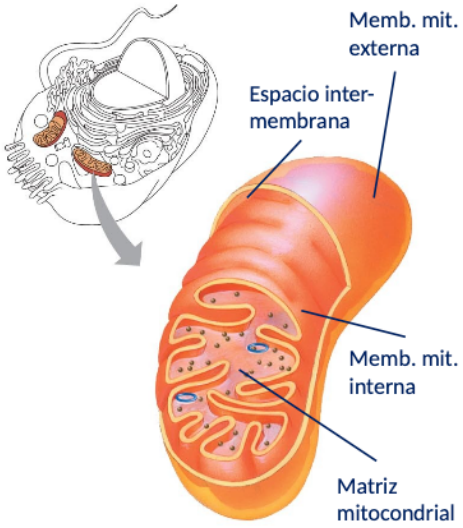
2. **Contenido**:
    - **Agua**.
    - **Enzimas**.
    - **Residuos metabólicos**.
    - **Nutrientes**, sales y otros recursos.
    - **Pigmentos** y compuestos defensivos.

Funciones diversas:

1. **Estructural**: Al llenarse de agua, generan presión de turgencia, que ayuda a las paredes celulares a mantenerse rígidas y estables.
2. **Digestión y acumulación de residuos**: En células vegetales, tienen funciones similares a los lisosomas, digiriendo sustancias y acumulando residuos tóxicos no degradables.
3. **Almacenamiento**: Actúan como depósito de recursos como agua, nutrientes y sustancias químicas.
4. **En células animales puede haber**:
    - **Vacuolas alimenticias**: Fusión con lisosomas para digerir nutrientes.
    - **Vacuolas contráctiles**: Eliminan el exceso de agua, especialmente en protozoos.

MITOCONDRIAS Y CLOROPLASTO

Hablamos primeramente de las Mitocondrias:

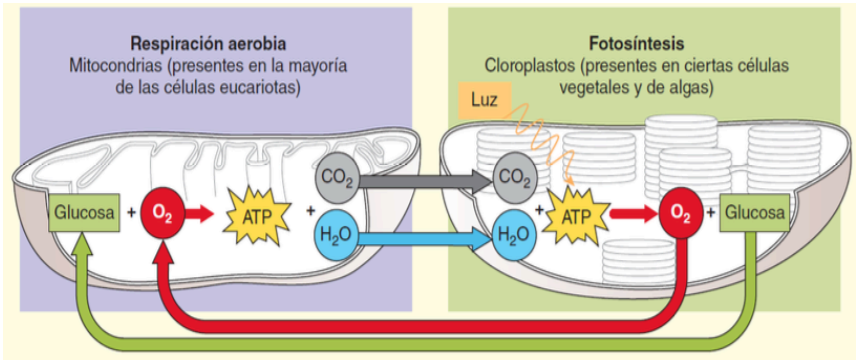


1. Función principal: Son orgánulos clave en las células eucariotas, especializados en:

- La **conversión de energía química** almacenada en moléculas alimenticias en **ATP** (adenosín trifosfato), la principal moneda energética de la célula.
- Este proceso ocurre a través de la **respiración aerobia**, que incluye el **ciclo de Krebs** y la **fosforilación oxidativa**.

2. Estructura y características

- **Membrana doble**:
    - **Externa**: Es lisa y permite el paso de moléculas pequeñas.
    - **Interna**: Tiene numerosos pliegues llamados **crestas**, donde se encuentran las proteínas encargadas de la producción de ATP.
- **Espacio intermembrana**: Situado entre las dos membranas, almacena moléculas y iones que generan un gradiente electroquímico.



- **Matriz mitocondrial**:
    - Contiene enzimas que participan en el ciclo de Krebs.
    - Almacena ADN mitocondrial y ribosomas propios, lo que permite cierta autonomía en la síntesis de proteínas.

3. Origen y autonomía

- Según la **teoría endosimbiótica**, las mitocondrias se originaron de antiguas bacterias procariotas (probablemente alfa-proteobacterias) que fueron fagocitadas por células eucariotas primitivas.
- Este origen explica su:
  - **ADN propio**: Circular, similar al de las bacterias.
  - Capacidad de sintetizar algunas proteínas por sí mismas.
  - Tamaño comparable al de bacterias.

4. Papel en la apoptosis (muerte celular programada)

Las mitocondrias son cruciales para la apoptosis:



- Liberan compuestos que activan **caspasas**, enzimas que descomponen componentes celulares.
- Este proceso es vital para:
  - Eliminar células dañadas o defectuosas.
  - Contribuir al desarrollo y mantenimiento de los tejidos (por ejemplo, en el desarrollo embrionario o la eliminación de células envejecidas).



Todo este proceso se produce con la liberación de la proteína citocromo c al citoplasma, bajo ciertas señales.

Este se une a otras proteínas y activa las **caspasas**, enzimas que inician la degradación de los componentes celulares.

Las caspasas descomponen proteínas estructurales y activan otras enzimas que fragmentan el ADN.

La célula se divide en pequeños fragmentos llamados **cuerpos apoptóticos**. Estos son fagocitados por otras células sin causar inflamación.

¿Para qué se producen estas funciones y porque es importante las Mitocondrias?:

- **Desarrollo embrionario**: Ejemplo: Eliminar tejido entre los dedos en fetos humanos.
- **Eliminación de células dañadas**: Evita la proliferación de células potencialmente cancerosas.
- **Mantenimiento tisular**: Sustituye células viejas o defectuosas.
- **Relación con enfermedades:** El exceso de apoptosis está relacionado con enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y Parkinson. En el envejecimiento, la disfunción mitocondrial está también relacionada con la acumulación de daños metabólicos.

6. Relación con otras células

- Presentes en casi todas las células eucariotas, excepto en algunos casos especiales (como los glóbulos rojos).
- Son especialmente abundantes en células con alta demanda energética, como las musculares y las nerviosas.

→ Ahora vamos a pasar a los:

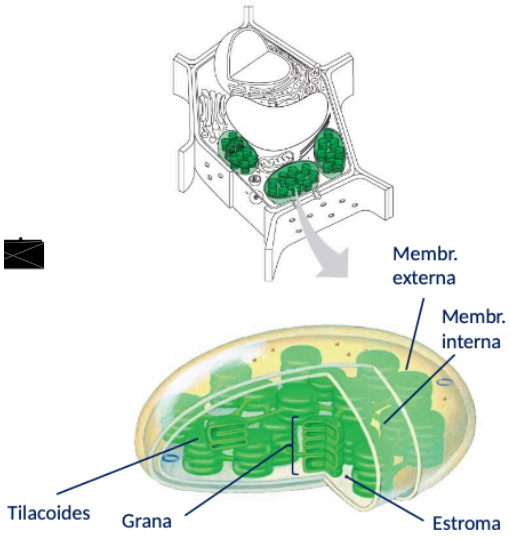
<u>CLOROPLASTOS</u>

• **Definición**: Son organelos presentes en las células vegetales y algas, responsables de realizar la fotosíntesis, el proceso que convierte la luz solar en energía química.

⇒ **Estructura**:

- **Membranas**: Tienen una membrana externa e interna.

- **Estroma**: Es el líquido interno limitado por la membrana interna. Aquí se encuentran las enzimas necesarias para producir carbohidratos durante el ciclo de Calvin.
- **Tilacoides**: Son estructuras en forma de discos apilados (grana). En su membrana se encuentran:
    - **Pigmentos** (clorofila, carotenoides, etc.), que captan la luz. Enzimas que permiten la síntesis de ATP, la molécula que almacena energía.
- **Función principal**: Captar luz mediante los pigmentos y convertirla en energía química, produciendo glucosa como alimento para la célula.



PLASTIDIOS O PLASTOS

- **Definición**: Son organelos específicos de las células vegetales y algas, que cumplen diferentes funciones, como la fotosíntesis, el almacenamiento de energía o pigmentos, y la síntesis de compuestos importantes.

⇒ **Tipos**:

1. **Cloroplastos**: Realizan la fotosíntesis y contienen pigmentos verdes (clorofila).
2. **Cromoplastos**: Contienen pigmentos responsables de colores en flores y frutos (naranja, rojo, amarillo), como carotenoides. No realizan fotosíntesis.
3. **Leucoplastos**: No contienen pigmentos. Se especializan en el almacenamiento de nutrientes:
    - **Amiloplastos**: Almacenan almidón.
    - **ElaioPlastos**: Almacenan lípidos.
    - **Proteinoplastos**: Almacenan proteínas.

Origen: Todos los plastidios provienen de un **proplastidio**, una forma inmadura que puede diferenciarse en cualquiera de los tipos anteriores dependiendo de las necesidades de la célula.

RELACIÓN ENTRE PLASTIDIOS Y FUNCIONES ESPECÍFICAS

- Los **cloroplastos** son fundamentales para capturar energía lumínica y convertirla en energía química (fotosíntesis).
- Los **cromoplastos** no participan en la fotosíntesis, pero ayudan a atraer polinizadores y dispersores de semillas gracias a sus colores.
- Los **leucoplastos** son esenciales en el almacenamiento de reservas alimenticias, que las plantas usan en períodos de necesidad.

ASPECTOS INTERESANTES

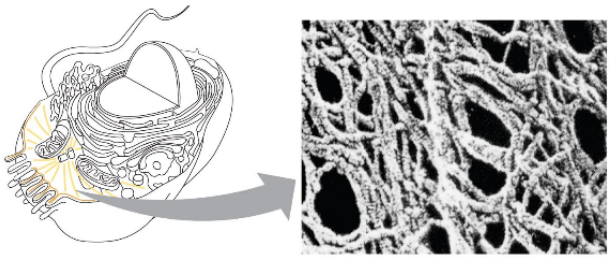
- La versatilidad de los plastidios permite que una célula vegetal tenga organelos altamente especializados para tareas como alimentación, almacenamiento y reproducción.
- Durante la maduración de frutos, los cloroplastos pueden transformarse en cromoplastos, por ejemplo, cuando un tomate verde se vuelve rojo.

Los temas extraídos de los documentos están relacionados con los **componentes celulares**, específicamente el **citoesqueleto**. A continuación, te explicaré los conceptos básicos que se mencionan, usando ejemplos claros y analogías.

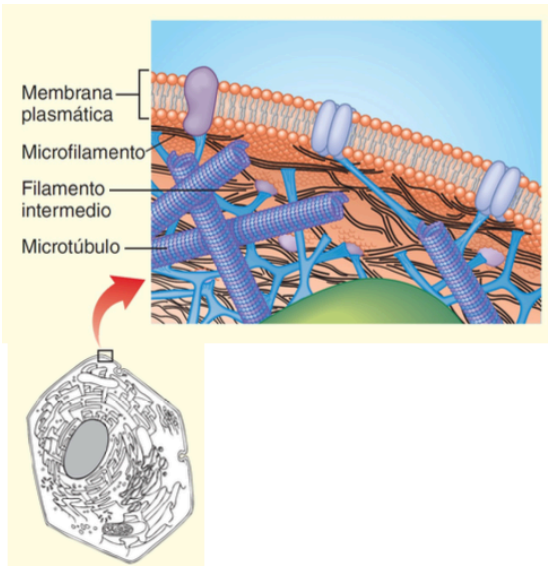
CITOESQUELETO: ¿QUÉ ES Y PARA QUÉ SIRVE?

Imagina una ciudad. Para que funcione bien, necesita una infraestructura sólida, como caminos para transporte, postes para sostener cables eléctricos, y estructuras móviles como grúas para construir y reparar. El citoesqueleto es como esta infraestructura en una célula.

Es una red densa de fibras de proteínas que:



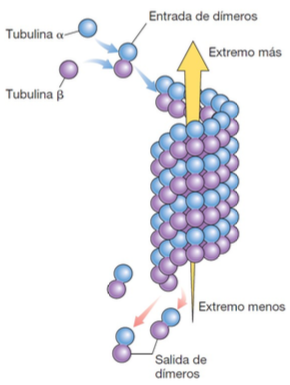
1. **Proporciona estructura**: Le da forma a la célula, como los pilares sostienen un edificio.
2. **Permite movimiento**: Ayuda a mover partes internas o incluso a la célula entera, como las calles permiten el tráfico.
3. **Facilita el transporte interno**: Sirve como "rutas de tren" para mover materiales dentro de la célula.
4. **Participa en la división celular**: Ayuda a dividir la célula en dos, como si fueran cintas que separan escenarios en un teatro.



¿QUÉ LO COMPONE?

El citoesqueleto tiene tres tipos principales de fibras, cada una con roles específicos:

1. **Microtúbulos**:
   - Son los más gruesos y rígidos, como tubos de acero en una construcción.
   - Están hechos de proteínas llamadas **α-tubulina y β-tubulina**, que se ensamblan como bloques de LEGO para formar tubos huecos.
   - Pueden alargarse o acortarse según las necesidades, como grúas que crecen para alcanzar más altura.



2. **Microfilamentos**:
   - Los más delgados, como hilos en una red.
   - Hechos de actina, son flexibles y ayudan al movimiento y cambios de forma de la célula, como cuerdas elásticas.
3. **Filamentos intermedios**:
   - Tienen un grosor intermedio y son muy resistentes, como cuerdas gruesas que soportan tensiones.
   - Su función principal es dar soporte mecánico, manteniendo la célula resistente a fuerzas externas.

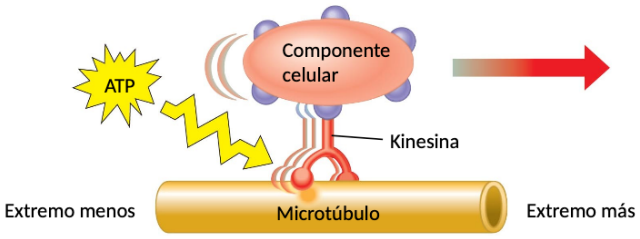
MICROTÚBULOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

Imagina que los microtúbulos son como los rieles de un tren dentro de la célula, y estos rieles cumplen varios roles fundamentales:

1. **Transporte Intracelular**:
   - Los microtúbulos son caminos por los que los orgánulos y vesículas se mueven.
   - Dos "motores moleculares", **kinesina** y **dineína**, transportan cargas usando los microtúbulos como si fueran trenes en una vía ferroviaria.
   - El movimiento requiere energía, suministrada por una molécula llamada **ATP** (como si el ATP fuera el combustible del tren).
2. **Anclaje y Organización**:
   - Los microtúbulos se originan en centros específicos llamados **Centros Organizadores de Microtúbulos (MTOC)**.
   - En células animales, estos MTOC suelen estar asociados con los **centriolos**, que tienen una estructura característica "9x3" (nueve tripletes de microtúbulos).
3. **División Celular**:
   - Durante la división celular, los microtúbulos forman una estructura llamada **huso mitótico**. Este huso organiza y separa los cromosomas en las nuevas células hijas.
4. **Dinamicidad**:
   - Los microtúbulos son estructuras dinámicas. Pueden alargarse o acortarse rápidamente añadiendo o quitando dímeros de tubulina en sus extremos.

ESTRUCTURA DE LOS MICROTÚBULOS

- **Forma**: Cilindros huecos.
- **Composición**: Dímeros de dos tipos de tubulina (α-tubulina y β-tubulina).
- **Polaridad**: Tienen dos extremos:
- Un **extremo positivo**, donde los microtúbulos crecen rápidamente.
- Un **extremo negativo**, anclado al MTOC.



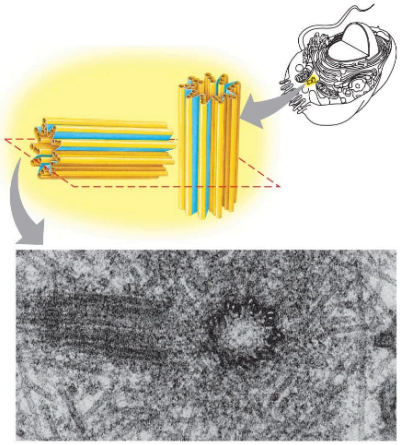
Kinesina y Dineína: Los Motores del Transporte

- **Kinesina**: Transporta carga hacia el extremo positivo del microtúbulo (como un tren que avanza hacia la estación final).
- **Dineína**: Transporta carga hacia el extremo negativo (como un tren que vuelve a la estación base).

Ambas proteínas se desplazan paso a paso sobre los microtúbulos, utilizando energía del ATP.

CENTROS ORGANIZADORES DE MICROTÚBULOS (MTOC)

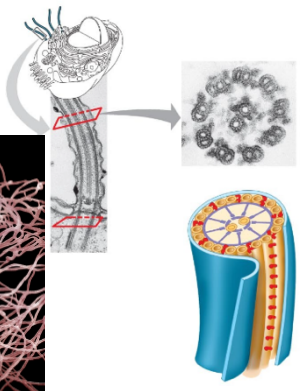
- Estos son los "centros de control" donde los microtúbulos se organizan y anclan.
- En las células animales, los **centriolos** dentro del MTOC son esenciales para mantener esta organización, sobre todo durante la división celular.
- Imagina los microtúbulos como autopistas intracelulares dinámicas.
- Las kinesinas y dineínas son como camiones de transporte que llevan carga (orgánulos o vesículas).



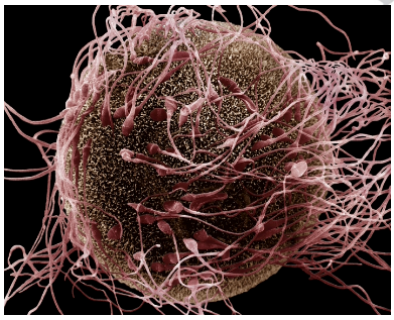
- Los MTOC son las estaciones centrales que organizan estas autopistas.

Después de esto, tenemos información más detallada sobre los **microtúbulos**, **microfilamentos**, y **filamentos intermedios** del citoesqueleto.

Ahora viene la explicación de cada elemento con detalle y nuevas funciones identificadas.



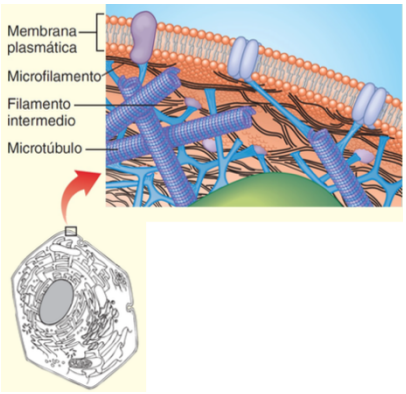
1. MICROTÚBULOS (ACTUALIZACIÓN)



Además de sus roles previamente explicados, los **microtúbulos**:

- **Forman cilios y flagelos** en células animales:
- **Cilios**: Estructuras cortas que se mueven en forma de látigo para mover fluidos o partículas sobre la superficie de la célula, como remos de una canoa.
- **Flagelos**: Estructuras largas y únicas (como en los espermatozoides) que impulsan la célula hacia adelante, como un motor fuera de borda.

2. MICROFILAMENTOS: ESTRUCTURA Y FUNCIÓN



Los **microfilamentos** son fibras delgadas, flexibles, y resistentes hechas de **actina**, una proteína clave en la célula.

- **Corteza Celular**:
- Los **microfilamentos** forman una estructura justo debajo de la **membrana plasmática** llamada **corteza celular**, que ayuda a mantener la forma de la célula y permite su deformación, como si fuera un armazón flexible.
- **Contracción muscular**:
- En combinación con **miosina**, una proteína motora, los microfilamentos permiten la contracción en las fibras musculares. Imagina que la actina y la **miosina** son dos cuerdas que se deslizan una sobre la otra para acortar la longitud del músculo.





- **Pseudópodos**: Los microfilamentos permiten que ciertas células, como las amebas, formen extensiones de su membrana llamadas **pseudópodos**, que les ayudan a moverse y atrapar partículas, como si extendieran brazos elásticos para agarrar objetos.

3. Filamentos Intermedios: Resistencia y Soporte

Los **filamentos intermedios** son fibras robustas, presentes principalmente en células animales como los vertebrados.

- **Soporte mecánico**:
- Previenen que la célula se deforme excesivamente por fuerzas externas, como si fueran muelles que absorben choques.
- **Proteínas especializadas**:
- **Queratinas**: En células de la piel, forman estructuras resistentes, como uñas y cabello.

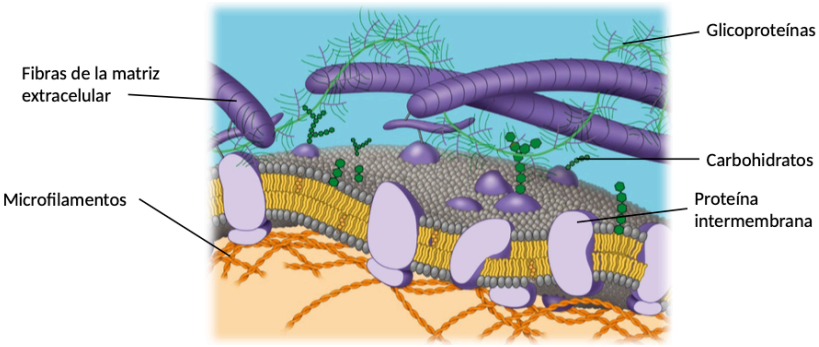
- **Neurofilamentos**: En células nerviosas, proporcionan soporte a las largas prolongaciones de estas células.

RESUMEN DE LAS FUNCIONES DEL CITOESQUELETO

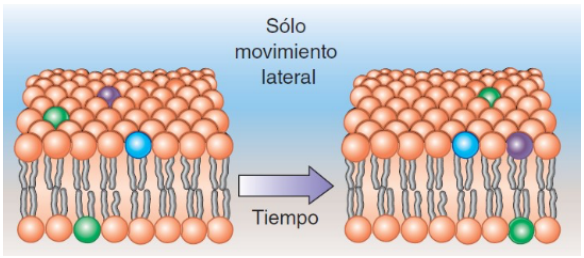
1. **Microtúbulos**:
   - Autopistas para el transporte celular.
   - Forman estructuras móviles (cilios y flagelos).
   - Organizadores durante la división celular.
2. **Microfilamentos**:
   - Permiten movimientos celulares (pseudópodos).
   - Ayudan en la contracción muscular.
   - Refuerzan la membrana celular (corteza celular).
3. **Filamentos intermedios**:
   - Resisten tensiones mecánicas.
   - Forman estructuras especializadas como la queratina en la piel.

MEMBRANAS BIOLÓGICAS (ESTRUCTURA)

1. **Bicapa de fosfolípidos**:



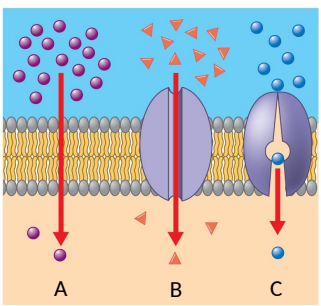
- La membrana está compuesta por **fosfolípidos**, moléculas **anfipáticas**, es decir, tienen una doble naturaleza:
- **Cabeza hidrofílica**: Atrae el agua (polar).
- **Colas hidrofóbicas**: Rechazan el agua (no polares).
- Estas moléculas se organizan en dos capas, con las cabezas hacia afuera (hacia el agua) y las colas hacia adentro (protegiéndose del agua), formando una **bicapa**.



2. **Modelo del mosaico fluido**:
   - Las proteínas y otros componentes están incrustados en esta bicapa y se mueven como "icebergs en un mar fluido de fosfolípidos". Esto le da a la membrana flexibilidad y dinamismo.
3. **Otros componentes**:
   - **Proteínas intermembrana**: Participan en el transporte y comunicación celular.
   - **Carbohidratos**: Se unen a proteínas y lípidos, formando glicoproteínas y glicolípidos, útiles para el reconocimiento celular.
   - **Fibras extracelulares y microfilamentos**: Dan soporte y conexión al ambiente externo e interno.

Transporte a través de las membranas:

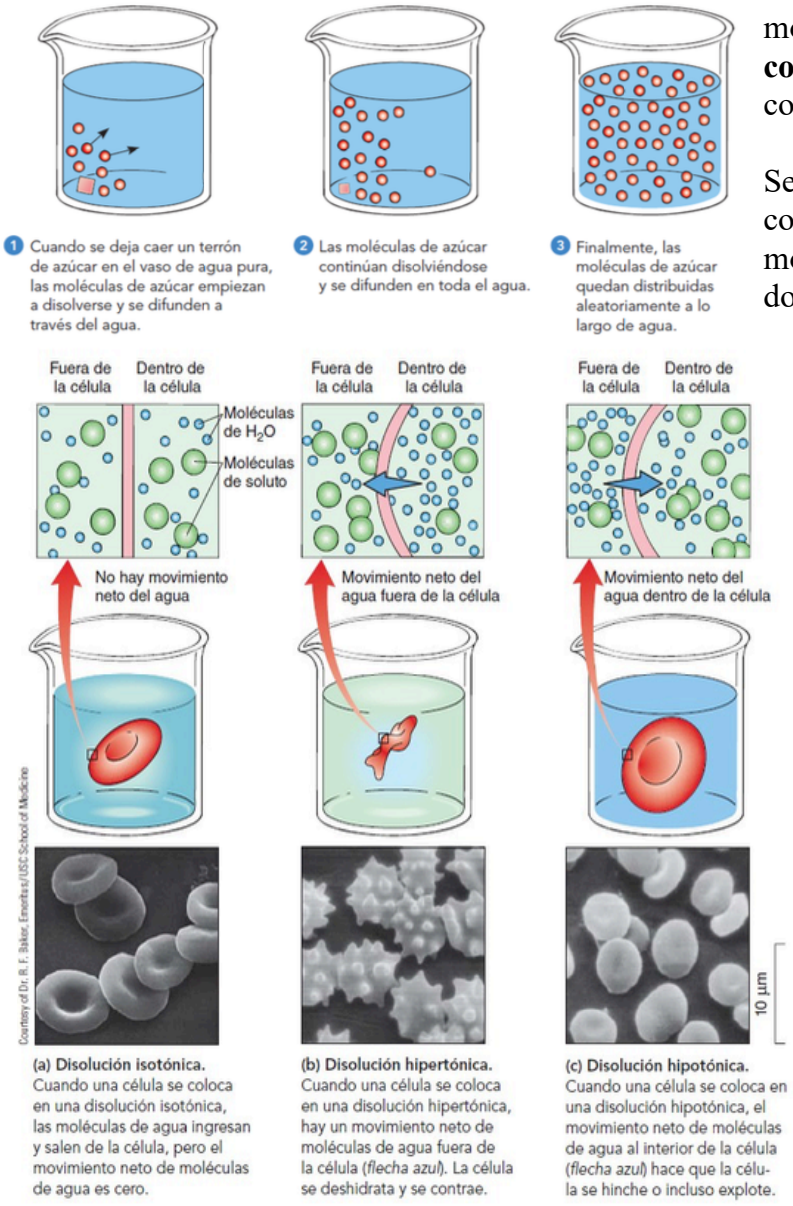
- Pasivo. A favor de gradiente de difusión
  - A) Difusión pasiva
  - B) Difusión facilitada
- Activo. En contra de gradiente de difusión (gasta energía)
  - C) Transporte activo



FUNCIONES DE LA MEMBRANA BIOLÓGICA

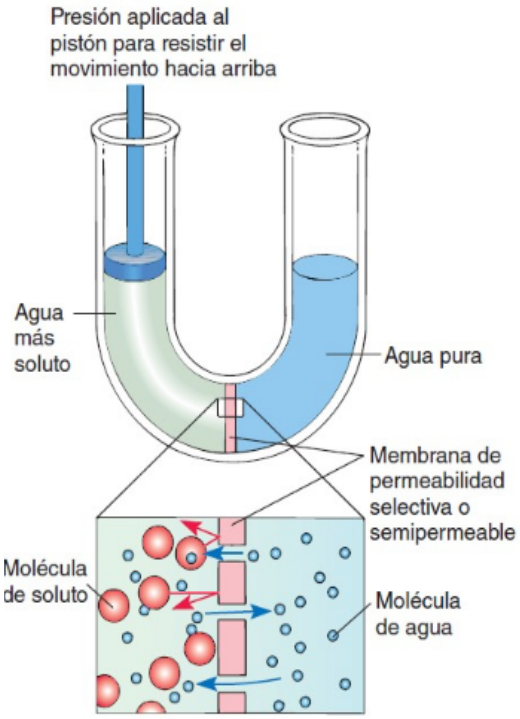
1. **Barrera selectiva**: La membrana controla qué entra y sale de la célula, como una puerta con guardias que solo dejan pasar ciertas moléculas.

2. **Transporte de sustancias**: Existen dos tipos principales de transporte:
   - **Transporte pasivo**:
     - **Difusión simple**: Las moléculas pasan libremente a través de la membrana, como oxígeno y dióxido de carbono.
     - **Difusión facilitada**: Moléculas más grandes o cargadas usan proteínas específicas, como canales o transportadores, para cruzar.
     - Este transporte no requiere energía; las moléculas se mueven **a favor del gradiente de concentración** (de más a menos concentración).
   - **Transporte activo**:



❖ Usa energía (ATP) para mover moléculas **en contra del gradiente de concentración** (de menos a más concentración).

3. **Gradiente de difusión**: Se da cuando hay diferencias de concentración entre dos regiones. Las moléculas se mueven naturalmente hacia donde hay menos concentración hasta alcanzar un equilibrio dinámico.



4. **Ósmosis**: Movimiento de agua a través de membranas semipermeables. El agua se mueve de donde hay más concentración de agua (menos solutos) a donde hay menos agua (más solutos[4]).

Imaginemos la membrana como una **frontera viva**:

- Los fosfolípidos son los muros flexibles que delimitan.
- Las proteínas son las puertas y ventanas que permiten el paso de materiales.
- Los carbohidratos son las señales en la puerta, indicando qué tipo de molécula puede entrar o salir.

[4] **Un soluto es una sustancia que se disuelve en otra para formar una solución.** Imagina que estás preparando un vaso de limonada: el azúcar que hechas al agua es el soluto. Al mezclarlo, el azúcar se disuelve en el agua, creando una solución dulce y homogénea.

TEMA 3. ENTIDADES SUBCELULARES. VIRUS. VIROIDES. PRIONES

¿QUE SON LAS ENTIDADES SUBCELULARES?

Son estructuras o partículas más pequeñas que las células, pero no cumplen con todos los requisitos para ser consideradas "vivas", (por lo que hay discrepancias entre los científicos a propósito de si se les puede llamar Células). No pueden realizar de forma independiente todas las funciones asociadas a la vida, como el metabolismo o la reproducción.

A este grupo pertenecen: virus, priones y ribosomas.

Sus características principales son:

- **Microscópicas**: Solo visibles bajo el microscopio.
- **Naturaleza diversa**: Pueden estar formadas por proteínas, ácidos nucleicos o combinaciones de ambas.
- **No autónomas**: Necesitan infectar células u organismos para realizar funciones vitales.

TIPOS DE ENTIDADES SUBCELULARES

1. **Agentes biológicos**:
    - Son sistemas biológicos que pueden interactuar con organismos vivos.
    - Incluyen microorganismos como bacterias, hongos, parásitos y algunas entidades subcelulares.
2. **Agentes infecciosos**:
    - Son aquellas partículas o microorganismos que causan enfermedades. Ejemplo: bacterias patógenas, virus y protozoos.
    - Suelen invadir un organismo hospedador para replicarse.
3. **Organismos acelulares**:
    - No tienen estructura celular.
    - Ejemplos:
        - **Virus**: Partículas compuestas de un núcleo de ácido nucleico (ADN o ARN) envuelto en una capa proteica. Necesitan infectar una célula para replicarse.
        - **Priones**: Proteínas anormales que causan enfermedades degenerativas como el mal de las vacas locas.

¿PORQUÉ NO SON CÉLULAS?

Las entidades descritas anteriormente **no son células** porque les faltan las propiedades esenciales que caracterizan a las células:

- No tienen un metabolismo propio.
- No pueden crecer ni dividirse de manera independiente.
- Carecen de estructuras celulares básicas como membranas plasmáticas y orgánulos.

Por esta razón, aunque pueden interactuar con células vivas y desempeñar un papel en los procesos biológicos, no se consideran organismos vivos en el sentido tradicional.

Vamos a profundizar en las **entidades subcelulares**, destacando las características de los **virus**, **viroides** y **priones**, las cuales se diferencian por su naturaleza y los elementos que las componen.

1. VIRUS

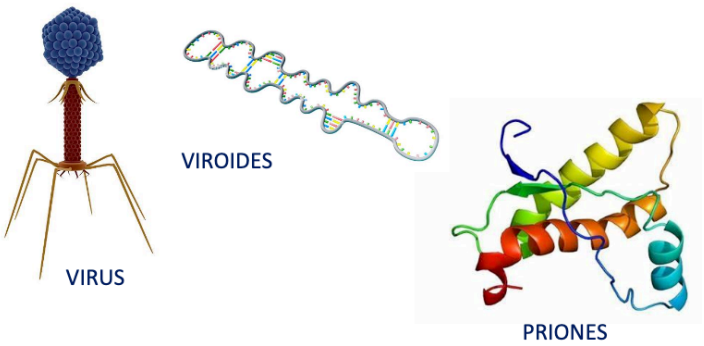
Los virus son partículas subcelulares compuestas por material genético y una cubierta proteica. Son los agentes infecciosos más comunes y tienen estas características principales:

Estructura:

- **Material genético**: ADN o ARN[5] (nunca ambos), que contiene la información necesaria para replicarse.

[5] ARN (ácido ribonucleico) es un ácido nucleico que participa en procesos biológicos esenciales para los seres vivos junto con el ADN y las proteínas.

- **Cápside**: Cubierta proteica que protege el material genético.
- **Envoltura lipídica** (opcional): Algunos virus poseen una capa lipídica externa adquirida de la célula huésped.



Características:

- **No autónomos**: Necesitan una célula huésped para replicarse.
- **Tamaño**: Son extremadamente pequeños, típicamente de 20 a 300 nanómetros.
- **Diversidad**: Pueden infectar animales, plantas, bacterias (bacteriófagos) e incluso a otros virus.
- **Ciclo de vida**:
  - Fase de infección: El virus se adhiere e introduce su material genético en la célula.
  - Replicación: Usa la maquinaria de la célula para producir copias de sí mismo.
  - Liberación: Los nuevos virus se liberan, frecuentemente destruyendo la célula huésped.

Ejemplos:

- Virus de la gripe (influenza[6]).
- VIH (virus de inmunodeficiencia humana).
- SARS-CoV-2 (causante del COVID-19).

2. VIROIDES

Los viroides son partículas mucho más simples que los virus y están compuestas exclusivamente por una pequeña cadena de ARN circular.

Características principales:

- **Carecen de cápside**: No tienen una cubierta proteica.
- **No codifican proteínas**: Su ARN no contiene información para fabricar proteínas.
- **Autonomía limitada**: Necesitan infectar una célula huésped para replicarse.
- **Infectan plantas**: Se les ha asociado exclusivamente con enfermedades en vegetales.

Mecanismo de acción:

- Se replican utilizando la maquinaria celular de la planta infectada.
- Alteran el metabolismo de la célula, causando deformidades o enfermedades.

Ejemplo: Viroides que causan el "enanismo del crisantemo" o enfermedades como el "cadang-cadang" en cocoteros.

3. PRIONES

Los priones son proteínas mal plegadas que tienen la capacidad de inducir a otras proteínas a adoptar su configuración anómala. No contienen material genético (ADN o ARN).

Características principales:

- **Estructura simple**: Formados únicamente por proteínas.
- **Infecciosos**: Pueden propagarse dentro de un organismo, provocando acumulaciones dañinas de proteínas anormales.
- **No replicativos**: No se multiplican como los virus, pero inducen cambios estructurales en otras proteínas.

[6] La influenza, comúnmente conocida como gripe, es una infección de la nariz, la garganta y los pulmones, que son parte del sistema respiratorio. La gripe es causada por un virus, pero es diferente de los virus de la “gripe” estomacal, que causan diarrea y vómitos.

Enfermedades asociadas: Son responsables de trastornos neurodegenerativos fatales debido a los agujeros que aparecen en el tejido cerebral, dándole una apariencia similar a una esponja.

- **Ejemplos**:
  - Enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (encefalopatías espongiformes transmisibles**)** en humanos.
  - Mal de las vacas locas (encefalopatía espongiforme bovina).
  - Scrapie en ovejas.

Propagación:

- Puede ocurrir por consumo de tejidos infectados, transfusiones de sangre o mutaciones genéticas espontáneas.

Diferencias clave entre virus, viroides y priones

Entidad	Composición	Material enético	Estructura	Hueste
Virus	Proteínas y ADN/ARN	ADN o ARN	Cápside +/- envoltura lipídica	Animales, plantas, bacterias
Viroides	ARN	Solo ARN circular	Sin cápside	Plantas
Priones	Proteínas	Ninguno	Sin cápside	Humanos, animales

Estas entidades subcelulares representan los niveles más simples de interacción biológica y su estudio es fundamental para entender muchas enfermedades infecciosas y neurodegenerativas.

UN POCO DE HISTORIA

A finales del siglo XIX se produjo un descubrimientos clave sobre los virus:

1. **1883: Primera observación de una enfermedad viral en plantas**
   - Se describió una enfermedad que afectaba a la planta del tabaco. Posteriormente se describió lo que la producía y se le dio el nombre de **virus del mosaico del tabaco (TMV)**.
   - **Síntomas observados**: Aparición de manchas características en las hojas, que afectaban el crecimiento de la planta.
   - **Transmisión**: Se identificó que la enfermedad podía transferirse entre plantas de manera similar a como se producen las infecciones bacterianas.
   - Esto fue uno de los primeros indicios de que existían agentes infecciosos más pequeños que las bacterias.

2. **1892: Filtro de porcelana demuestra un agente más pequeño que las bacterias**
   - Dmitri Ivanovski, un botánico ruso, demostró que la savia de plantas infectadas era infecciosa incluso después de pasar por filtros diseñados para retener bacterias.
   - **Relevancia**: Esto indicaba que el agente causante era mucho más pequeño que cualquier bacteria conocida y no podía ser observado con los microscopios disponibles en ese momento.
   - Este hallazgo marcó el inicio del estudio de los virus como agentes infecciosos microscópicos.

3. **1895: El agente infeccioso es denominado virus**
    - Martinus Beijerinck, un microbiólogo neerlandés, realizó experimentos adicionales y confirmó que el agente causante no era una bacteria ni un hongo.
    - Lo denominó **"virus"**, del latín "veneno", destacando su naturaleza infecciosa.
    - Beijerinck también demostró que los virus no podían multiplicarse fuera de una célula viva, estableciendo su dependencia total de un huésped.

Características descubiertas:

- Los virus no son organismos vivos completamente independientes.
- Solo pueden reproducirse dentro de células vivas, usando la maquinaria celular del huésped.
- Estos experimentos establecieron las bases de la virología, un campo que se expandió rápidamente en el siglo XX.

1935: Cristalización y caracterización del virus

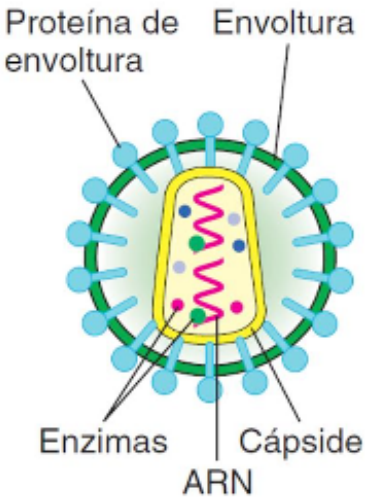
- Wendell Meredith Stanley, bioquímico estadounidense, logró cristalizar el **virus del tabaco**. Este logro demostró que los virus podían comportarse como sustancias químicas, ya que era posible cristalizarlos, un proceso típico de moléculas como proteínas y sales.
  A pesar de su cristalización, los virus mantenían su capacidad infecciosa al entrar en contacto con células vivas.
  Se identificó que este virus estaba compuesto por **proteínas** y **ácidos nucleicos** (ARN).
  Este avance marcó un punto clave en la comprensión de los virus como estructuras químicas complejas que combinan propiedades vivas y no vivas.

1939: Primeras imágenes con microscopía electrónica

- Con el desarrollo de la microscopía electrónica, se obtuvieron las primeras imágenes detalladas de un virus.
  Esto permitió observar la estructura de los virus por primera vez, confirmando su tamaño extremadamente pequeño y sus formas características.
  En el caso del TMV, se identificó su estructura helicoidal y su forma de bastón.
  Este avance fue crucial para entender cómo estaban organizados los virus a nivel molecular y cómo interactuaban con sus células huésped.

<u>ESTAS SON LAS CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL VIRUS</u>

1. **Ácido nucleico (ARN)**:
    - Su material genético es una molécula de ARN monocatenario dispuesta en forma helicoidal.
2. **Cápside helicoidal**:
    - Es una cubierta proteica que rodea y protege el ARN viral.
    - Su forma de bastón se debe al empaquetamiento helicoidal de las subunidades proteicas alrededor del ARN.



Conclusión

Estos avances tecnológicos y experimentales en la década de 1930 proporcionaron una base sólida para la virología moderna. Gracias a la cristalización y la microscopía electrónica, se pudo estudiar la estructura y composición de los virus con precisión, permitiendo avances posteriores en la prevención y tratamiento de enfermedades virales.

ENTIDADES SUBCELULARES INFECCIOSAS

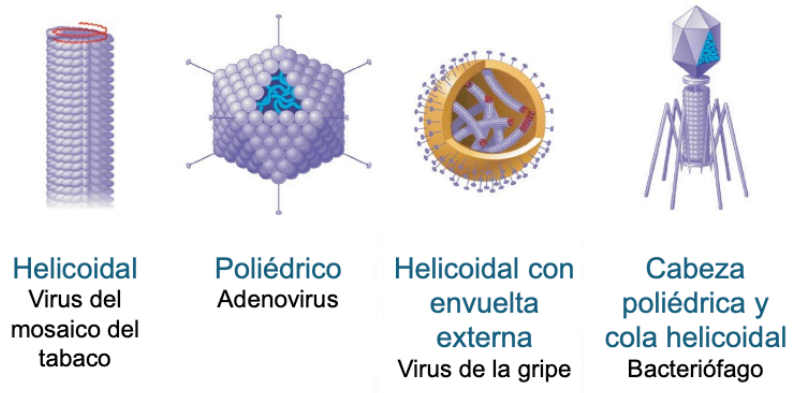
Estructura de los virus

1. **Ácido nucleico**:
    - Contiene la información genética del virus, que puede presentarse de diferentes formas:
        - **Molécula lineal o circular**: Depende del tipo de virus.
        - **Tipos de material genético**:
            - **ADN**: Puede ser de cadena simple (ssDNA) o doble (dsDNA).
            - **ARN**: Puede ser de cadena simple (ssRNA) o doble (dsRNA).
    - Este material contiene la información genética necesaria para la replicación del virus dentro de una célula huésped.
2. **Cubierta proteica: Cápside**:
    - Rodea y protege el material genético y facilita la infección.
    - **Formación**: Está compuesta por subunidades proteicas llamadas **capsómeros**.
    - **Función**:
        - Protege el ácido nucleico de agentes externos, como enzimas o condiciones desfavorables.
        - Ayuda en la unión del virus a la célula huésped para iniciar el proceso de infección.
3. **Envoltura derivada de la célula hospedadora**:
    - Algunos virus tienen una envoltura externa que contribuye al reconocimiento y fusión con la célula huésped. Está compuesta por una bicapa lipídica tomada de la membrana de la célula infectada.
    - **Características**:
        - Puede contener proteínas virales específicas que facilitan la unión a nuevas células.
        - Los virus con envoltura suelen ser más sensibles a condiciones externas como detergentes o desinfectantes.

Todos estos componentes son esenciales para que el virus pueda infectar y replicarse dentro de un organismo hospedador. Su simplicidad estructural contrasta con su capacidad para causar efectos complejos en los sistemas biológicos que infectan.

DISPOSICIÓN DE LOS CAPSÓMEROS Y FORMAS VIRALES

- **Capsómeros**: Son las subunidades proteicas que forman la cápside, la cubierta protectora que envuelve el material genético del virus.
- **Importancia**:
    - La disposición de los capsómeros determina la forma y estructura del virus.
    - Las formas comunes de los virus incluyen:
        1. **Helicoidal**: Similar a un tubo enrollado, como el **virus del mosaico del tabaco**.
        2. **Icosaédrica**: Forma geométrica con 20 caras triangulares, típica de muchos virus animales.



3. **Con envoltura**: Virus rodeados por una bicapa lipídica derivada de la célula huésped (ejemplo: VIH).
4. **Compleja**: Como los **bacteriófagos**, con cabezas icosaédricas y colas helicoidales que inyectan el material genético en bacterias.

Todos los Virus son parásitos intracelulares

- **¿Por qué?**:
  - Los virus necesitan infectar una célula huésped para replicarse.
  - No tienen maquinaria metabólica propia, por lo que dependen completamente de la célula infectada.
- **Tipos de células parasitadas**:
  1. **Células bacterianas**: Los virus que infectan bacterias se llaman **bacteriófagos**.
  2. **Células animales**: Incluyen virus que causan enfermedades humanas, como el VIH o el virus de la gripe.
  3. **Células vegetales**: Algunos virus infectan plantas, causando enfermedades que afectan la agricultura (ejemplo: TMV).

¿Qué son los bacteriófagos?

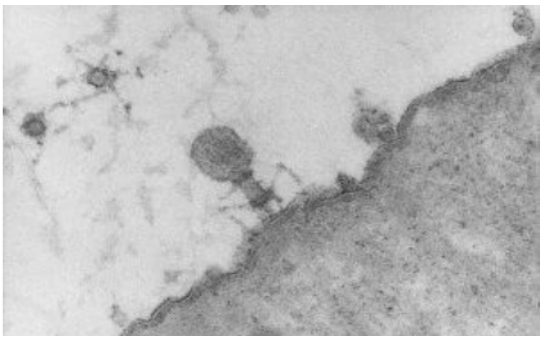
- Son virus que parasitan bacterias, inyectando su material genético en ellas.
- Su nombre proviene del griego y significa "comedor de bacterias".
- Tienen una estructura compleja, con:
  - **Cabeza icosaédrica**: Contiene el ácido nucleico (ADN o ARN).
  - **Cola helicoidal**: Sirve como herramienta para inyectar su material genético.
  - **Fibras caudales**: Permiten el reconocimiento y unión a la célula bacteriana.





Tipos de bacteriófagos según su ciclo de vida

1. **Fagos virulentos**:
   - Presentan un **ciclo lítico**:
     - El fago infecta la bacteria e inyecta su material genético. Usa la maquinaria celular de la bacteria para replicar su genoma y producir nuevos fagos.
     - **Resultado**: La célula bacteriana se rompe (lisis) y libera los nuevos virus.
   - **Consecuencia**: La muerte de la célula bacteriana.
2. **Fagos templados**:
   - Pueden alternar entre dos ciclos:
     - **Ciclo lítico**: Similar al de los fagos virulentos.
     - **Ciclo lisogénico**:
       - El material genético del fago se integra en el genoma de la bacteria, formando un **profago**. Este profago se replica junto con el ADN bacteriano sin destruir la célula.
       - En ciertas condiciones, el profago puede activarse y entrar en el ciclo lítico

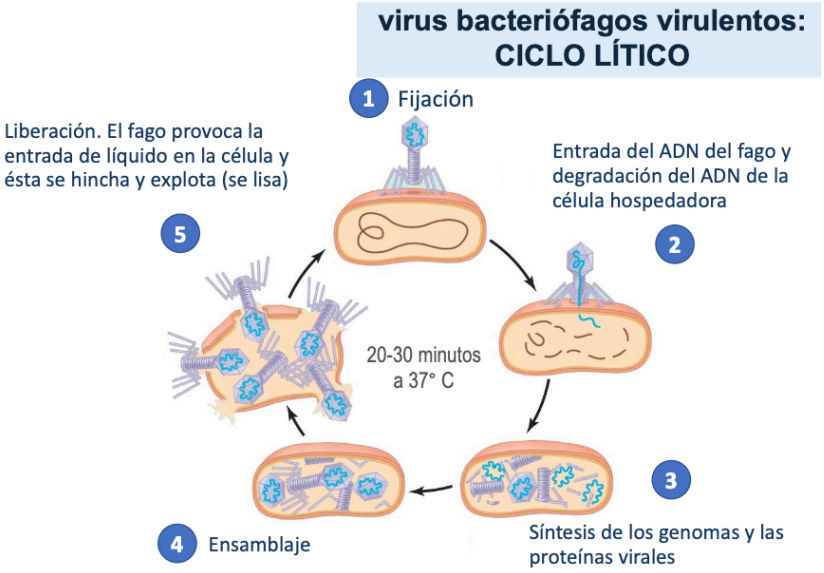


Importancia de los bacteriófagos

1. **Investigación científica**:
   - Han sido fundamentales en estudios genéticos y en el entendimiento de la biología molecular (ejemplo: experimentos de Hershey y Chase sobre el ADN).
2. **Aplicaciones médicas**:
   - Uso en la terapia fágica[7] para combatir infecciones bacterianas resistentes a antibióticos.
3. **Biotecnología**:
   - Se utilizan como herramientas para transferir genes en ingeniería genética.

CICLO LÍTICO

El ciclo lítico se denomina así porque la célula infectada por un virus muere por rotura al liberarse las nuevas copias virales. El ciclo lítico es el método de reproducción viral, este es usualmente el principal método de duplicación viral e implica la destrucción de células infectadas.



1. Fijación

- El fago reconoce la bacteria específica y se adhiere a su superficie mediante sus fibras caudales.
- La unión es altamente específica, basada en la interacción entre proteínas del fago y receptores de la membrana bacteriana.

2. Entrada del ADN del fago

- El material genético del fago (ADN) es inyectado dentro de la bacteria.
- Simultáneamente, el ADN bacteriano es degradado por enzimas virales, dejando espacio y recursos para la replicación del fago.

3. Síntesis

- La maquinaria de la célula huésped se secuestra para fabricar componentes del virus:
  - **Genomas virales**: Se producen múltiples copias del ADN del fago.
  - **Proteínas virales**: Se sintetizan proteínas estructurales (para la cápside) y enzimas virales.

4. Ensamblaje

- Las moléculas recién sintetizadas se ensamblan para formar nuevas partículas virales completas (viriones).
- Este proceso ocurre de manera altamente eficiente y rápida.

5. Liberación

- El fago produce enzimas que degradan la pared celular bacteriana, permitiendo la entrada de líquido. Esto provoca la lisis (ruptura) de la célula, liberando los nuevos virus al medio, listos para infectar otras bacterias.

[7] La terapia fágica, conocida como fagoterapia consiste en el uso de fagos para tratar o prevenir enfermedades infecciosas causadas por bacterias patógenas.

Tiempo total del ciclo

- Este proceso puede completarse en tan solo **20-30 minutos** a una temperatura óptima de 37°, lo que permite una rápida propagación del fago.

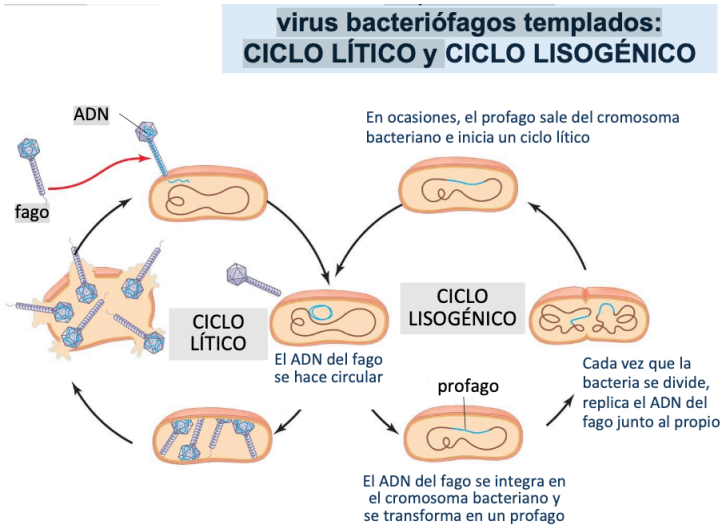
Importancia del ciclo lítico

- **Destrucción bacteriana**: Los fagos virulentos eliminan poblaciones bacterianas rápidamente.
- **Terapias alternativas**: El ciclo lítico es la base para la terapia fágica, usada para tratar infecciones bacterianas resistentes a antibióticos.

CICLO LISOGÉNICO

En este ciclo, el fago no destruye a la célula de inmediato, sino que su material genético se integra en el cromosoma bacteriano. Esto permite una relación simbiótica temporal:

1. **Entrada del ADN del fago**: Al igual que en el ciclo lítico, el ADN del fago entra en la célula.
2. **Integración en el genoma bacteriano**: El ADN del fago se hace circular y se incorpora al cromosoma bacteriano, convirtiéndose en un **profago**.
3. **Replicación junto con el ADN bacteriano**: Cada vez que la bacteria se divide, también replica el profago junto con su propio material genético, transmitiéndolo a las células hijas.
4. **Latencia**: El profago puede permanecer inactivo durante generaciones, sin causar daño a la bacteria.
5. **Inducción**: Bajo ciertas condiciones (estrés, radiación UV, etc.), el profago puede salir del cromosoma bacteriano, activarse y entrar en el ciclo lítico, destruyendo la célula huésped.



Diferencias clave entre ambos ciclos

Aspecto	Ciclo lítico	Ciclo lisogénico
Resultado final	Destrucción de la célula huésped	Integración del ADN viral como profago
Replicación viral	Inmediata	Se replica junto con el genoma bacteriano
Efecto en la célula	Lisis (ruptura)	Latencia, sin daño inmediato

Importancia biológica y aplicaciones

1. **Evolución bacteriana**: Los profagos pueden transferir genes entre bacterias, contribuyendo a la evolución y diversidad genética bacteriana.
2. **Terapias**: Se estudian bacteriófagos templados para tratar infecciones bacterianas y manipular genomas bacterianos en investigación.
   Este equilibrio entre el ciclo lítico y lisogénico permite a los bacteriófagos templados adaptarse a diferentes condiciones ambientales.

Enfermedades asociadas a bacterias con profagos

1. **Causas**:
   - Algunas enfermedades bacterianas graves, como el **botulismo**, la **difteria** o la **escarlatina**, son provocadas únicamente por bacterias infectadas por profagos.
   - El **profago** es el ADN del virus integrado en el cromosoma de la bacteria.
2. **Producción de toxinas**:
   - La integración del ADN del fago en el genoma bacteriano introduce genes que codifican toxinas responsables de las enfermedades.
   - **Sin el profago**, la bacteria sería inofensiva, ya que no tendría la capacidad de producir dichas toxinas.

Ejemplos de enfermedades

1. **Botulismo**:
   - Causado por *Clostridium botulinum* infectado por un profago que contiene los genes para la producción de la **toxina botulínica**, una de las sustancias más tóxicas conocidas, que afecta al sistema nervioso.



2. **Difteria**:
   - Causada por *Corynebacterium diphtheriae* con un profago que introduce el gen para la **toxina diftérica**. Esta toxina inhibe la síntesis de proteínas en las células del huésped, causando daño tisular.
3. **Escarlatina**:
   - Provocada por ciertas cepas de *Streptococcus pyogenes* que contienen profagos que inducen la producción de toxinas eritrogénicas, responsables de los síntomas característicos de la enfermedad, como fiebre alta y erupciones.

Implicaciones biológicas

- **Transformación bacteriana**:
  - Los profagos pueden convertir bacterias inocuas en patógenas, un proceso conocido como **conversión lisogénica**.
- **Adaptación bacteriana**:
  - Este mecanismo confiere una ventaja evolutiva a las bacterias, ya que pueden adquirir nuevas capacidades funcionales (como producir toxinas) que les permiten sobrevivir o competir mejor en su entorno.

Relevancia médica

- **Control de enfermedades**: Conocer la relación entre profagos y la producción de toxinas ha permitido el desarrollo de terapias y vacunas, como la vacuna contra la difteria.
- **Terapia fágica**: Los fagos se investigan como herramientas para eliminar bacterias patógenas específicas sin dañar al huésped.

VIRUS QUE INFECTAN CÉLULAS ANIMALES

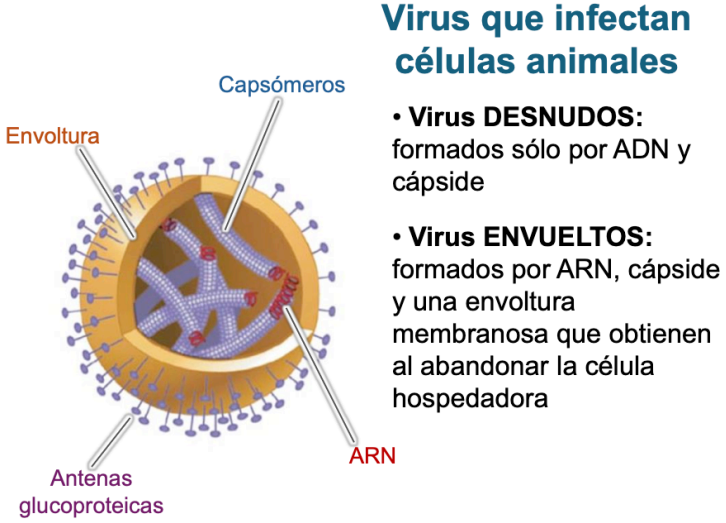
1. Virus desnudos

- **Composición**:
  - Formados únicamente por **ADN** (o ARN en algunos casos) y una cápside proteica.
  - **Carecen de envoltura membranosa**.
- **Características**:
  - Son más resistentes a condiciones ambientales adversas como desecación, detergentes y cambios de pH.

- Suelen transmitirse a través de superficies contaminadas, objetos o alimentos.
- **Ejemplos**:
  - Virus de la poliomielitis (*Poliovirus*).
  - Virus de la hepatitis A (*HAV*).

2. Virus envueltos

- **Composición**:
  - Poseen **ARN** o ADN, una cápside y una envoltura lipídica externa.
  - La envoltura se obtiene de la **membrana de la célula hospedadora** al salir del interior de esta (por gemación).
- **Características**:
  - Son menos resistentes al ambiente externo porque la envoltura lipídica es sensible a detergentes, alcoholes y calor.
  - Dependen más de la proximidad entre hospedadores para transmitirse, como contacto directo, fluidos corporales o aerosoles.
- **Ejemplos**:
  - Virus de la gripe (*Influenza*).
  - VIH (*Virus de inmunodeficiencia humana*).



Elementos estructurales comunes:

1. **Ácido nucleico (ADN o ARN)**: Contiene la información genética del virus.
2. **Cápside**: Cubierta proteica formada por capsómeros que protege el material genético.
3. **Envoltura (en virus envueltos)**: Derivada de la membrana de la célula hospedadora, contiene **antenas glucoproteicas** que permiten al virus unirse a receptores específicos de nuevas células huésped.

Diferencias clave entre virus desnudos y envueltos

Aspecto	Virus desnudos	Virus envueltos
Composición	ADN/ARN + cápside	ARN/ADN + cápside + envoltura
Resistencia ambiental	Alta	Baja
Modo de transmisión	Superficies, contacto indirecto	Contacto directo, fluidos corporales
Ejemplos	Poliovirus, Hepatitis A	VIH, Influenza

Importancia biológica y médica

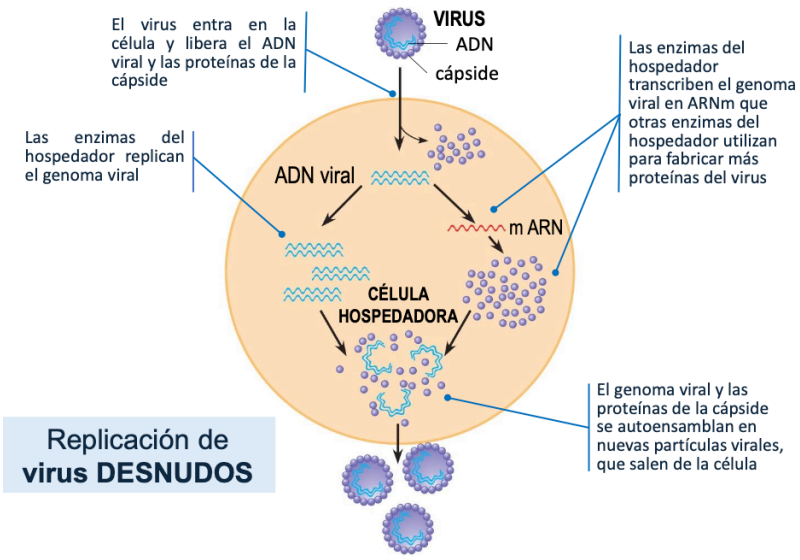
- Conocer estas diferencias es crucial para desarrollar estrategias de desinfección y tratamiento, ya que los virus envueltos son más fáciles de inactivar con detergentes y alcohol que los desnudos.

REPLICACIÓN DE VIRUS DESNUDOS

Este es el ciclo general que sigue un virus desnudo para multiplicarse y producir nuevas partículas virales:

1. Entrada del virus en la célula: El virus se adhiere a la superficie de la célula hospedadora mediante proteínas específicas de su cápside que reconocen receptores en la membrana celular. Una vez adherido, el virus ingresa a la célula (generalmente por endocitosis[8]) y libera su **ADN viral** y las proteínas de la cápside en el citoplasma.

2. Replicación del ADN viral: Una vez dentro el ADN viral se transporta al núcleo de la célula (en caso de que sea necesario) o permanece en el citoplasma dependiendo del tipo de virus.
Las enzimas de la célula hospedadora replican el genoma viral, generando múltiples copias del ADN del virus.



3. Transcripción y síntesis de proteínas virales: El **ADN viral se transcribe a ARNm** con la ayuda de las enzimas del hospedador. Este **ARNm viral** es utilizado por los ribosomas de la célula para sintetizar proteínas necesarias para:

- Construir la cápside.
- Facilitar el ensamblaje de nuevas partículas virales.
- Inhibir funciones normales de la célula hospedadora.

4. Ensamblaje de nuevas partículas virales: El **genoma viral replicado** y las **proteínas de la cápside** se ensamblan espontáneamente dentro de la célula, formando nuevas partículas virales completas.

5. Liberación de los nuevos virus: Los virus desnudos suelen liberarse por **lisis celular**, un proceso en el cual la célula hospedadora se rompe, liberando las nuevas partículas virales al entorno. La célula huésped muere como resultado del proceso.

Características específicas de los virus desnudos

- **Resistentes a condiciones externas**: La ausencia de una envoltura lipídica los hace más resistentes a factores como detergentes o deshidratación.
- **Transmisión**: Suelen transmitirse fácilmente por contacto con superficies contaminadas o a través de alimentos y agua.

Este ciclo es un ejemplo de cómo los virus desnudos utilizan a la célula hospedadora para reproducirse de manera eficiente, provocando su destrucción en el proceso.

RESUMEN DEL CICLO:

Etapa	Proceso clave
1. Entrada	Virus entra y libera ADN viral.
2. Replicación	ADN viral se multiplica utilizando enzimas del huésped.
3. Transcripción	ARNm viral se produce y dirige la síntesis de proteínas.
4. Ensamblaje	ADN ínas virales forman nuevas partículas.
5. Liberación	Los virus salen de la célula mediante lisis.

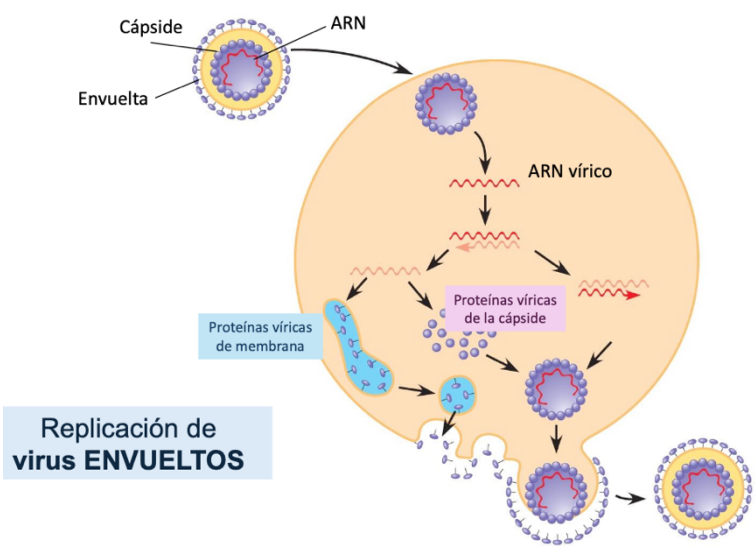
[8] Proceso por el cual la célula introduce en su interior moléculas grandes o partículas a través de su membrana.

REPLICACIÓN DE LOS VIRUS ENVUELTOS

Este proceso tiene características únicas debido a la presencia de una envoltura lipídica que rodea su cápside. Estas son las etapas principales del ciclo de replicación de estos virus:

1. Adhesión y entrada en la célula:

- **Adhesión**: Las proteínas víricas presentes en la envoltura del virus se unen a receptores específicos en la membrana de la célula hospedadora.
- **Fusión o endocitosis**: La envoltura del virus puede fusionarse con la membrana celular, permitiendo la entrada directa de la cápside y el ARN vírico. En otros casos, el virus es internalizado mediante endocitosis y luego libera su contenido al citoplasma.



2. Liberación del ARN viral: Una vez dentro de la célula, la cápside se desintegra, liberando el **ARN vírico** en el citoplasma. Este ARN puede ser utilizado directamente como **ARNm** en el caso de virus de ARN de cadena positiva (ejemplo: virus de la hepatitis C).

3. Transcripción y replicación del ARN

- **Síntesis de proteínas virales**: Los ribosomas de la célula hospedadora traducen el ARN vírico en proteínas necesarias, como:
  - **Proteínas estructurales**: Forman la cápside y las glicoproteínas de la envoltura.
  - **Proteínas no estructurales**: Ayudan en la replicación del ARN viral.
- **Replicación del ARN**: Se sintetizan nuevas copias del ARN viral utilizando una ARN polimerasa[9] dependiente de ARN.

4. Ensamblaje de nuevas partículas virales: El ARN viral recién replicado y las proteínas de la cápside se ensamblan en nuevas partículas víricas. Las proteínas de membrana virales se insertan en la membrana plasmática de la célula hospedadora.

5. Liberación del virus: Las partículas virales completas adquieren su envoltura al salir de la célula mediante **gemación**[10].

- Durante la gemación:
  - Las partículas víricas envueltas se recubren con una bicapa lipídica derivada de la membrana celular.
  - Las proteínas víricas de membrana incrustadas en la envoltura aseguran la infectividad del nuevo virus.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS VIRUS ENVUELTOS

1. **Proteínas virales de membrana**: Ayudan en la entrada a nuevas células al unirse a receptores específicos.

[9] La polimerasa es una enzima capaz de transcribir o replicar ácidos nucleicos, que resultan cruciales en la división celular y en la transcripción del ADN.
[10] Se llama gemación cuando una porción de un ser vivo crea otro ser vivo.

2. **Mayor sensibilidad ambiental**: La envoltura lipídica es vulnerable a detergentes, alcohol y calor.
3. **Ejemplos de virus envueltos**:
    - VIH (Virus de Inmunodeficiencia Humana).
    - Virus de la gripe (Influenza).
    - SARS-CoV-2 (causante del COVID-19).

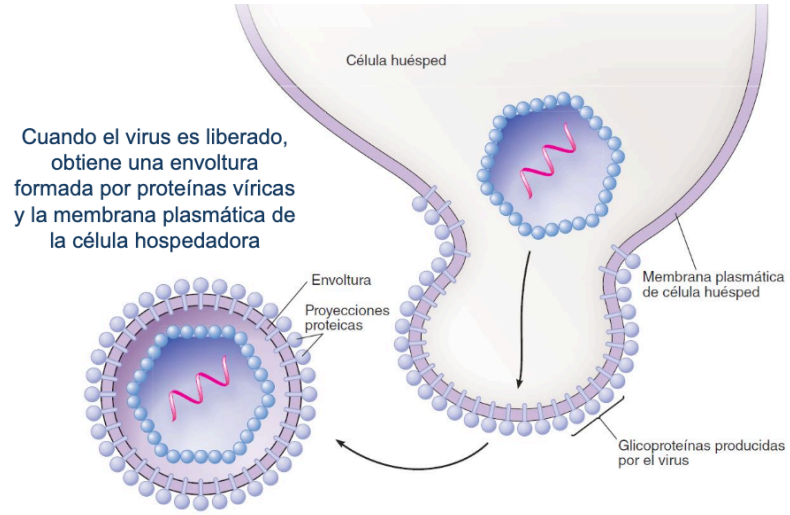
La presencia de una envoltura lipídica confiere a estos virus ciertas ventajas en la infección, pero también los hace más sensibles a factores ambientales.

RESUMEN DEL CICLO:

Etapa	Proceso clave
1. Entrada	Fusión de la envoltura con la membrana celular.
2. Liberación	ARN vírico ingresa al citoplasma.
3. Transcripción	Producción de proteínas y replicación del ARN viral.
4. Ensamblaje	Formación de nuevas partículas virales.
5. Gemación	Virus adquiere su envoltura al salir de la célula.

FORMACIÓN DE LA ENVOLTURA EN VIRUS ENVUELTOS AL SER LIBERADOS DE LA CÉLULA HOSPEDADORA:

1. **Origen de la envoltura**: La envoltura lipídica de estos virus proviene de la **membrana plasmática de la célula hospedadora**.
    - Esta bicapa lipídica se obtiene durante la **gemación**, cuando las partículas virales recién formadas salen de la célula.
2. **Composición de la envoltura**:
    - **Lípidos**: Derivados directamente de la membrana celular.
    - **Proteínas víricas**: Insertadas en la envoltura, incluyen:
        - **Proteínas estructurales**: Necesarias para mantener la integridad del virus.
        - **Glucoproteínas**: Ayudan al virus a reconocer y unirse a receptores específicos en nuevas células hospedadoras.



PROCESO DE GEMACIÓN

1. **Inserción de proteínas víricas**: Las proteínas virales sintetizadas durante la replicación se incrustan en la membrana plasmática de la célula hospedadora.
2. **Acumulación de componentes virales**: El genoma viral y las proteínas de la cápside se ensamblan cerca de las regiones de la membrana modificadas por proteínas víricas.
3. **Salida del virus**: La partícula viral "empuja" la membrana hacia afuera, rodeándose de esta mientras se desprende de la célula.

VENTAJAS DE LA ENVOLTURA EN VIRUS ENVUELTOS

1. **Reconocimiento y entrada en nuevas células**: Las glucoproteínas de la envoltura permiten un reconocimiento específico de los receptores celulares, facilitando la infección.
2. **Adaptabilidad**: La envoltura lipídica les permite fusionarse con las membranas de nuevas células, facilitando la entrada del material genético viral.

LIMITACIONES DE LOS VIRUS ENVUELTOS

- **Mayor sensibilidad ambiental**: La envoltura lipídica es vulnerable a detergentes, alcohol y cambios de temperatura, lo que reduce su estabilidad fuera del huésped.

Ejemplo de virus envueltos:

- **Influenza (gripe)**: Obtiene su envoltura durante la gemación desde las células respiratorias.
- **VIH**: Usa proteínas específicas de su envoltura para atacar linfocitos T.

El proceso de adquisición de la envoltura es clave para la infectividad y capacidad de propagación de estos virus, pero también representa un punto débil que se explota en desinfectantes y tratamientos.

¿Qué tipos de virus existen? ¿Cómo los clasificamos?



Se han identificado aproximadamente **200.000 clases de virus**.

Se cree que el número real podría superar el **billón**, ya que muchos no han sido descubiertos, especialmente los que infectan a microorganismos, además de los que se encuentran en ecosistemas remotos.

A pesar de esas cifras, no debemos entrar en pánico, ya que la mayoría de los virus **no son patógenos para los seres humanos**.

Muchos infectan exclusivamente a bacterias (**bacteriófagos**), a plantas o a animales no humanos.

Algunos incluso juegan un papel beneficioso en la regulación de poblaciones microbianas y en los ecosistemas.

Veamos cómo está organizado y con qué criterio este “Parque Zoológico”:

1. CLASIFICACIÓN DE LOS VIRUS

La clasificación de los virus se basa en diferentes criterios que reflejan su estructura, composición y mecanismos de replicación.

POR EL TIPO DE MATERIAL GENÉTICO:

1. **Virus de ADN**:
   - Contienen ADN como material genético, como el virus del herpes o de la viruela del mono.
2. **Virus de ARN (Filovirus)**:
   - Su genoma es ARN, como el virus de la gripe o el VIH.

POR LA ESTRUCTURA DEL GENOMA:

1. **Cadena simple (ss)**:
   - ADN o ARN con una sola cadena, como el Parvovirus (ADN ss).
2. **Cadena doble (ds)**:
   - ADN o ARN compuesto por dos cadenas complementarias. El Rotavirus (ARN ds).

POR LA PRESENCIA O AUSENCIA DE ENVOLTURA:

1. **Virus desnudos**:
   - Sin envoltura membranosa. Poliovirus.
2. **Virus envueltos**:
   - Poseen una envoltura derivada de la célula huésped. VIH.

POR SU HOSPEDADOR:

1. **Virus bacteriófagos**:
   - Infectan bacterias.
2. **Virus de plantas**:
   - Infectan tejidos vegetales. Virus del tabaco.
3. **Virus de animales**:
   - Infectan tejidos de animales, incluidos los humanos

POR SU FORMA:

1. **Icosaédricos**: Cápsides con forma geométrica.
2. **Helicoidales**: Genoma enrollado en una estructura cilíndrica.
3. **Complejos**: Virus con formas mixtas, como los bacteriófagos.

2. TIPOS DE VIRUS Y SU IMPACTO

Aunque muchos virus no afectan directamente a los humanos, los virus patógenos han desempeñado un papel crucial en la historia de la medicina y la biología, destacándose por su capacidad para adaptarse a nuevos hospedadores y ambientes.

Demos un repaso al grupo de los **coronavirus**, un grupo de ARN que infectan aves y mamíferos, incluyendo a los humanos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CORONAVIRUS

1. **Material genético**:
   - Son virus de cadena simple y polaridad positiva (+ssRNA). Este tipo de ARN puede ser traducido directamente en proteínas por los ribosomas de la célula hospedadora.
2. **Hospedadores**:
   - Infectan principalmente **aves y mamíferos**, causando una variedad de enfermedades.
   - En humanos, pueden provocar desde enfermedades leves hasta graves.

3. **Estructura**:
    - Poseen una **envoltura lipídica** con proteínas en forma de espícula (S), que les da su característica apariencia de corona bajo el microscopio electrónico.
    - Estas proteínas son clave para el reconocimiento y entrada en las células hospedadoras.

ENFERMEDADES CAUSADAS POR CORONAVIRUS EN HUMANOS

1. **Enfermedades leves**:
    - Algunos coronavirus son responsables de **resfriados comunes**, caracterizados por síntomas leves como congestión nasal, fiebre baja y dolor de garganta.
2. **Enfermedades graves**:
    - **Bronquitis**: Inflamación de los bronquios que puede dificultar la respiración.
    - **Neumonía**: Infección grave que afecta los pulmones.
    - **Síndrome Respiratorio Agudo Grave (SARS)**:
        - Causado por el SARS-CoV, detectado por primera vez en 2002.
        - Es altamente contagioso, con una tasa de mortalidad significativa.
    - **COVID-19**:
        - Causado por el SARS-CoV-2, identificado en 2019.
        - Provoca un amplio rango de síntomas, desde fiebre y tos hasta complicaciones graves como insuficiencia respiratoria.
        - Es responsable de la pandemia global declarada en 2020.

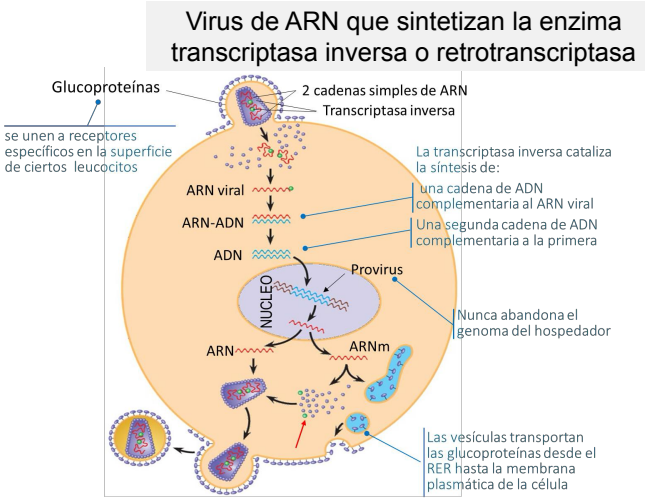
Importancia médica y científica

1. **Transmisión zoonótica**:
    - Muchos coronavirus han pasado de animales a humanos, lo que subraya la importancia de estudiar las interacciones entre humanos y animales en la prevención de futuras pandemias.
2. **Vacunas y tratamientos**:
    - El desarrollo de vacunas de ARNm (ácido ribonucleico mensajero) consistente en un tipo de molécula que transporta la información genética necesaria de una parte de la célula a otra y utilizada para el SARS-CoV-2, ha representado un éxito total en la lucha contra el Covid-19 y un avance significativo en la lucha contra las enfermedades virales.

FILOVIRUS

Los **filovirus** son un grupo de virus de ARN que causan enfermedades graves, conocidas como **fiebres hemorrágicas virales**.

1. **Material genético**:
    - ARN monocatenario de polaridad negativa (-ssRNA).
    - Necesitan una ARN polimerasa para transcribir su ARN en el hospedador.
2. **Estructura**:
    - Poseen una cápside helicoidal.
    - Su forma filamentosa es característica.
3. **Enfermedades causadas**:
    - **Fiebres hemorrágicas**:
        - Se caracterizan por sangrado anómalo y problemas de coagulación sanguínea.
        - Daños en vasos sanguíneos, inflamación y fallo multiorgánico.



- **Virus del Ébola**.
- **Virus de Marburgo**.

4. **Transmisión**:
   - Contacto con fluidos corporales de personas infectadas. Con una alta letalidad, dependiendo del subtipo.

POXVIRUS

Los **poxvirus** son un grupo de virus de ADN conocidos por causar enfermedades cutáneas.

1. **Material genético**:
   - ADN bicatenario. Codifican muchas proteínas necesarias para su replicación, lo que les permite replicarse en el citoplasma.
2. **Estructura**:
   - Cápside compleja con envoltura lipídica.
3. **Enfermedades causadas**:
   - **Viruela**:
     - Erradicada gracias a la vacunación (último caso en 1977).
     - Provocaba lesiones cutáneas, fiebre y complicaciones graves.
   - **Molusco contagioso**:
     - Infección cutánea benigna que provoca lesiones nodulares.
     - Frecuente en niños y personas inmunodeprimidas.
4. **Transmisión**:
   - Contacto directo o por objetos contaminados.
   - Algunos se transmiten por gotas respiratorias (ejemplo: viruela).

RESUMEN COMPARATIVO

Característica	Filovirus	Poxvirus
Material genético	ARN monocatenario (-ssRNA)	ADN bicatenario
Estructura	Filamentosa	Compleja con envoltura
Enfermedades	Fiebres hemorrágicas	Viruela, molusco contagioso
Transmisión	Fluidos corporales	Contacto directo, gotas respiratorias

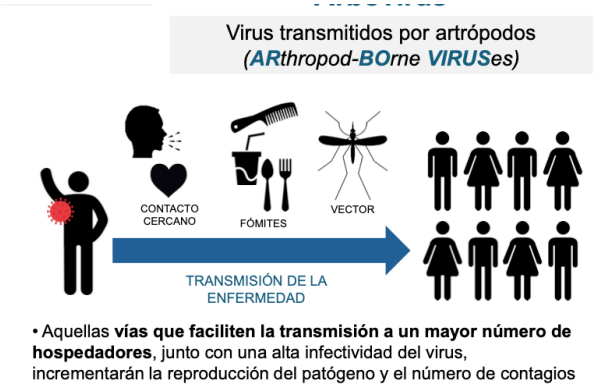
Ambos grupos de virus son responsables de enfermedades severas y representan retos en salud pública, aunque las estrategias para controlarlos son diferentes debido a sus características únicas.

ARBOVIRUS

Los **arbovirus** son virus transmitidos por vectores artrópodos, como mosquitos, garrapatas o flebótomos[11], que infectan animales y humanos.

1. Vías de transmisión:

- **Contacto cercano**: Interacción directa entre individuos. viable
- **Fómites**[12]: Objetos contaminados.
- **Vectores artrópodos**: Principal mecanismo de transmisión el mosquitos (*Aedes aegypti*) o las garrapatas.



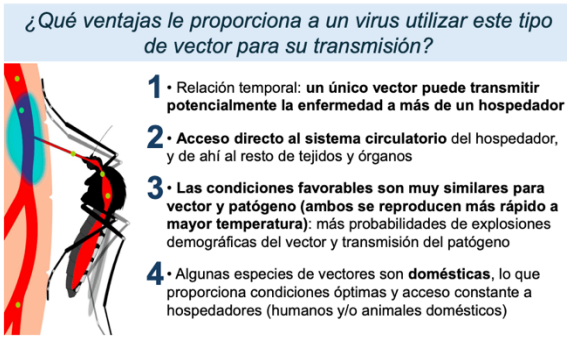
[11] Son una subfamilia de mosquitos nematóceros.

[12] El Fómite es cualquier objeto que, si se contamina con algún patógeno, como bacterias, virus, hongos o parásitos, es capaz de contagiare.

2. Factores que aumentan la transmisión:

- Vías que facilitan el contacto entre múltiples hospedadores.
- Alta infectividad del virus, lo que incrementa su reproducción y propagación.

Ventajas de utilizar vectores artrópodos



1. **Relación temporal**:
   - Un único vector puede transmitir la enfermedad a múltiples hospedadores, ampliando la dispersión del virus.
2. **Acceso directo al sistema circulatorio**:
   - Los artrópodos introducen el virus directamente en la sangre del huésped al picar, permitiendo una infección rápida y eficaz.
3. **Condiciones favorables para vector y patógeno**:
   - Muchos artrópodos y virus comparten características similares, como la reproducción más rápida en condiciones de mayor temperatura, lo que aumenta las explosiones demográficas y la transmisión.
4. **Vectores domésticos**:
   - Algunas especies están adaptadas a vivir cerca de humanos o animales domésticos, garantizando un acceso constante a hospedadores.

Ejemplos de arbovirus

1. **Virus del dengue**:
   - Transmitido los mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*.
   - Causa fiebre alta, dolor muscular y, en casos graves, fiebre hemorrágica.
2. **Virus del Zika**:
   - Propagado también por el *Aedes aegypti*.
   - Puede causar defectos congénitos como microcefalia en bebés nacidos de madres infectadas.
3. **Virus de la fiebre amarilla**:
   - Infecta a humanos y a primates.
   - Puede causar fiebre, ictericia y daño hepático.
4. **Virus del Nilo Occidental**:
   - Transmitido por mosquitos y afecta a humanos, caballos y aves.

Importancia médica y ecológica

Los arbovirus representan un desafío global, especialmente en áreas tropicales y subtropicales. La prevención incluye el control de los posibles vectores mediante el uso de insecticidas, redes mosquiteras y eliminación de criaderos de mosquitos.



ZOONOSIS

La zoonosis, o enfermedad zoonótica son infecciones que pueden **transmitiese de animales a humanos y viceversa.**

- Ejemplos:
  - **Rabia**: Transmitida por mordeduras de animales infectados, como perros o murciélagos.
  - **COVID-19**: Se cree que su origen está relacionado con el contacto humano con animales silvestres[13].
  - **Fiebre del Ébola**: Asociada a murciélagos y otros mamíferos.

Factores que facilitan la zoonosis

1. **Proximidad evolutiva entre especies**:
   - Cuanto más cercanas estén dos especies en el árbol evolutivo, mayor es la probabilidad de que un patógeno pueda saltar entre ellas.
   - Por ejemplo:
     - Los primates tienen mayor probabilidad de transmitir enfermedades a los humanos debido a su similitud genética.
     - Los murciélagos, aunque más distantes, son reservorios de muchos virus debido a su capacidad única para albergar patógenos sin enfermarse gravemente.
2. **Mutaciones en patógenos**:
   - Los virus y bacterias pueden mutar y adaptarse para infectar nuevas especies. Estas mutaciones pueden cambiar:
     - La capacidad del virus para unirse a las células del nuevo huésped.
     - Su capacidad para replicarse eficientemente en el nuevo ambiente.
3. **Intercambio de ácidos nucleicos**:
   - Algunos virus tienen la capacidad de hacer una redistribución o reordenación de su material genético en la descendencia al infectar simultáneamente a diferentes especies, presentando así caracteres distintos a los de sus progenitores.
   - Este fenómeno puede generar nuevas variantes que infecten humanos, como ocurrió con el **virus de la influenza (Gripe)**.

Enfermedades emergentes y reemergentes

1. **Emergentes**:
   - Son enfermedades nuevas o recientemente reconocidas.
   - Ejemplo: COVID-19, Zika (enfermedad vírica que se transmite fundamentalmente por la **picadura de mosquitos** del género *Aedes*).

---

[13] El origen exacto del **COVID-19** aún no está del todo confirmado; la hipótesis principal es que el virus SARS-CoV-2, **partió de murciélagos**, ya que son reservorios naturales de muchos coronavirus. De ahí pasó a un **huésped intermediario**, posiblemente algún animal vendido en mercados de Wuhan (China) y de ahí saltó a los humanos. Sin embargo, no todos los primeros casos tenían el vínculo con este mercado, eso hizo que quedara abierta la posibilidad de otras vías de transmisión. Otra hipótesis es que el virus pudo haberse filtrado accidentalmente de un laboratorio que estudiaba coronavirus en Wuhan. Pero esta teoría ha sido investigada, y no hay evidencia concluyente que la respalde, por lo que el origen zoonótico es más probable.
También se han estudiado otras especies como los **pangolines**, encontrando en ellos coronavirus similares al SARS-CoV2, pero no se ha identificado un animal intermediario directo.
El motivo por el que no se ha determinado el origen exacto es porque estudiar un virus requiere ensayos genéticos muy detallados y acceso a las cadenas de transmisión inicial, lo cual es difícil, especialmente cuando el virus ya se había propagado ampliamente. Todo ello ha hecho que el acceso a datos y muestras de los primeros casos y de animales involucrados en la cadena de transmisión no siempre ha sido completo. Además de ello, los virus como el SARS-CoV-2 pueden adaptarse rápidamente a nuevos hospedadores, lo que dificulta identificar el salto inicial.
Por todo ello, no se han descartado por completo ninguna teorías. El debate sigue abierto, y las investigaciones continúan para llegar a conocer a fondo el inicio de la pandemia.

2. **Reemergentes**:
    - Son enfermedades previamente controladas que vuelven a ser una amenaza.
    - Ejemplo: Tuberculosis o peste bubónica.
    - Factores: Resistencia a medicamentos, cambios en la dinámica ecológica, falta de vacunación.

Importancia en la salud pública

1. **Vigilancia epidemiológica**:
    - Es fundamental monitorear los patógenos en animales para identificar riesgos zoonóticos.
2. **Control del contacto humano-animal**:
    - Limitar la interacción con animales salvajes o reducir el comercio de fauna exótica puede disminuir el riesgo de zoonosis.

¿SON LOS VIRUS LAS MOLÉCULAS MÁS COMPLEJAS DE LA NATURALEZA O LAS FORMAS DE VIDA MÁS SENCILLA?

La pregunta plantea una interesante discusión sobre la naturaleza de los virus, a la vez que invita a reflexionar sobre las fronteras de la biología y la química, y sobre cómo definimos la vida misma.

Desde un punto de vista científico:

1. **¿Son los virus moléculas complejas?**

• Los virus no son simplemente moléculas, sino estructuras biológicas compuestas de material genético (ADN o ARN) rodeado por una cápside de proteínas, y en algunos casos, una envoltura lipídica. Estas características los hacen considerablemente más complejos que las moléculas individuales, como las proteínas o los lípidos, aunque son más simples que las células vivas.

2. **¿Son las formas de vida más sencillas?**

• Hay un debate sobre si los virus se consideran "formas de vida". No cumplen con todos los criterios para ser considerados organismos vivos, como la capacidad de replicarse por sí mismos (requieren una célula huésped). En este sentido, podrían verse como entidades biológicas muy sencillas, aunque no completamente vivas.

3. **Perspectiva conceptual:**

• Si se enfocan como "moléculas complejas", destacan por su capacidad de interactuar con sistemas vivos y manipularlos. Si se consideran "formas de vida sencillas", representan un límite entre lo vivo y lo no vivo, desafiando las definiciones tradicionales de vida.

HIPÓTESIS DEL ORIGEN CELULAR O "DEL ESCAPE"

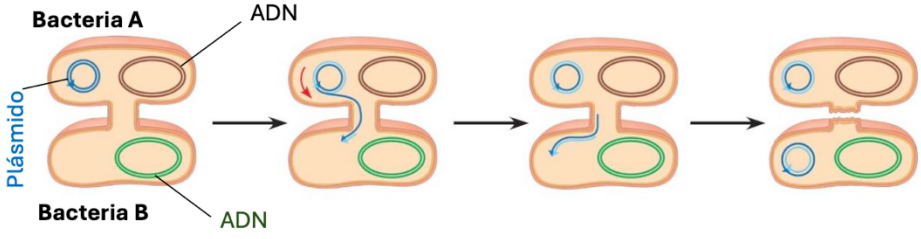
Esta es una posible teoría para dar explicación al origen de los virus. Según esta hipótesis:

1. **Fragmentos genéticos móviles:**

• En las células existen elementos genéticos móviles, como los **transposones** (secuencias de ADN que pueden moverse dentro del genoma) y los **plásmidos** (moléculas circulares de ADN independientes que a menudo se encuentran en las bacterias).

2. **El "escape" de fragmentos genéticos:**

• Se propone que algunos de estos elementos genéticos móviles escaparon de las células huésped originales.



Este “escape” podría haber ocurrido por daños en la célula o durante procesos como la transferencia horizontal de genes (intercambio de material genético entre organismos).

3. **Transformación en virus:**

• Estos fragmentos móviles evolucionaron, desarrollando estructuras como cápsides proteicas para proteger su material genético y mecanismos para infectar nuevas células. Así, se convirtieron en lo que hoy conocemos como virus.

4. **Significado evolutivo:**

• La hipótesis sugiere que los virus no son formas de vida completamente independientes, sino que tienen un origen derivado de células vivas. Representan fragmentos genéticos que adquirieron la capacidad de moverse entre células, una estrategia evolutiva para perpetuar su material genético.

Esta teoría es una de varias propuestas sobre el origen de los virus, junto con otras como la hipótesis del origen regresivo (que plantea que los virus son células que perdieron complejidad) o la hipótesis de la coevolución, que sugiere que los virus y las células surgieron juntos en las primeras etapas de la vida.

HIPÓTESIS DE LA COEVOLUCIÓN DEL ORIGEN CELULAR

Esta es otra teoría sobre el origen de los virus, en la que destacan varios puntos interesantes:

1. **Similitudes genéticas y estructurales:**

• Algunos virus que infectan bacterias y arqueas comparten características genéticas y estructurales. Estas similitudes sugieren que los virus y sus huéspedes pudieron tener un origen común o evolucionar juntos desde las primeras etapas de la vida.

2. **Origen temprano:**

• La hipótesis sugiere que los virus aparecieron en un momento muy temprano de la historia de la vida, posiblemente antes de que los tres dominios de la vida (Bacteria, Archaea y Eukarya) divergieran. Esto los posiciona como un fenómeno biológico primordial.

3. **Paradoja del “parásito antes del hospedador”:**

• La pregunta final es crucial: **¿Cómo puede aparecer un parásito antes que su hospedador?**

• Los parásitos necesitan un organismo huésped para sobrevivir y reproducirse, por lo que parece contradictorio que los virus (que son parásitos intracelulares obligados) pudieran aparecer antes que las células vivas.

• Una posible explicación es que los virus primitivos no eran exactamente como los actuales, sino que pudieron coexistir en un mundo precelular (como el **mundo de ARN**) en el que se intercambiaban fragmentos genéticos en un entorno compartido.

4. **Mundo de ARN:**

• En este contexto, los virus podrían haber comenzado como entidades replicadoras simples (moléculas autorreplicantes de ARN o ADN) que desarrollaron mecanismos para parasitar otras moléculas replicantes, estableciendo una relación que se mantuvo y evolucionó con la aparición de las primeras células.

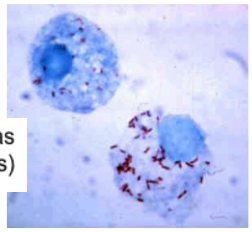
Esta hipótesis refleja la complejidad de la evolución temprana y cómo los virus podrían ser tanto un producto como un motor de los procesos evolutivos que dieron lugar a la vida tal como la conocemos.

HIPÓTESIS REGRESIVA

Esta es otra teoría sobre el origen de los virus, que sugiere lo siguiente:

1. **Parásitos intracelulares obligados:**

• Se basa en la existencia de organismos como las **rickettsias**, un tipo de bacterias que sólo pueden reproducirse dentro de las células hospedadoras. Esto las convierte en un modelo que podría explicar la evolución de los virus.



Células infectadas con rickettsias (bacterias parásitas intracelulares obligadas)

2. **Pérdida de genes:**

• Según esta hipótesis, los virus eran originalmente organismos celulares más complejos (posiblemente similares a bacterias parasíticas) que se especializaron en vivir dentro de otras células. Durante este proceso, habrían perdido genes y funciones que ya no eran necesarios, simplificándose hasta convertirse en los virus actuales.

3. **Evolución regresiva:**

• Este proceso regresivo llevó a que los virus se convirtieran en estructuras extremadamente simples, compuestas únicamente por material genético (ADN o ARN) y una cápside proteica, lo suficiente para infectar y reproducirse en un hospedador.

4. **Soporte para la hipótesis:**

• La existencia de parásitos intracelulares como las rickettsias proporciona un ejemplo de organismos que dependen completamente de sus hospedadores para sobrevivir y replicarse. Los virus serían una versión más extrema de esta adaptación.

5. **Diferencia con otras hipótesis:**

• A diferencia de la hipótesis del "escape" o la de la coevolución, esta teoría asume que los virus tuvieron un origen celular y no precelular, lo que implica que su simplicidad es un producto de la evolución, no un estado primitivo.

En esta hipótesis destaca la capacidad de la evolución para simplificar estructuras biológicas, dependiendo del entorno y las necesidades adaptativas de los organismos. Sin embargo, como otras teorías, no explica todos los aspectos de la diversidad viral, por lo que sigue siendo una parte del debate científico sobre el origen de los virus.

LOS VIROIDES

Los **viroides** son agentes infecciosos que representan formas extremadamente simples de material genético, siendo aún más básicos que los virus.

1. **Estructura:**

• Son moléculas circulares de **ARN** que contienen sólo unos cientos de nucleótidos.

• No están rodeados por una cápside o envoltura proteica, lo que los distingue claramente de los virus.

2. **Propiedades:**

• **Extrema resistencia:** Son muy estables debido a su compacto plegamiento de ARN, lo que les permite tolerar condiciones adversas como el calor y la radiación ultravioleta.

• **Replicación dependiente:** No codifican proteínas propias, pero utilizan las enzimas de las células hospedadoras (normalmente plantas) para replicarse.

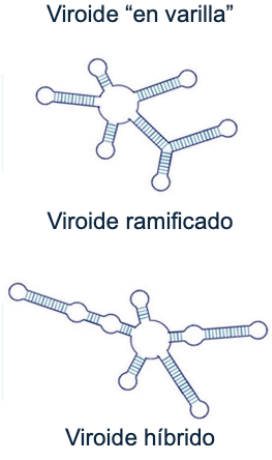
3. **Impacto en plantas:**

• Los viroides causan infecciones en plantas, provocando desarrollo anormal y una disminución en el crecimiento. Esto puede generar importantes daños en cultivos agrícolas.

4. **Tipos de viroides:**

   - **Viroides "en varilla":** Su estructura es alargada y uniforme.

Tipos de viroides:



- **Viroides ramificados:** Tienen extensiones laterales en su estructura.
- **Viroides híbridos:** Presentan características combinadas de los otros tipos.

5. **Importancia evolutiva:**

• Los viroides son interesantes desde una perspectiva evolutiva, ya que podrían representar un remanente de un mundo de ARN primitivo, anterior a la evolución de las células y los virus.

Los viroides subrayan la complejidad de los sistemas biológicos más simples y su impacto potencial en la agricultura y la ecología.

OBELISCOS

Los **obeliscos** se han descubierto en el año 2024, y representan una nueva clase de moléculas relacionadas con los viroides.

Características de los obeliscos:

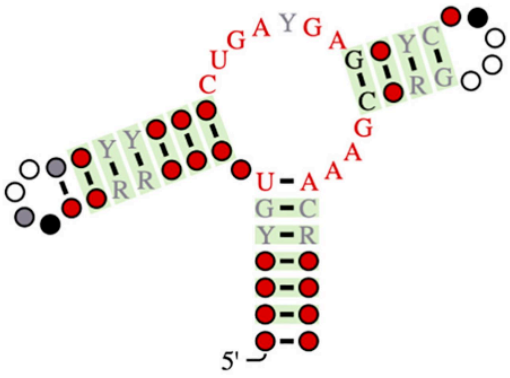
1. **Origen:**

• Descubiertos en bacterias del género **Streptococcus sanguinis**, que colonizan el tracto gastrointestinal y la boca de seres humanos.

2. **Estructura:**

• Como los viroides, los obeliscos consisten en una **molécula circular de ARN**.

• Poseen una estructura secundaria única denominada **"bastón"** o **"obelisco"**, que parece ser una adaptación estructural específica.



3. **Diferencias con los viroides:**

• Los obeliscos contienen una **región que codifica proteínas**, lo que los distingue de los viroides, que no tienen capacidad para codificar proteínas.

• Las proteínas codificadas por los obeliscos son nuevas y han sido denominadas **oblínas**, probablemente con funciones aún en estudio.

4. **Importancia biológica:**

• Los obeliscos parecen ser un puente evolutivo entre los viroides (simples moléculas de ARN) y organismos más complejos que incluyen capacidades de codificación genética. Esto sugiere que podrían desempeñar un papel importante en las bacterias donde se encuentran.

5. **Relevancia evolutiva:**

• Su descubrimiento aporta información valiosa sobre la diversidad del ARN y sus posibles funciones en los ecosistemas bacterianos y en la interacción con los seres humanos.

• Podrían representar una forma ancestral de elementos genéticos móviles que evolucionaron para cumplir roles específicos en las bacterias hospedadoras.

Se desconoce hasta el momento si pueden tener alguna implicación sanitaria para los humanos.

PRIONES

Los **priones** son proteínas infecciosas que representan una categoría única de agentes patógenos, ya que no contienen material genético como ADN o ARN.

Características de los priones:

1. **Definición:**

- Son proteínas normales del organismo (PrP) que adquieren un **plegamiento erróneo** y se transforman en proteínas infecciosas, conocidas como **priones**.
- Estas proteínas anómalas tienen la capacidad de inducir el plegamiento incorrecto de otras proteínas normales, generando una reacción en cascada.


Proteína priónica normal

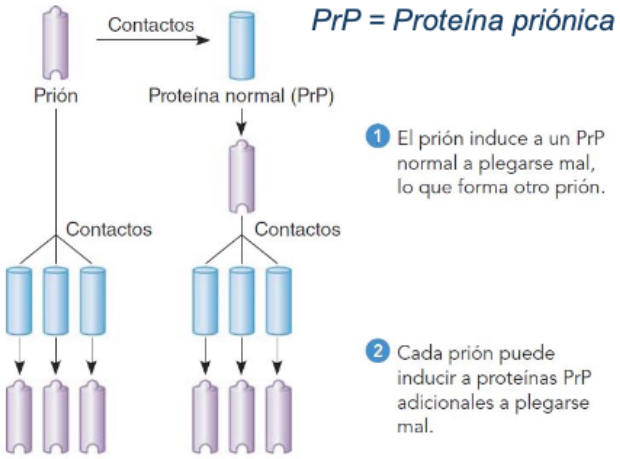
Proteína priónica mal plegada

2. **Efectos:**
- Los priones causan enfermedades neurodegenerativas graves conocidas como **encefalopatías espongiformes transmisibles (EET)**.
- Estas enfermedades afectan a mamíferos y aves, y en humanos se manifiestan como **demencia progresiva**. En animales, puede provocar **ataxia** (pérdida de coordinación motora).

Mecanismo de acción:

1. **Transformación en prión:**
- Una proteína normal (PrP) se convierte en prión al adoptar un plegamiento erróneo.
- El prión resultante puede inducir a otras proteínas normales a plegarse de manera incorrecta, creando más priones.

2. **Acumulación y daño:**
- Los priones mal plegados tienden a agregarse y acumularse en los tejidos cerebrales.
- Esta acumulación causa daño progresivo al tejido, formando **agujeros microscópicos** que le dan al cerebro una apariencia "esponjosa".



Enfermedades asociadas:

1. **En animales:**
- Un ejemplo conocido es la **encefalopatía espongiforme bovina (EEB)**, también conocida como el **"mal de las vacas locas"**. Esta enfermedad fue una crisis importante en el Reino Unido durante los años 90.

2. **En humanos:**
- En humanos, las EET incluyen enfermedades como la **enfermedad de Creutzfeldt-Jakob (CJD)**, que se caracteriza por **demencia progresiva** y generalmente es fatal.

Implicaciones:
- Los priones desafían las ideas convencionales sobre agentes infecciosos, ya que no dependen de material genético para propagarse.
- Su descubrimiento ha ampliado nuestra comprensión sobre las bases moleculares de las enfermedades neurodegenerativas.

Este conocimiento sobre los priones destaca la importancia de las proteínas en la salud y la enfermedad, y cómo pequeños cambios en su estructura pueden tener consecuencias devastadoras.

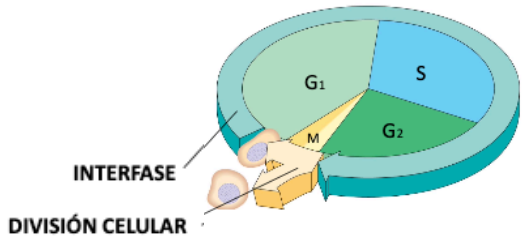
TEMA 4. LA DIVISIÓN CELULAR

El **ciclo celular** es el conjunto de etapas por las que pasa una célula desde su formación, como resultado de una división previa, hasta que se divide en dos células hijas. Este ciclo se divide en dos grandes fases:

1. **Interfase**: Representa la mayor parte del ciclo celular. Es el período durante el cual la célula crece, realiza su metabolismo activo, y prepara todos los componentes necesarios para la división.
2. **División Celular**: Aquí es cuando la célula se divide físicamente, originando dos células hijas.

El ciclo celular está representado gráficamente como un diagrama circular que incluye las siguientes etapas:

- **G_1 (Gap 1)**.
- **S (Síntesis)**.
- **G_2 (Gap 2)**.
- **M (División celular: mitosis y citocinesis)**.



2. Interfase: Fase de Preparación

La interfase es crucial para el crecimiento y preparación de la célula antes de dividirse. Se divide en tres subfases:

Fase G_1 (Gap 1):

- Es la **fase más larga**.
- La célula crece en tamaño, realiza su metabolismo normal, y sintetiza proteínas necesarias.
- Es una etapa de alta actividad metabólica.

Fase S (Síntesis):

- Se replica el ADN (duplicación), asegurando que cada célula hija tenga una copia exacta del material genético.
- Se sintetizan **histonas**, proteínas esenciales para empaquetar el ADN en cromatina.
- La célula pasa de tener una cantidad de ADN "2n" a "4n".

Fase G_2 (Gap 2):

- Es más corta que G_1.
- La célula completa la síntesis de proteínas necesarias para la división celular, como las tubulinas (para formar el huso mitótico).
- Representa los **pasos finales antes de entrar en la división celular**.

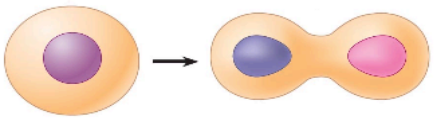
3. División Celular: Mitosis y Citocinesis

Fase M (Mitosis y Citocinesis):

Es la etapa de división activa, donde la célula madre se divide en dos células hijas. Este proceso tiene **dos componentes principales**:

Mitosis:

- Es la división del material genético nuclear.
- Ocurre en **cuatro fases principales**:



1. **Profase**: Los cromosomas se condensan, y la envoltura nuclear comienza a desaparecer. Aparece el huso mitótico.
2. **Metafase**: Los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial de la célula.
3. **Anafase**: Las cromátidas hermanas se separan y son arrastradas hacia polos opuestos.
4. **Telofase**: Se forman dos núcleos hijos con cromosomas descondensados, y se reconstituye la envoltura nuclear.

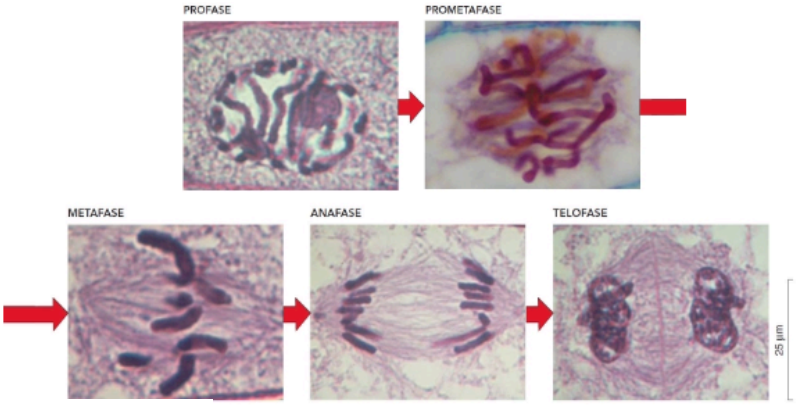
Citocinesis:

- Es la división del citoplasma. En las células de animales, un **anillo contráctil de actina** forma un surco de separación que divide físicamente la célula en dos.
- Al final de la citocinesis, se generan **dos células hijas** idénticas, cada una con su núcleo y su citoplasma.

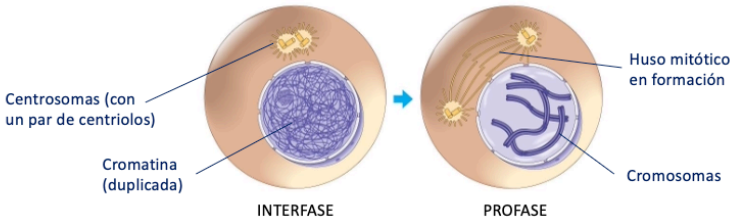
En resumen (por si no está claro):

1. La interfase (G_1, S, G_2) es un periodo de preparación y crecimiento.
2. La mitosis asegura la división equitativa del ADN entre las células hijas.
3. La citocinesis separa físicamente el citoplasma, completando la división celular.

Veamos ahora todo este proceso de división celular en organismos **eucariotas**, especialmente enfocado en la **mitosis** y sus cinco etapas, además de la organización de la cromatina:



División Celular: Mitosis (Eucariotas)



La mitosis es un proceso **continuo** que ocurre en cinco etapas principales:

1. Profase:

- **Condensación de la cromatina**: Durante la interfase, el ADN estaba en forma de cromatina extendida; ahora, la cromatina se condensa formando **cromosomas visibles**.
- Cada cromosoma está formado por dos **cromátidas hermanas**, unidas por el centrómero.
- Los **centrosomas** (con sus pares de centriolos) migran hacia los polos opuestos de la célula.
- Comienza a formarse el **huso mitótico**, compuesto de microtúbulos que se extenderán desde los centrosomas.

2. Prometafase:

- La **envoltura nuclear se descompone**, permitiendo que los cromosomas queden libres en el citoplasma.
- Los microtúbulos del huso mitótico se unen a los **cinetocoros**, estructuras proteicas presentes en el centrómero de cada cromosoma.
- Los cromosomas comienzan a moverse hacia el plano ecuatorial de la célula.

3. Metafase:

- Los cromosomas se alinean en el **plano ecuatorial**, formando la **placa metafásica**.
- Esta disposición garantiza que cada célula hija recibirá una copia exacta de cada cromosoma durante la división.

4. Anafase:

- Las **cromátidas hermanas se separan** debido al acortamiento de los microtúbulos del huso mitótico.
- Las cromátidas ahora son consideradas cromosomas independientes y son arrastradas hacia polos opuestos de la célula.

5. Telofase:

- Los cromosomas llegan a los polos y comienzan a **descondensarse**, volviendo a la forma de cromatina.
- Se forma una nueva **envoltura nuclear** alrededor de los conjuntos de cromosomas en cada polo, creando dos núcleos hijos.

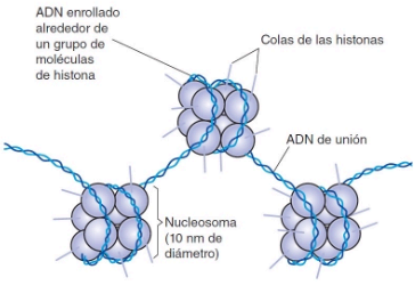
Citocinesis (Posterior a la Mitosis):

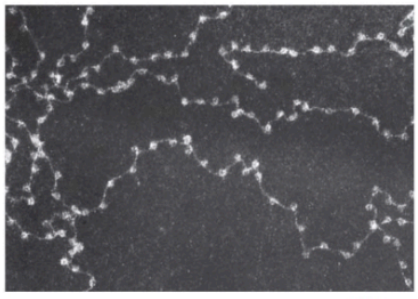
- Divide el citoplasma de la célula madre en dos células hijas.
- En células animales, esto ocurre mediante un **anillo contráctil** de actina y miosina que forma un surco de segmentación.
- En células vegetales, se forma una **placa celular** que se convierte en la nueva pared celular.

Interfase: Organización del ADN y Cromatina

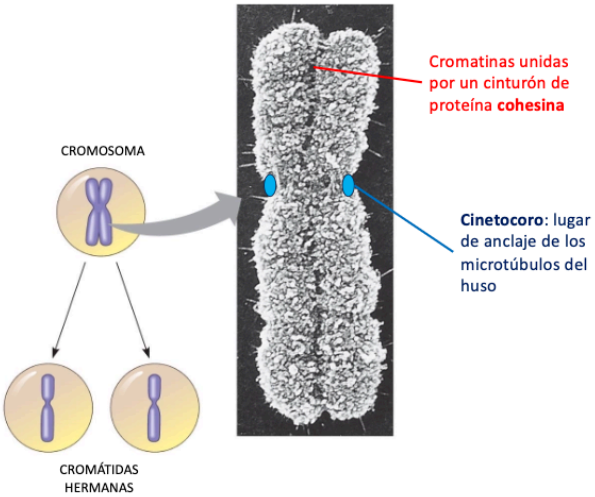
Cromatina y Niveles de Compactación:

- Durante la interfase, el ADN está en forma de **cromatina**, una estructura relajada que permite la replicación del ADN y la transcripción génica.





- La **cromatina** está formada por ADN enrollado alrededor de **nucleosomas** (conjunto de 8 histonas).
- **Histona H1**: Compacta la estructura formando una fibra de 30 nm.
- **Proteínas de andamiaje** y **condensinas**: Facilitan la compactación máxima durante la mitosis, formando los **cromosomas** visibles.



Todo este proceso asegura la correcta distribución del material genético y del citoplasma, garantizando que las células hijas sean idénticas a la célula madre en términos de ADN.

https://www.youtube.com/watch?v=7ybxaYhRpIA

https://www.youtube.com/watch?v=mDZLiZB0iPY

⇒ CITOESQUELETO Y MICROTÚBULOS: FUNCIÓN EN EL CICLO CELULAR

Microtúbulos y Centros Organizadores de Microtúbulos (MTOC):

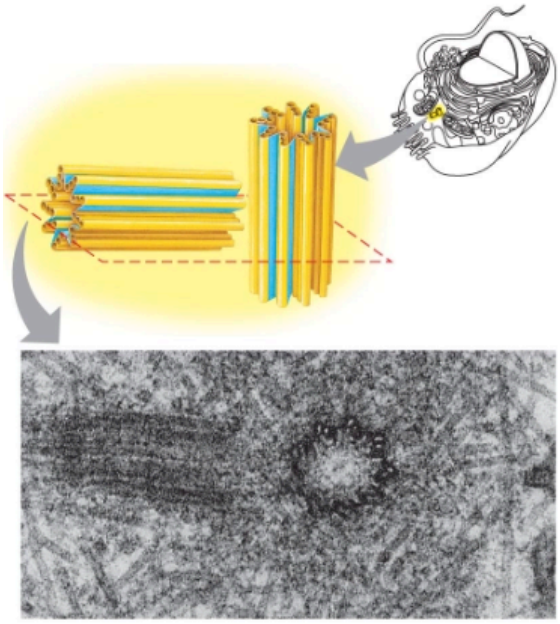
- Los **microtúbulos** son componentes esenciales del citoesqueleto celular, formados por proteínas tubulina (alfa y beta).
- En las células animales, los microtúbulos están anclados en los **Centros Organizadores de Microtúbulos** (MTOC), cuya estructura principal son los **centriolos**.

Centriolos: Estructura y Función:

- Los centriolos tienen una estructura característica de **9 tripletes de microtúbulos** dispuestos en un cilindro (estructura 9x3).
- Los centriolos se encuentran en pares dentro del **centrosoma**, y su duplicación es crucial durante el ciclo celular, especialmente en la fase G2 de la interfase.

Huso Mitótico y División Celular:

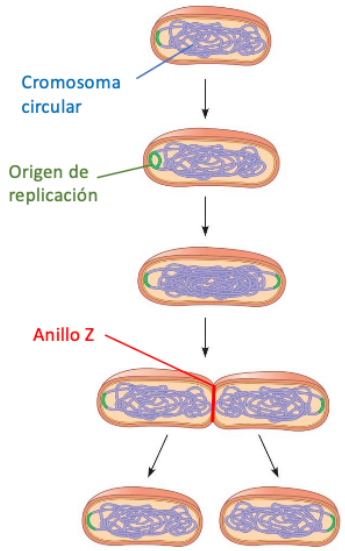
- Durante la división celular, los centrosomas se duplican y migran hacia los polos opuestos de la célula.
- Los microtúbulos que emergen de los centrosomas forman el **huso mitótico**, una estructura esencial para:
- **Separar los cromosomas** durante la mitosis (anafase).
- Anclar los cinetocoros (estructuras en los cromosomas) para el movimiento cromosómico.
- El huso mitótico asegura la distribución equitativa de los cromosomas entre las células hijas.



Observación Microscópica:

- En la imagen se puede observar la disposición de los microtúbulos y los centriolos en las células. Estas estructuras son visibles solo bajo el microscopio electrónico, mostrando su disposición altamente organizada. Estos microtúbulos no solo participan en la división celular, sino que también forman vías para el transporte intracelular y contribuyen a la forma y organización celular.

⇒ MITOSIS: FASES Y SIGNIFICADO FUNCIONAL



Diferencias Clave

1. **Organización del ADN**:
   - La mitosis implica la separación de cromosomas lineales empaquetados en un núcleo.
   - En la fisión binaria, el cromosoma circular está libre en el citoplasma.
2. **Mecanismos de Separación**:
   - En la mitosis, el **huso mitótico** es esencial para mover los cromosomas.
   - En la fisión binaria, no hay huso; el ADN se separa mientras la célula se alarga.

3. **Objetivo Biológico**:
   - La mitosis ocurre tanto para **crecimiento** como para **reparación**.
   - La fisión binaria es exclusivamente para **reproducción**.
4. **Velocidad y Complejidad**:
   - La fisión binaria es más rápida y menos compleja, adecuada para bacterias.
   - La mitosis es un proceso regulado y más lento, adaptado a células especializadas.

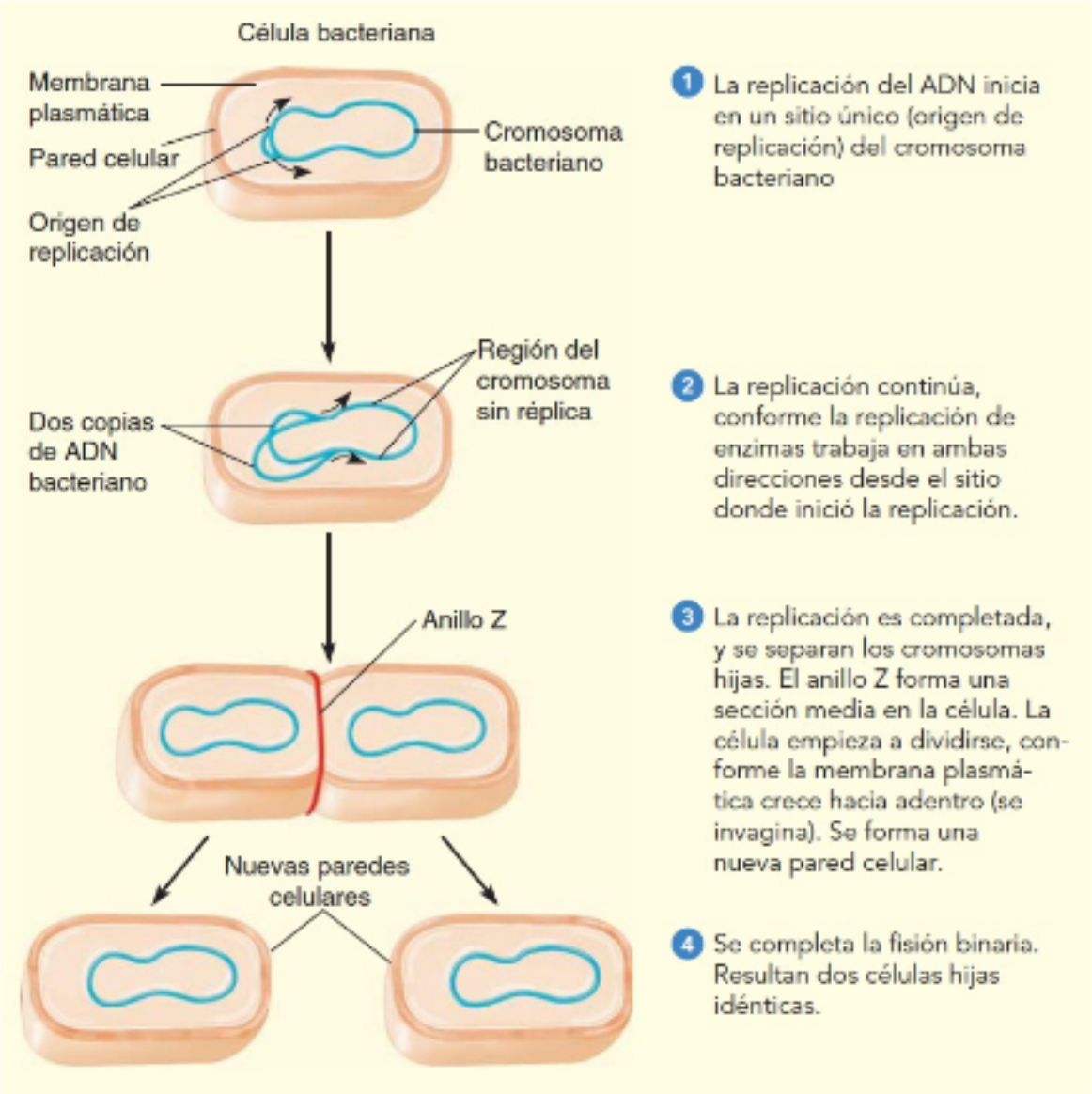
Similitudes:

1. Ambos procesos producen células hijas **genéticamente idénticas** (a excepción de mutaciones).
2. Implican la **replicación previa del ADN**.
3. Aseguran la continuidad genética, vital para la supervivencia de las especies.

Comparación entre Mitosis (Eucariotas) y Fisión Binaria (Procariotas):

ASPECTO	MITOSIS (EUCARIOTAS)	FISIÓN BINARIA (PROCARIOTAS)
Organismos	Ocurre en células eucariotas (animales, vegetales, hongos y protistas).	Ocurre en procariotas (bacterias y arqueas).
Material Genético	Varios cromosomas lineales organizados en un núcleo.	Un solo cromosoma circular ubicado en el citoplasma (nucleoide).
Fases	Se divide en fases bien definidas: profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.	No tiene fases definidas; el proceso es continuo (replicación, separación y división).
Lugar del ADN	El ADN está dentro del núcleo, protegido por la membrana nuclear.	El ADN está libre en el citoplasma (sin membrana nuclear).
Replicación del ADN	El ADN se replica durante la fase S de la interfase, antes de la mitosis.	La replicación del ADN inicia en un punto específico: el origen de replicación.
Separación del ADN	Los cromosomas se separan mediante el huso mitótico, compuesto de microtúbulos.	Los cromosomas replicados se separan mediante la elongación celular y mecanismos simples.
División del Citoplasma	Ocurre en la etapa de citocinesis, con la formación de un surco de segmentación (células animales) o una placa celular (células vegetales).	El anillo Z, formado por proteínas (como FtsZ), invagina la membrana plasmática.
Complejidad	Proceso más complejo, con regulación precisa y participación de múltiples orgánulos (como los centriolos).	Proceso simple y rápido, ideal para la reproducción eficiente.
Velocidad	Más lento, especialmente en organismos multicelulares donde la regulación es crucial.	Más rápido, favoreciendo tasas altas de reproducción.
Finalidad Principal	- Crecimiento y desarrollo en organismos multicelulares. - Reemplazo de células dañadas o envejecidas.	Reproducción asexual para aumentar el número de individuos en una población.
Resultado Final	Dos células hijas genéticamente idénticas con núcleos y orgánulos bien definidos.	Dos células hijas genéticamente idénticas sin núcleo, pero con ADN circular duplicado.

⇒ DETALLE DEL PROCESO DE FISIÓN BINARIA EN PROCARIOTAS



⇒ SIGNIFICADO FUNCIONAL DE LA MITOSIS

La mitosis es fundamental para el mantenimiento de la vida en organismos eucariotas multicelulares y tiene un rol crucial en diversos procesos biológicos. A continuación, se detalla su significado funcional:

1. **Mecanismo de Crecimiento Biológico**:
   - La mitosis permite el crecimiento de los organismos multicelulares **sin pérdida de información genética**.
   - Esto es esencial para mantener la funcionalidad y la identidad genética de las células en tejidos y órganos.

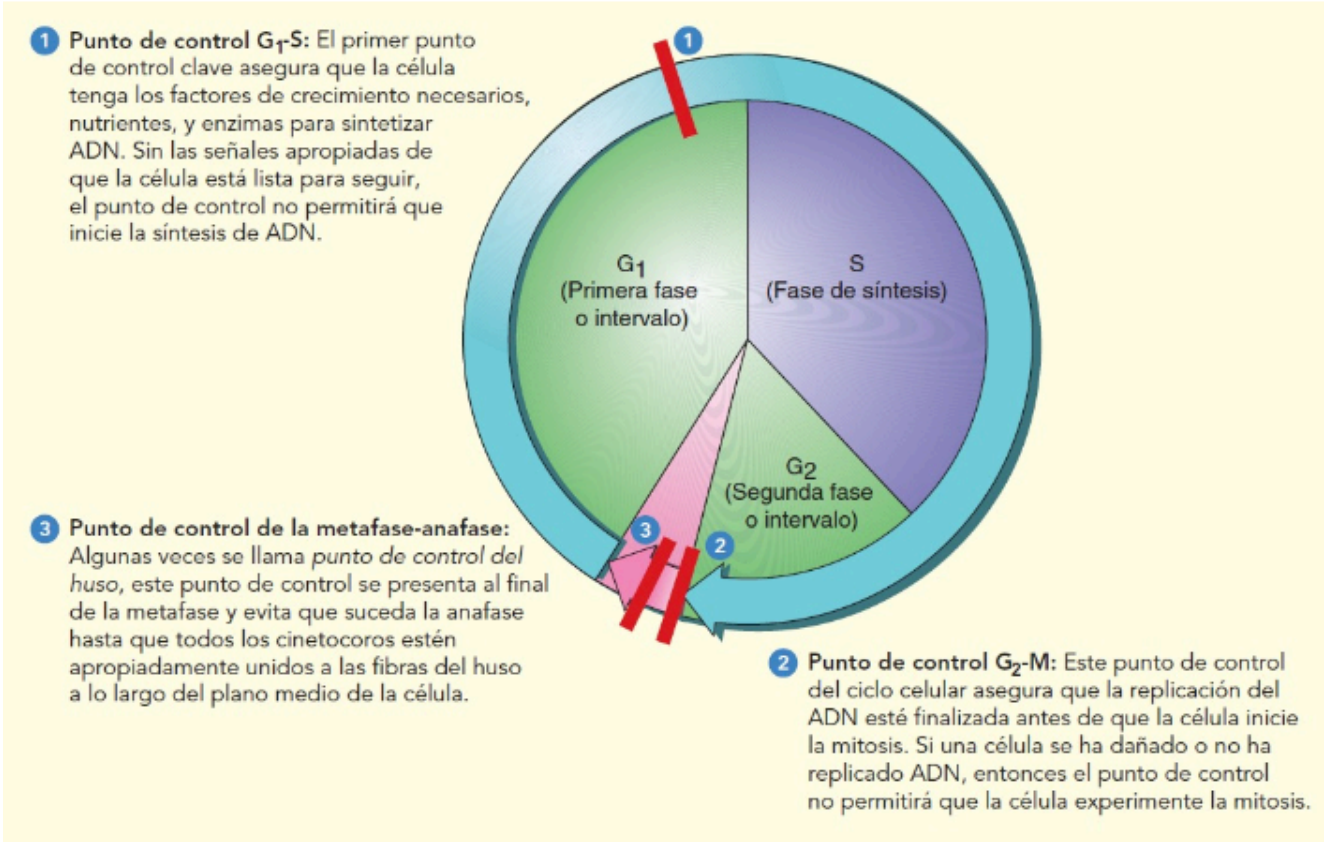
2. **Transmisión Exacta de Material Genético**:
   - Las células hijas reciben **el mismo número y tipo de cromosomas** que la célula parental.
   - Esto asegura la continuidad genética y permite que las células funcionen de manera adecuada.

3. **Control de Errores**:
   - Si ocurre un error durante la mitosis (por ejemplo, una mala segregación de los cromosomas), normalmente la célula hija no sobrevive.
   - Esto previene la transmisión de material genético defectuoso.

4. **Regulación del Ciclo Celular**:
   - El ciclo celular está controlado por una serie de moléculas reguladoras (cinasas dependientes de ciclina o CDK, ciclinas) que aseguran el correcto avance de cada fase.
   - Este **sistema de control del ciclo celular** garantiza que la mitosis solo ocurra cuando las condiciones son ideales.

5. **Consecuencias de Fallos en la Regulación**:
   - Un fallo en el sistema de control del ciclo celular puede resultar en:
   - **Crecimiento celular descontrolado**.
   - Formación de tumores y **cáncer**.
   - Por ello, la mitosis está estrechamente vinculada al mantenimiento de la homeostasis y al equilibrio celular.

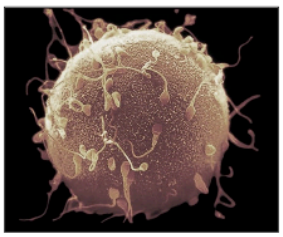
Importancia General:
La mitosis no solo es vital para el crecimiento, sino también para:
- **Reparación de tejidos**: Regeneración de células perdidas o dañadas.
- **Reproducción asexual**: En organismos unicelulares y algunos multicelulares.
- **Renovación celular constante**: Por ejemplo, en tejidos como la piel o el epitelio intestinal.



⇒ REPRODUCCIÓN ASEXUAL VS REPRODUCCIÓN SEXUAL

Reproducción Asexual:

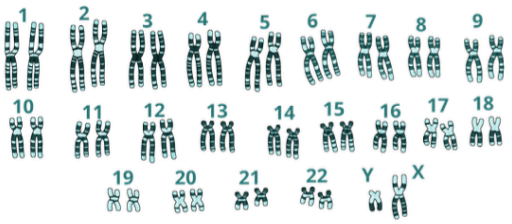
- Los organismos producen **copias genéticamente idénticas** entre sí y al progenitor (clones).
- Se realiza mediante procesos como la **mitosis**, que asegura la transmisión exacta del material genético.
- Común en organismos unicelulares y en algunos multicelulares (por ejemplo, la reproducción vegetativa en plantas).



Reproducción Sexual:

- Genera descendientes que comparten rasgos genéticos con ambos progenitores, pero son **genéticamente diferentes** debido a la **variación genética**.
- Implica la fusión de dos células sexuales especializadas o **gametos**.
- El proceso de formación de gametos utiliza la **meiosis**, una división celular que reduce el número de cromosomas a la mitad.

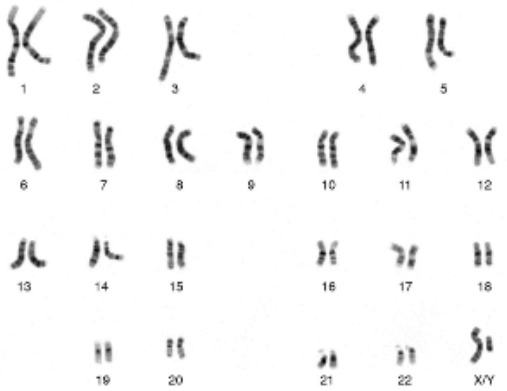
Células Diploides y Haploides
Diploidía (2n):





- En células somáticas (no sexuales), los cromosomas están organizados en pares homólogos.
- En humanos, hay **46 cromosomas** (23 pares homólogos).
- Cada par contiene **cromosomas homólogos**: uno heredado del padre y otro de la madre.
- Los cromosomas homólogos contienen información sobre los mismos rasgos genéticos, pero no son idénticos.

Haploidía (n):



- Los gametos (óvulos y espermatozoides) son **haploides**, es decir, tienen solo un conjunto de cromosomas.
- En humanos, cada gameto tiene **23 cromosomas**.
- La unión de dos gametos durante la fecundación forma un **cigoto diploide** (2n = 46), que dará lugar a un nuevo organismo.

Relación con el Ciclo Sexual:

1. **Meiosis**:
   - Permite la formación de gametos haploides, reduciendo el número cromosómico a la mitad.
   - Introduce variabilidad genética mediante procesos como el entrecruzamiento (crossing-over).
2. **Fecundación**:
   - Fusiona dos gametos haploides para formar un **cigoto diploide**.
   - Esto asegura la combinación genética de ambos progenitores en la descendencia.

Conclusión

La reproducción asexual utiliza **mitosis** para producir clones, mientras que la reproducción sexual utiliza **meiosis** para garantizar la variabilidad genética y la estabilidad del número cromosómico en cada generación.

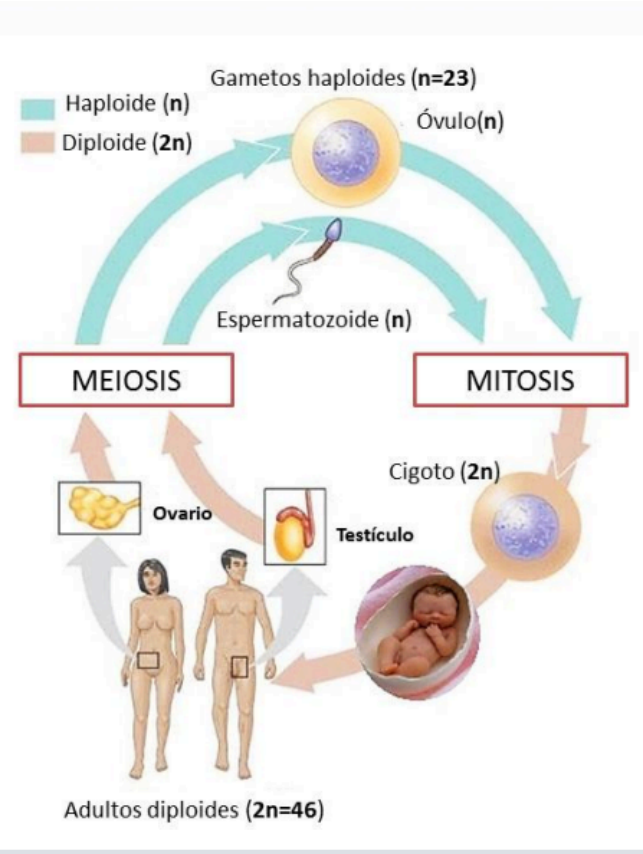
⇒ MEIOSIS: FASES Y SIGNIFICADO FUNCIONAL

La **meiosis** es un proceso de división celular exclusivo de los gametos que asegura la reducción del número de cromosomas a la mitad. Esto es esencial para mantener la estabilidad del material genético en organismos que se reproducen sexualmente.

Diferencias con la Mitosis

1. **Número de células hijas**: Una célula parental diploide genera **cuatro células hijas haploides** en la meiosis. En la mitosis, una célula genera solo **dos células hijas diploides**.
2. **Tipo de células**: La célula parental en meiosis es **diploide** (2n), pero las células hijas son **haploides** (n). En la mitosis, tanto la célula parental como las hijas son diploides.
3. **Variabilidad genética**: En meiosis, las células hijas tienen combinaciones de genes **únicas**, gracias a:
   - **Entrecruzamiento (crossing-over)** durante la profase I.
   - **Distribución independiente** de cromosomas homólogos en la anafase I.

   En la mitosis, las células hijas son genéticamente **idénticas** a la célula madre.

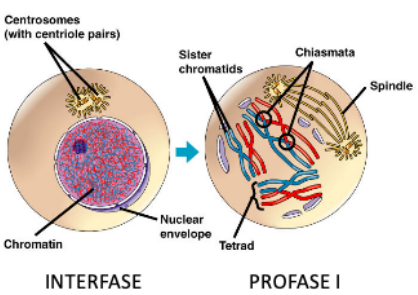


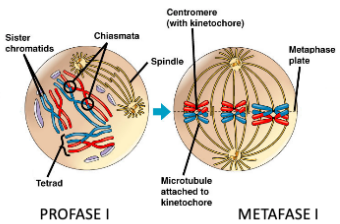
FASES DE LA MEIOSIS

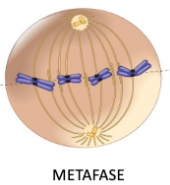
La meiosis consta de **dos divisiones celulares sucesivas**, denominadas **Meiosis I** y **Meiosis II**, cada una con cuatro etapas principales.

1. Meiosis I (División reductora): Reduce el número de cromosomas a la mitad, separando los cromosomas **homólogos**.

- **Profase I**: Ocurre el entrecruzamiento (intercambio de segmentos entre cromátidas homólogas). Los cromosomas homólogos se emparejan (sinapsis) formando **tétradas**.







- **Metafase I**: Las tétradas se alinean en el plano ecuatorial de la célula.
- **Anafase I**: Los cromosomas homólogos se separan y migran hacia los polos opuestos.

- **Telofase I**: Se forman dos núcleos haploides con cromosomas duplicados. La citocinesis completa la división en dos células hijas haploides.

2. Meiosis II (División ecuacional): Similar a la mitosis, separa las **cromátidas hermanas** de cada cromosoma.

- **Profase II**: Comienza sin duplicación del ADN previa. Se forma un nuevo huso mitótico.
- **Metafase II**: Los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial.
- **Anafase II**: Las cromátidas hermanas se separan y migran hacia polos opuestos.
- **Telofase II**: Se forman cuatro núcleos haploides. La citocinesis produce cuatro células hijas haploides.

Significado Funcional

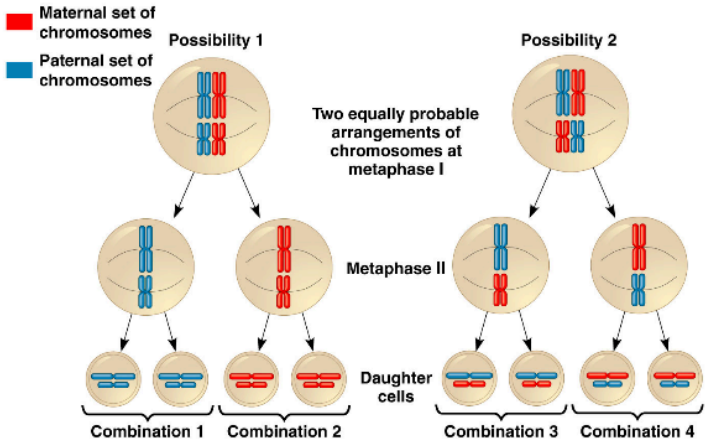
1. **Reducción del número de cromosomas**:
   - Mantiene el número cromosómico constante en generaciones sucesivas de organismos sexuales.
   - Evita que el cigoto tenga un número duplicado de cromosomas tras la fecundación.
2. **Variabilidad genética**:
   - Introduce variación genética mediante el entrecruzamiento y la segregación independiente de cromosomas.
   - Esta variación es clave para la evolución y la adaptación de las especies.
3. **Producción de gametos**:
   - Genera células especializadas (óvulos y espermatozoides) para la reproducción sexual.

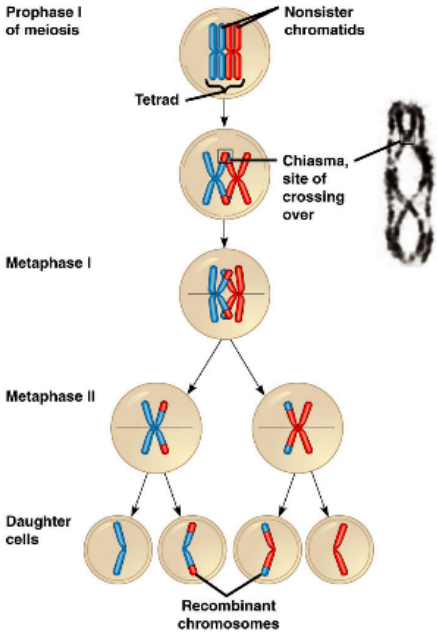
⇒ GENERACIÓN DE VARIABILIDAD GENÉTICA EN LA MEIOSIS

La meiosis produce **cuatro células haploides** con combinaciones genéticas únicas, gracias a dos fenómenos clave:

1. Entrecruzamiento (Crossing-Over)

- **Ocurre en la Profase I**: Los cromosomas homólogos se aparean (formando tétradas) y las cromátidas no hermanas intercambian fragmentos de ADN en puntos específicos llamados **quiasmas**. Este intercambio genera **cromosomas recombinantes**, que contienen una mezcla de genes paternos y maternos.





- **Importancia**: Introduce una nueva combinación de alelos en los cromosomas, aumentando la diversidad genética.

2. Distribución Independiente de Cromosomas

- **Ocurre en la Metafase I y Anafase I**: Los pares de cromosomas homólogos (uno de origen paterno y otro de origen materno) se alinean en el plano ecuatorial de forma **aleatoria**. Esto significa que cada célula hija puede recibir cualquier combinación de cromosomas paternos y maternos.
- **Resultado**: Genera múltiples combinaciones posibles de cromosomas en las células hijas. Por ejemplo, en humanos con 23 pares de cromosomas, hay **2^{23} combinaciones posibles**, sin incluir los efectos del entrecruzamiento.

Significado Funcional de la Meiosis

1. **Unicidad Genética**: Cada individuo es genéticamente único debido a las combinaciones generadas por el entrecruzamiento y la distribución independiente.
2. **Variabilidad Genética**: Proporciona a las poblaciones una mayor capacidad para adaptarse a cambios ambientales. Aunque algunos individuos puedan no sobrevivir, la variabilidad aumenta la probabilidad de que otros lo hagan, favoreciendo la evolución.
3. **Ventajas de la Reproducción Sexual**: El sexo está ampliamente distribuido en el árbol de la vida porque la combinación de genes de dos progenitores genera variación, lo cual es **evolutivamente ventajoso**. Este proceso asegura que la descendencia no solo sea diferente de sus progenitores, sino que también tenga una mayor probabilidad de sobrevivir y prosperar en ambientes cambiantes.

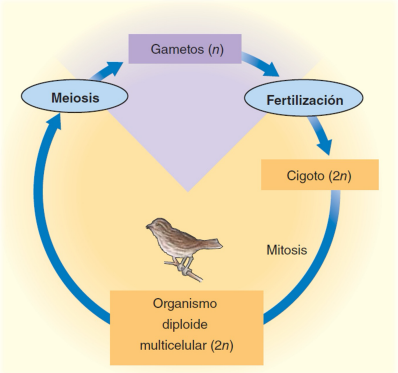
⇒ CICLOS DE VIDA

Los **ciclos de vida** describen cómo las diferentes formas de vida utilizan estrategias reproductivas distintas basadas en sus ciclos celulares. Veamos cuales son éstos:

1. Gametogénesis: Es el proceso de formación de **gametos** (células sexuales haploides) a partir de las células germinales diploides en las gónadas (testículos y ovarios).

Tipos principales:

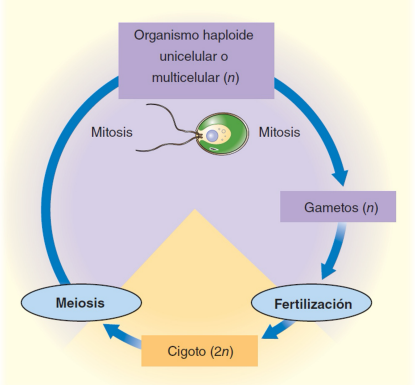
- **Espermatogénesis**: Formación de espermatozoides en los testículos.
- **Ovogénesis**: Formación de óvulos en los ovarios.



2. Ciclo Diploide: Corresponde a los **animales**.

Características:

- Las células somáticas son **diploides** (2n), mientras que los gametos son **haploides** (n). Es un ciclo **sencillo**, ya que solo los gametos son haploides y el resto del organismo es diploide.

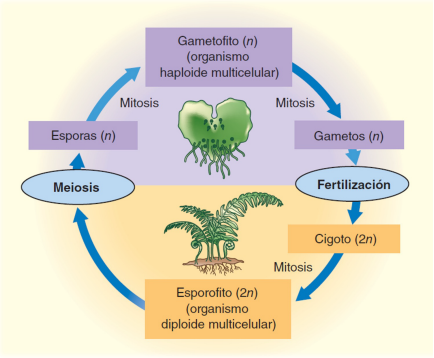


3. Ciclo Haploide: Es el común en **hongos y protistas**.

Características:

- Tanto las células somáticas como los gametos son **haploides** (n). Puede incluir organismos unicelulares o multicelulares. Este ciclo también es **sencillo**, ya que no hay alternancia entre estados diploides y haploides.

4. Ciclo Haplodiploide: Corresponde a **plantas** y algunos organismos con alternancia de generaciones.



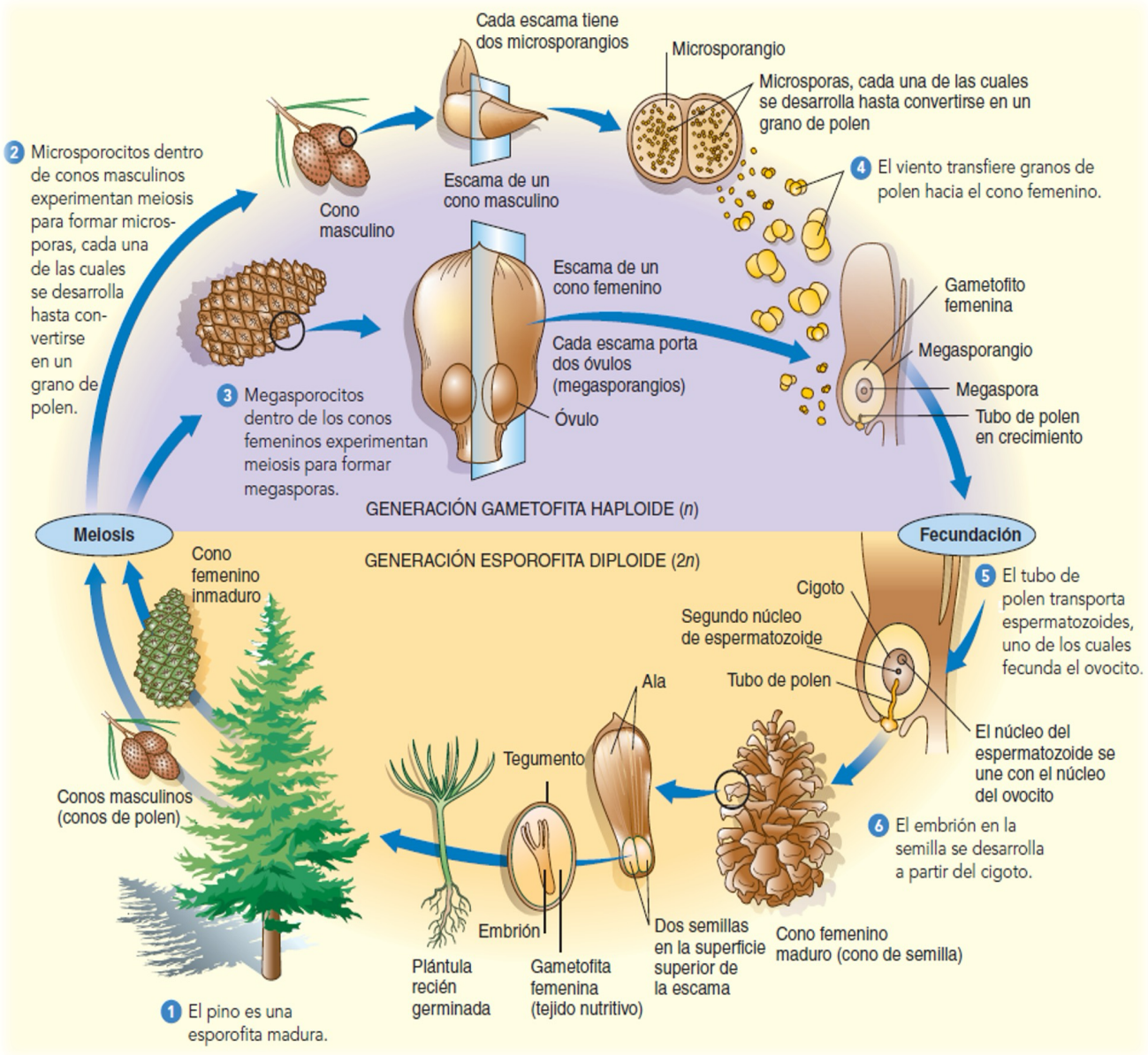
Características:

- ❖ **Alternancia de generaciones** entre:
  - **Gametófito** (haploide, n): Produce gametos y lleva a cabo la reproducción sexual.
  - **Esporófito** (diploide, 2n): Produce esporas mediante meiosis, participando en la reproducción asexual.

Ambas generaciones (haploide y diploide) son multicelulares. Es un ciclo **complejo**, ya que combina reproducción sexual y asexual.

Resumen General

- **Ciclo diploide**: Común en animales, sencillo.
- **Ciclo haploide**: Propio de hongos y protistas, sencillo y directo.
- **Ciclo haplodiploide**: Característico de plantas, complejo por la alternancia de generaciones.

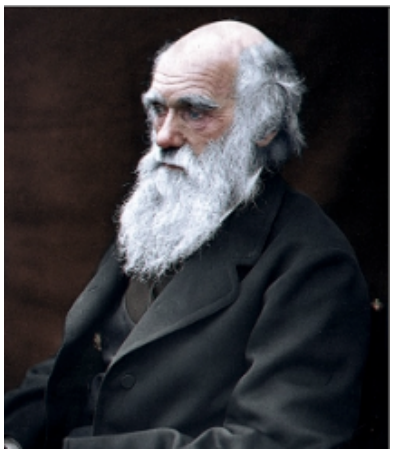


Comparación entre Ciclo Diploide, Haploide y Haplodiploide

ASPECTO	CICLO DIPLOIDE	CICLO HAPLOIDE	CICLO HAPLODIPLOIDE
ORGANISMOS	Animales	Hongos, protistas	Plantas y algunos protistas
Estado principal	Diploide (2n): las células somáticas	Haploide (n): células somáticas y gametos	Alterna entre diploide (esporófito) y haploide (gametófito)
Generación multicelular	La generación diploide es multicelular	La generación haploide es multicelular	Tanto el esporófito (2n) como el gametófito (n) son multicelulares
Reproducción sexual	Gametos haploides (n) se forman por meiosis en organismos diploides	Gametos haploides (n) se forman directamente de mitosis en el organismo haploide	Gametófito haploide (n) produce gametos por mitosis
Reproducción asexual	No corresponde	Ocasionalmente mediante esporas haploides	Esporófito diploide (2n) produce esporas haploides por meiosis
Meiosis	Produce gametos haploides directamente	Ocurre después de la formación del cigoto para generar células haploides	Produce esporas haploides que dan origen al gametófito
Fertilización	Fusión de dos gametos haploides forma un cigoto diploide (2n)	Forma un cigoto diploide, que inmediatamente sufre meiosis para restaurar el estado haploide	Fusión de gametos produce un cigoto diploide que se desarrolla en un esporófito
Diversidad genética	Se genera en los gametos por meiosis	Se genera en el cigoto por meiosis	Se genera tanto en las esporas como en los gametos
Ciclo complejo/sencillo	Sencillo: solo un estado dominante (diploide)	Sencillo: solo un estado dominante (haploide)	Complejo: alterna entre generaciones haploides y diploides

TEMA 5. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA HERENCIA

⇒ CONCEPCIONES SOBRE LA HERENCIA

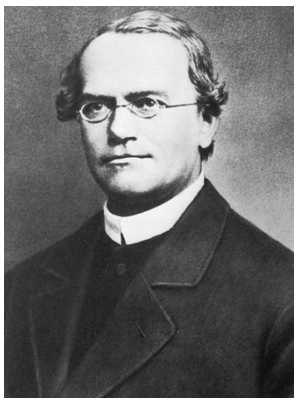


Origen del estudio de la herencia genética

- **Charles Darwin (1809-1892)**: En 1859 publicó *"El Origen de las Especies"*, donde explicó su teoría de la evolución mediante la selección natural. Aunque revolucionario, su obra no daba respuesta a preguntas clave como:
  - ¿Cómo se origina una nueva especie?
  - ¿Cómo se transmiten los rasgos de una generación a otra?

Por ello, las respuestas sobre los mecanismos de transmisión de caracteres aún permanecían inciertas en esa época.

⇒ GREGOR MENDEL Y EL MÉTODO CIENTÍFICO EN EL ESTUDIO DE LA HERENCIA



- **Gregor Mendel (1822-1884)**: Fue un monje y científico que aplicó el método científico para estudiar los mecanismos de la herencia. Sus contribuciones se basan en:
  - **Diseño de experimentos**: Elaboró cuidadosamente las condiciones y procedimientos.
  - **Recopilación de datos**: Observó y registró los resultados de cada experimento.
  - **Análisis matemático de resultados**: Analizó de forma cuantitativa los datos para sacar conclusiones precisas.

Mendel pasó dos años preparando sus experimentos en el monasterio de Brno, en la actual República Checa. Aunque trabajó de manera independiente, sus descubrimientos junto con los de Darwin sentaron las bases de la biología moderna.

⇒ PUNTO DE PARTIDA DE MENDEL Y TIPOS DE CRUCES

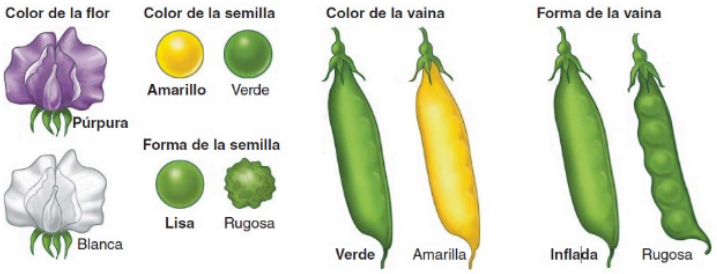
Mendel trabajó con **líneas puras de plantas**, en las cuales los descendientes eran muy similares a sus progenitores. Para estudiar cómo se transmitían los rasgos, realizó cruces controlados de estas plantas y analizó los resultados:

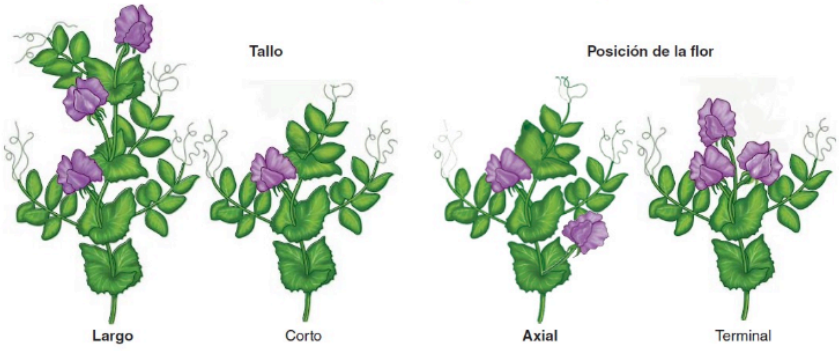
- **Líneas puras**: Plantas cuyas características se mantienen constantes a lo largo de generaciones.
- **Híbridos**: Resultado del cruce entre líneas distintas. Los descendientes de híbridos presentan una combinación de rasgos, pareciéndose a veces a los progenitores o a generaciones anteriores, como los abuelos.

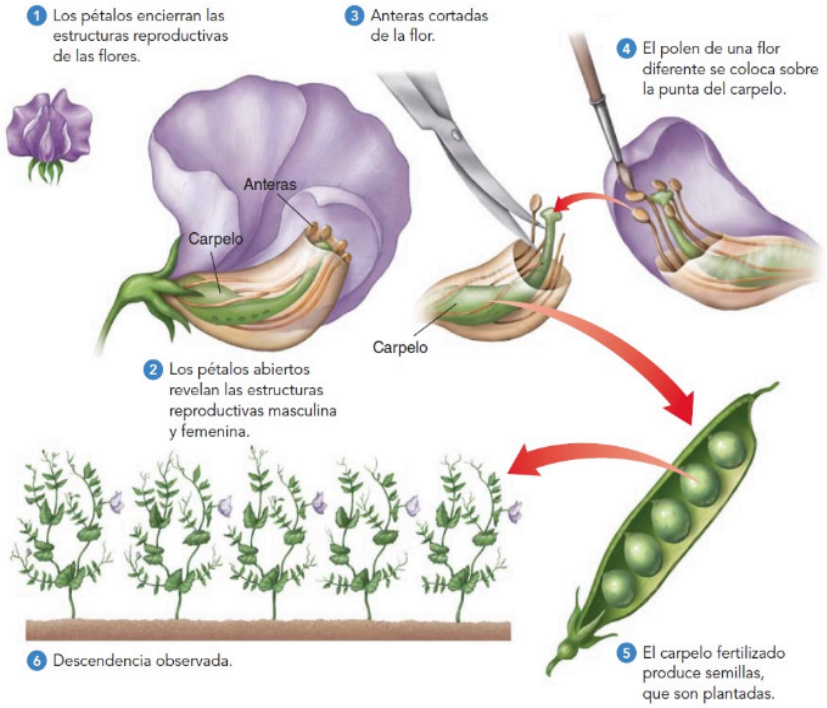
⇒ LAS LEYES DE MENDEL

Mendel estudió la herencia utilizando plantas de guisante (*Pisum sativum*), debido a que:

- Tienen un ciclo de vida corto y son fáciles de cultivar.
- Poseen características observables, como la forma y el color de las semillas.
- Es posible controlar fácilmente la polinización.







Estas son sus leyes:

1. **Ley de la uniformidad**: Al cruzar dos líneas puras con diferentes rasgos, toda la descendencia de la primera generación es uniforme y muestra el rasgo dominante.

2. **Ley de la segregación**: En la segunda generación, los caracteres recesivos reaparecen en una proporción predecible (3:1 en caracteres dominantes/recesivos).

3. **Ley de la distribución independiente**: Diferentes rasgos se heredan de manera independiente unos de otros, formando nuevas combinaciones en los descendientes.

El trabajo de Mendel permitió comprender que los rasgos se heredan mediante "factores" hoy conocidos como **genes**. Su enfoque experimental basado en el análisis estadístico revolucionó el campo de la genética, siendo redescubierto a principios del siglo XX y considerado un pilar fundamental en las ciencias biológicas.

⇒ CONCEPTOS CLAVE EN GENÉTICA MENDELIANA

Antes de profundizar en los experimentos de Mendel, es importante entender algunos términos:

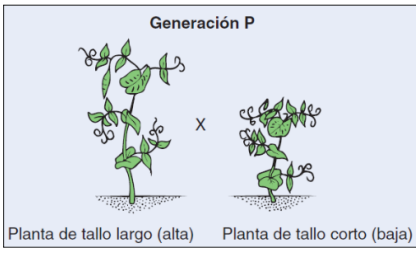
- **Carácter**: Atributo o característica observable del organismo (ejemplo: color de la flor).
- **Rasgo**: La expresión específica de un carácter (ejemplo: flor morada o flor blanca).
- **Fenotipo**: El aspecto físico o expresión visible del organismo.
- **Genotipo**: La composición genética que determina el fenotipo.

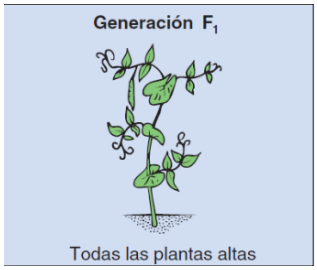
P x P
F1
F1 x F1
F2

⇒ Los Experimentos de Mendel:

Mendel realizó cruces entre plantas de guisantes y estudió tres generaciones de ellos:

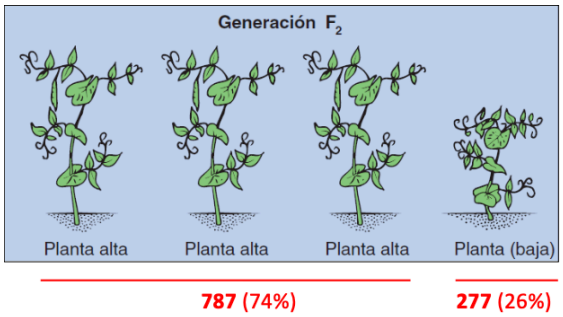
1. **Generación Parental (P)**: Las plantas iniciales, seleccionadas por tener rasgos puros.





2. **Primera generación filial (F1)**: Resultante del cruce entre plantas parentales. Todos los individuos tenían el mismo fenotipo (dominante).

3. **Segunda generación filial (F2)**: Resultante de cruzar individuos de la F1 entre sí. Aquí reaparecieron los caracteres recesivos.

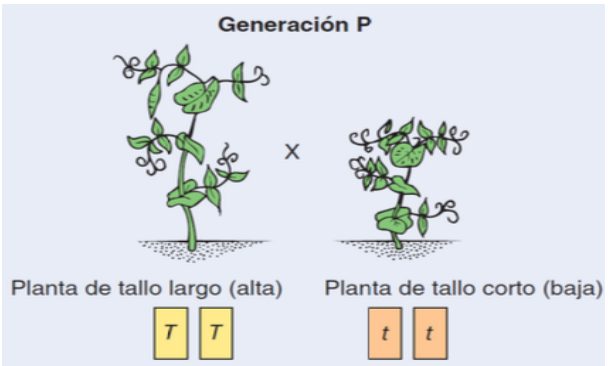


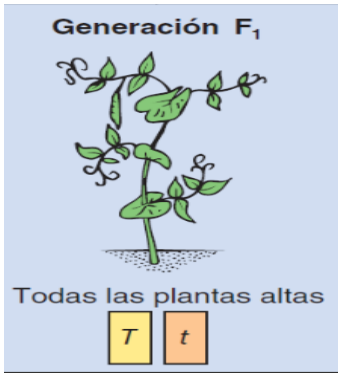
⇒ **Descubrimientos Clave de Mendel:**

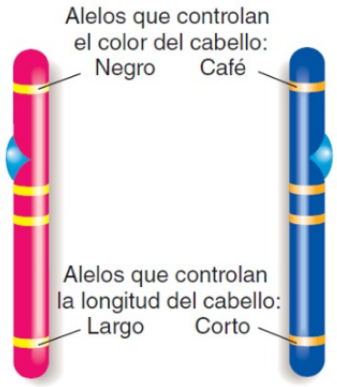
- **Ausencia de mezcla de rasgos**: Los factores hereditarios que determinan ciertos rasgos, como el enanismo en las plantas, pueden no aparecer en la F1 pero reaparecen en la F2.
- Cada carácter es controlado por **dos factores hereditarios** (hoy llamados "genes").

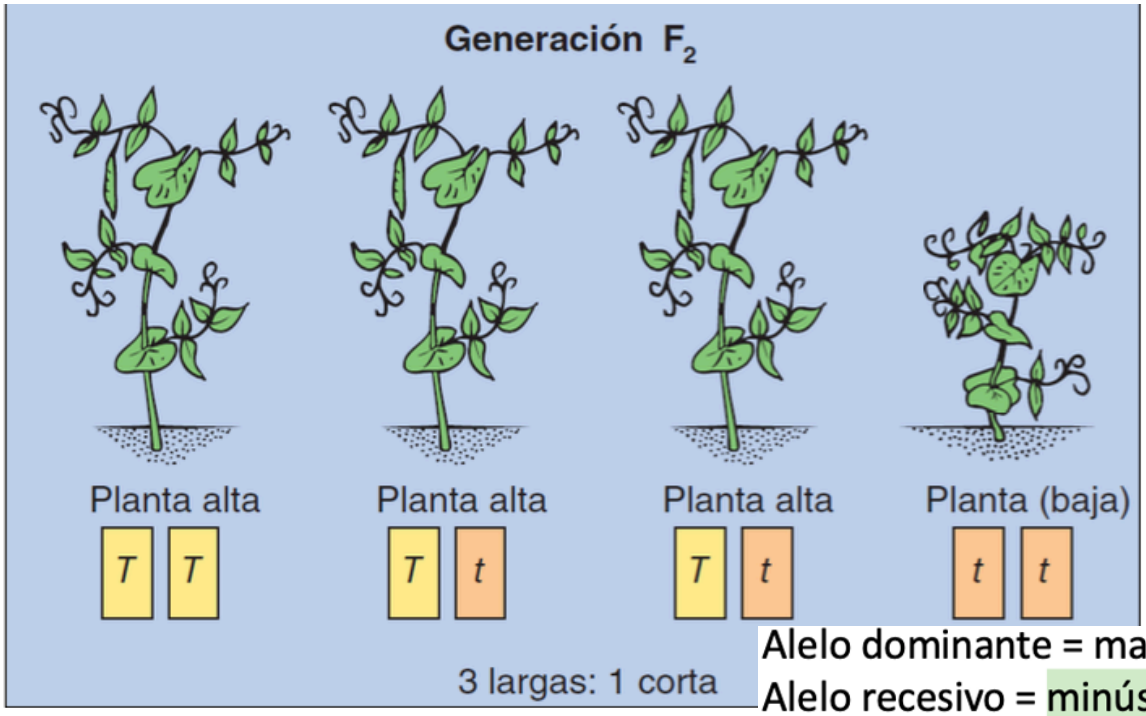
⇒ **Concepto Actual: Alelos y Genes**

- **Genes**: Los factores hereditarios que determinan los caracteres.
- **Alelo**: Cada una de las formas alternativas de un gen.
- **Alelo dominante**: Representado con letras mayúsculas (por ejemplo, **T** para la altura).
- **Alelo recesivo**: Representado con letras minúsculas (por ejemplo, **t** para la baja estatura).
- Cuando un individuo tiene un alelo dominante y uno recesivo (heterocigoto), solo se expresa el alelo dominante.



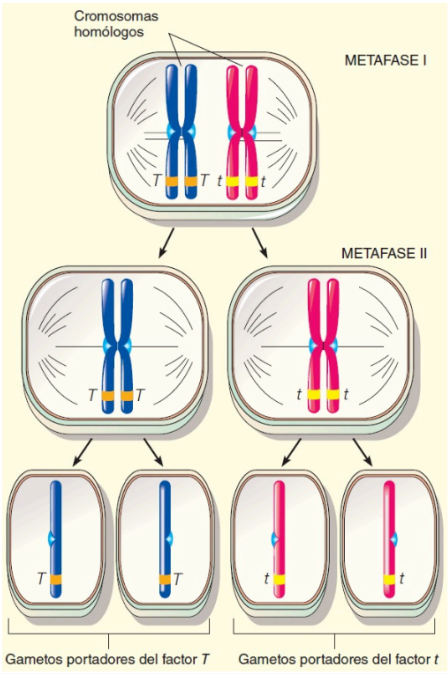






Alelo dominante = mayúscula *(T)*
Alelo recesivo = minúscula *(t)*

⇒ **PRIMERA LEY DE MENDEL: PRINCIPIO DE SEGREGACIÓN**



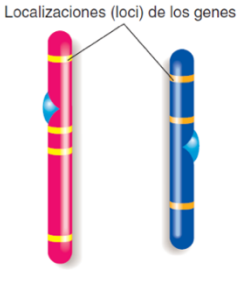
- Antes de la reproducción sexual, los dos alelos que posee un individuo se separan. Cada gameto (célula reproductora) recibe un solo alelo. Esto asegura que la descendencia herede un alelo de cada progenitor.

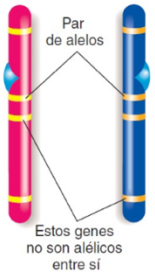
La **meiosis** es el proceso por el cual se forman los **gametos (células reproductoras)**, que son **haploides** (es decir, tienen la mitad de los cromosomas).

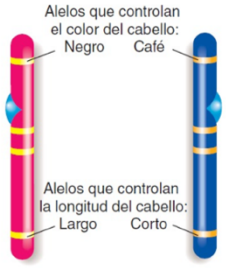
- Durante la **meiosis**, cada gameto recibe un solo cromosoma de cada par de cromosomas homólogos.
- Esto significa que cada gameto contiene **solo un alelo de cada gen**.
- Los alelos permanecen intactos y no se mezclan ni eliminan entre sí durante este proceso.

⇒ **Cromosomas y loci**

- Un **cromosoma** es una larga cadena de ADN que contiene genes.
- Cada **gen** ocupa un lugar específico en el cromosoma llamado **locus** (en plural: loci).
- Los cromosomas homólogos tienen alelos del mismo gen en el mismo locus.

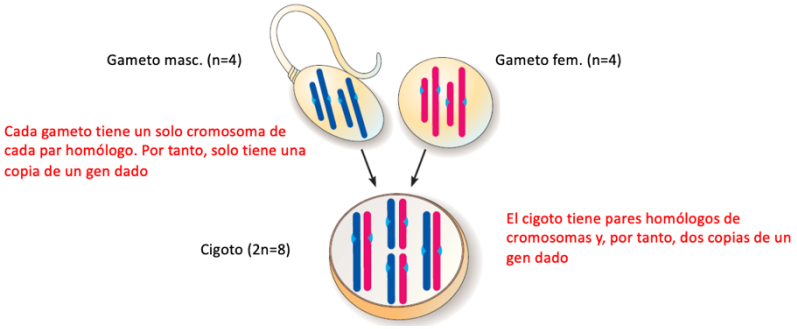






⇒ **Formación de los cigotos**

- Los gametos masculinos y femeninos se combinan durante la fertilización, formando un **cigoto diploide** (con el número completo de cromosomas: **2n**).



- Este cigoto contiene pares homólogos de cromosomas y, por tanto, **dos copias de cada gen** (una de cada progenitor).

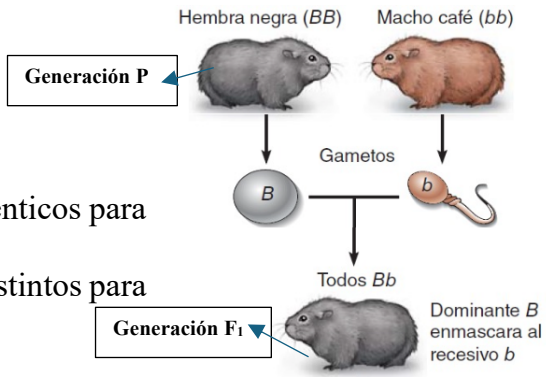
⇒ **Definiciones importantes:**

- **Homocigoto**: Un organismo que tiene dos alelos idénticos de un gen (ejemplo: **BB** o **bb**).
- **Heterocigoto**: Un organismo que tiene alelos diferentes de un gen (ejemplo: **Bb**).
- **Cruzamiento monohíbrido**: Un cruce que implica un par de alelos de un único locus.

⇒ **Ejemplo práctico sobre el Gen con dos alelos del color del pelaje:**

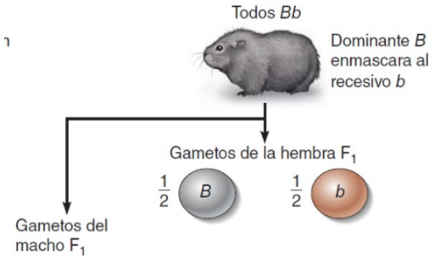
Gen y alelos:

- **Gen**: Determina el color del pelaje.
- **Alelo dominante (B)**: Pelaje negro.
- **Alelo recesivo (b)**: Pelaje café.

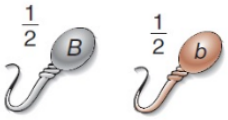


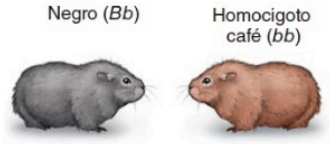
Tipos de organismos según los alelos:

- **Homocigoto**: Individuo con dos alelos idénticos para un gen (ejemplo: **BB** o **bb**).
- **Heterocigoto**: Individuo con dos alelos distintos para un gen (ejemplo: **Bb**).

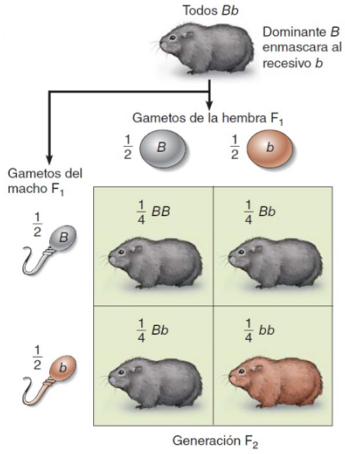


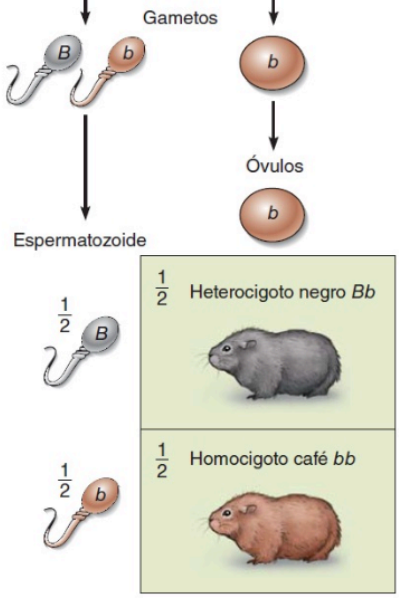
Cruzamiento monohíbrido: Un cruce monohíbrido implica un par de alelos de un único locus, estudiando la transmisión de un solo carácter.





⇒ **Cuadro de Punnett y proporciones:** Se utiliza este Cuadro para visualizar las posibles combinaciones genéticas de la descendencia.





- En la **F2** (segunda generación filial):
- **Proporción fenotípica (rasgo visible)**: 3:1 (3 con pelaje negro y 1 con pelaje café).
- **Proporción genotípica** (combinación de alelos): 1:2:1 (1 **BB**, 2 **Bb**, 1 **bb**).
- El fenotipo no siempre revela el genotipo, excepto en los homocigotos recesivos (como **bb**, que expresan siempre el color café).

Dominancia de un alelo, ¿Por qué un alelo domina sobre otro? Esto depende del **mecanismo de expresión genética** y de la especie.

- Por ejemplo, en algunos casos, un alelo dominante genera una cantidad suficiente de proteína para enmascarar el efecto del alelo recesivo.

Conclusión: El ejemplo del color del pelaje ilustra cómo las proporciones de Mendel (3:1 en fenotipo) son el resultado de la segregación de alelos durante la meiosis. Además, la dominancia de un alelo puede variar según el contexto genético y la especie, siendo fundamental entender cómo se expresan los genes en distintos organismos.

⇒ CRUZAMIENTO DIHÍBRIDO Y SEGUNDA LEY DE MENDEL

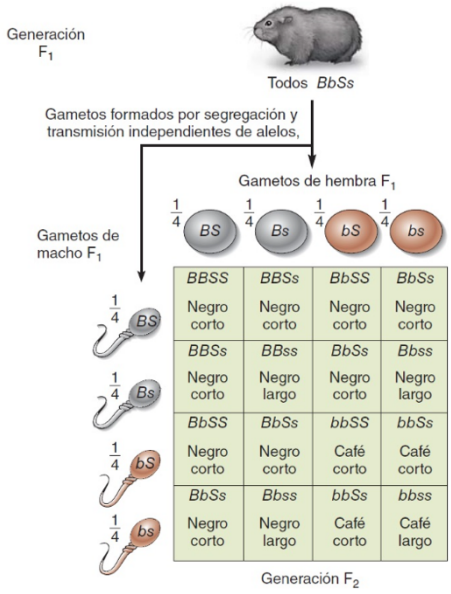
Cruzamiento dihíbrido: El **cruzamiento dihíbrido** analiza la transmisión de **dos características diferentes** (por ejemplo, color del pelaje y longitud del pelo) simultáneamente. Cada una de estas características es controlada por un par de alelos.

Ejemplo de proporciones en F2 (segunda generación filial):



En un cruzamiento **dihíbrido**:

- **Color del pelaje:** negro (dominante) o café (recesivo).
- **Longitud del pelo:** corto (dominante) o largo (recesivo).



Las proporciones obtenidas:

- 12 individuos con pelaje negro.
- 4 individuos con pelaje café.
- 12 con pelo corto.
- 4 con pelo largo.

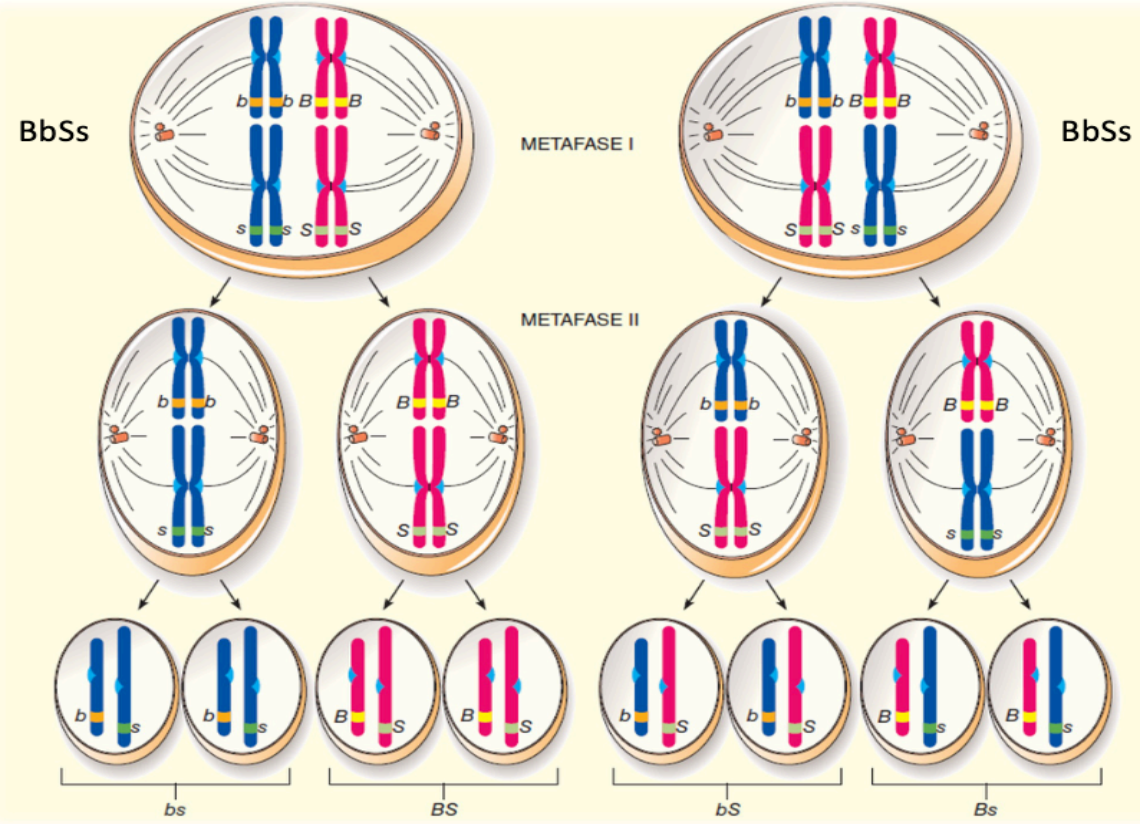
Conclusión: Esta primera **ley de Mendel** establece que los alelos de un gen se segregan durante la formación de los gametos, lo que asegura que cada descendiente reciba un alelo de cada progenitor. Esto explica cómo se mantiene la variabilidad genética en las generaciones siguientes y cómo los rasgos recesivos pueden reaparecer en los descendientes tras una generación de "ausencia".

Sus experimentos sentaron las bases de la genética moderna al demostrar que la herencia sigue patrones predecibles, y los rasgos se transmiten mediante genes en forma de alelos dominantes y recesivos.

⇒ **SEGUNDA LEY DE MENDEL: PRINCIPIO DE TRANSMISIÓN INDEPENDIENTE**

La segunda ley establece que:

- Los alelos de un gen se **segregan independientemente** de los alelos de otros genes.
- Esto genera nuevas combinaciones de alelos durante la meiosis, fenómeno conocido como **recombinación genética**, lo que es clave en la **reproducción sexual**.



Esta imagen muestra un ejemplo de cómo ocurre la **meiosis** durante un cruzamiento **dihíbrido**, en base a la **segunda ley de Mendel** o **principio de transmisión independiente**. A continuación, explico cada elemento paso a paso:

1. Genotipo inicial: "BbSs":

Este es el genotipo del organismo de partida, donde:

- **B**: alelo dominante para el color negro del pelaje.
- **b**: alelo recesivo para el color café.
- **S**: alelo dominante para pelo corto.
- **s**: alelo recesivo para pelo largo.

2. Fases de la meiosis representadas en la imagen:

a. Metafase I:

- En esta fase, los **cromosomas homólogos** (pares de cromosomas heredados del padre y la madre) se alinean en el centro de la célula.
- En este ejemplo, los alelos **B y b** (para el color del pelaje) y **S y s** (para la longitud del pelo) se distribuyen aleatoriamente.
- La orientación es aleatoria: las combinaciones pueden ser **b con S**, **B con s**, etc., como se muestra en la imagen.

b. Metafase II:

- Cada cromosoma se separa y las cromátidas hermanas (las copias idénticas) se dirigen a polos opuestos.
- Esto genera una nueva división celular, dando lugar a **células haploides (n)** con una combinación única de alelos.

3. Combinaciones finales de gametos:

La imagen muestra los posibles gametos formados al final de la meiosis:

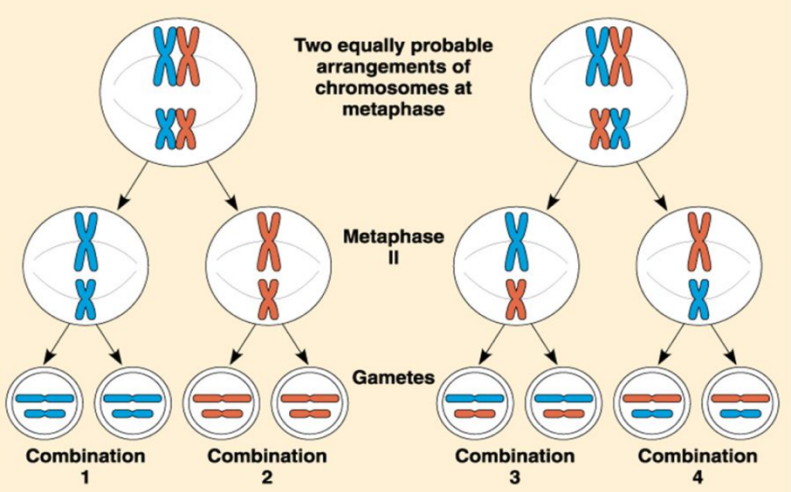
- **bs**: Gameto con alelos recesivos para ambos caracteres.
- **BS**: Gameto con alelos dominantes para ambos caracteres.
- **bS**: Gameto con alelo recesivo para el color y dominante para la longitud del pelo.
- **Bs**: Gameto con alelo dominante para el color y recesivo para la longitud del pelo.

Por medio de esta imagen se ha ilustrado el principio de **transmisión independiente**:

- Los pares de genes para diferentes características (color y longitud de pelo) se segregan de manera independiente durante la formación de los gametos.
- Esto da lugar a combinaciones únicas de alelos, lo que genera una mayor variabilidad genética en la descendencia.

⇒ **Mecanismo de transmisión independiente:**

1. Los pares de cromosomas homólogos de origen paterno y materno se mezclan de manera aleatoria durante la formación de gametos.
2. La recombinación es **aleatoria**: aproximadamente la mitad de las células reproductoras se organizan en una dirección, y la otra mitad en la dirección opuesta.



⇒ **Resumiendo el trabajo de Mendel:**

- En 1866, Mendel publicó sus resultados en las *Memorias de la Sociedad Brünn*, aunque aún no se conocían los procesos de **mitosis** ni **meiosis**.
- En 1900, otros investigadores confirmaron que los resultados de Mendel explicaban sus propios experimentos.
- En 1902, Walter Sutton y Theodor Boveri relacionaron los procesos de mitosis y meiosis con las leyes de Mendel, dando origen a la **teoría cromosómica de la herencia**: los genes están organizados linealmente en ubicaciones específicas (loci) en los cromosomas.



Veamos ahora como el genetista americano **Thomas Hunt Morgan** (1866-1945) continúo investigando hasta llegar a demostrar el fenómeno de los **genes ligados**.

⇒ **Contexto del Experimento de Morgan**

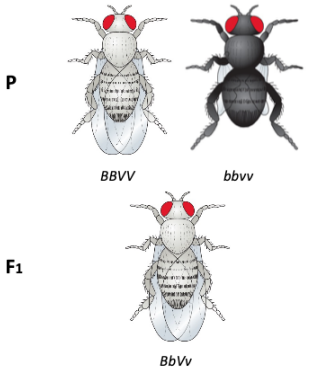
- **Organismo modelo**: *Drosophila melanogaster* (mosca de la fruta).
- **Aportes de Morgan (1910)**: Extiende la **teoría cromosómica de la herencia** al descubrir que algunos genes no se segregan de manera independiente, como postulaba Mendel, sino que tienden a heredarse juntos.

Esto ocurre cuando los **genes están ligados** en el mismo cromosoma.

⇒ **Explicación del Experimento:**

Características analizadas:

- **Color del cuerpo**:
- **B**: gris (dominante).
- **b**: negro (recesivo).
- **Forma de las alas**:
- **V**: normales (dominante).
- **v**: rudimentarias (recesivo).

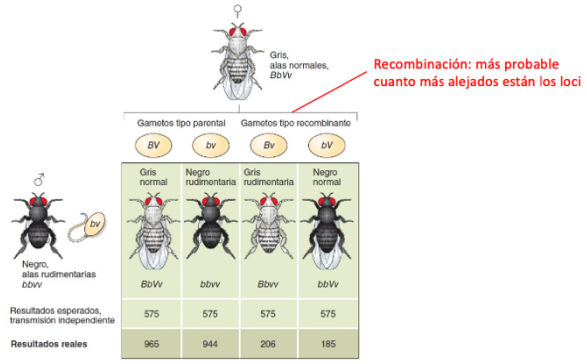


Cruzamiento Parental (P):

- **Machos bbvv** (negro, alas rudimentarias).
- **Hembras BBVV** (gris, alas normales).

Primera generación filial (F1):

- Descendencia **heterocigota BbVv** (color gris y alas normales).



⇒ **Gametos tipo parental y recombinantes**

- **Gametos parentales**: Conservan la combinación original de alelos (**BV**, **bv**).
- **Gametos recombinantes**: Resultado de **entrecruzamiento cromosómico** (**Bv**, **bV**). La cantidad de recombinantes depende de la distancia entre los genes:
  - Cuanto más cerca estén los loci (posiciones de los genes en el cromosoma), menor será la probabilidad de recombinación.
- En este ejemplo, la **frecuencia de recombinación** es del 17%, lo que indica que los loci **B** y **V** están relativamente cercanos en el cromosoma.

⇒ **Resultados del Cruzamiento**

- **Esperado (transmisión independiente)**: Proporción 1:1:1:1.
- **Resultado real**: Mayor cantidad de fenotipos parentales y menos recombinantes.

Esto confirmó que los genes **B** y **V** están ligados, pero no completamente, debido al fenómeno de recombinación genética.

⇒ **Entrecruzamiento y mapas genéticos**

El **entrecruzamiento cromosómico** ocurre en la **profase I de la meiosis**:

- Se forman **quiasmas** (puntos de intercambio entre cromátidas hermanas).

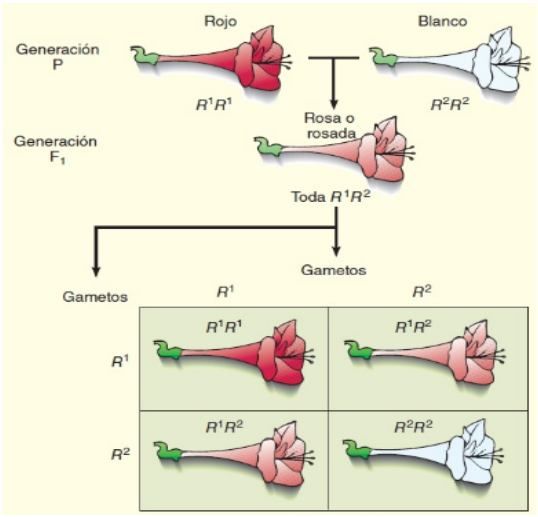
Cálculo de la frecuencia de recombinación

Tipo de descendiente	Resultados del cruzamiento de prueba (de la figura 11-11)			
	Tipo parental		Tipo recombinante	
Fenotipo	Gris, normal	Negro, rudimentario	Gris, rudimentario	Negro, normal
Genotipo	*BbVv*	*bbvv*	*Bbvv*	*bbVv*
Número de descendientes	965	944	206	185
Cálculos de frecuencia de recombinación	1. Número de descendientes de tipo parental = 1909 2. Número de descendientes de tipo recombinante = 391 3. Número total de descendientes = 1909 + 391 = 2300 4. Frecuencia de recombinación = 391/2300 × 100 = 17%			

El locus *V* y el locus *B* tienen un 17% de recombinación

- El porcentaje de recombinación permite calcular distancias genéticas en **unidades de mapa**:
  - 1% de recombinación = 1 unidad de mapa (centimorgan o cM).

⇒ **Conclusión:** El trabajo de Morgan demostró que la transmisión de algunos genes no sigue las leyes de Mendel de forma estricta debido al ligamiento cromosómico. Este experimento fue clave para desarrollar los **mapas genéticos**, que permiten medir la distancia entre genes en un cromosoma.



⇒ **Dominancia Incompleta y Codominancia (Espectro de Dominancia)**

- **Dominancia incompleta**: El fenotipo del heterocigoto es **intermedio** entre el dominante y el recesivo.
- **Ejemplo**: En la planta don diego de noche (*Mirabilis jalapa)*, al cruzar flores rojas (RR) con blancas (rr), las flores de la descendencia (Rr) son rosas.



- **Codominancia**: En los heterocigotos, se expresan **simultáneamente** ambos fenotipos de los homocigotos.
- **Ejemplo**: El color **ruano** en caballos es una mezcla uniforme de cabellos rojos y blancos.

⇒ **HERENCIA DE LOS GRUPOS SANGUINEOS**

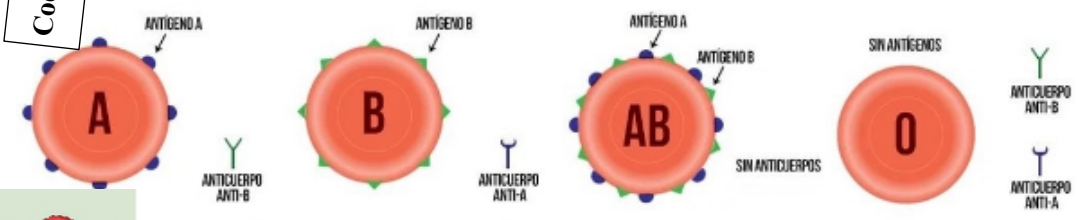
Alelos Múltiples y Codominancia en Grupos Sanguíneos

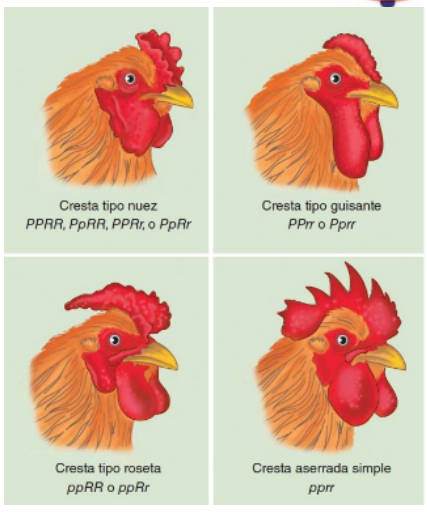
- En una población pueden existir para un gen tres o más variantes (alelos) para un locus particular; eso se denomina alelos múltiples.

Ejemplo: Los grupos sanguíneos humanos (ABO) tienen tres alelos principales: **A**, **B** y **O**. En los heterocigotos **IAIB**, ambos alelos A y B se expresan de forma codominante, produciendo el grupo sanguíneo AB.

Fenotipo (tipo sanguíneo)	Genotipo	Antígeno de la superficie de eritrocitos	anticuerpos séricos contra los antígenos A o B
A	I^AI^A o I^Ai	A	Anti-B
B	I^BI^B o I^Bi	B	Anti-A
AB	I^AI^B	A, B	Ninguno
O	ii	Ninguno	Anti-A, anti-B

Codominancia





❖ **Pleiotropía:** Un solo gen tiene múltiples efectos sobre el fenotipo, ya que influye tanto en la pigmentación de la piel como en la resistencia a enfermedades.

❖ **Interacción Genética:** Varios pares de alelos interactúan para formar un **fenotipo** final. Los genes no actúan de manera completamente independiente.



B_E_ B_ee; bbee bbE_

Alelo *e* epistásico: bloquea la expresión de *B/b*

❖ **Epistasis:** Un alelo de un locus puede enmascarar la expresión de alelos en otro locus.

- **Ejemplo**: En perros labradores, el gen **E** controla si se expresa el color del pelaje:
- **B_E_**: pelaje negro.
- **bbE_**: pelaje chocolate.
- **_ _ee**: independientemente de **B** o **b**, el pelaje será amarillo porque **e** bloquea la expresión del color.

❖ **Herencia Poligénica:** Caracteres que están determinados por múltiples genes (loci) que tienen efectos aditivos.

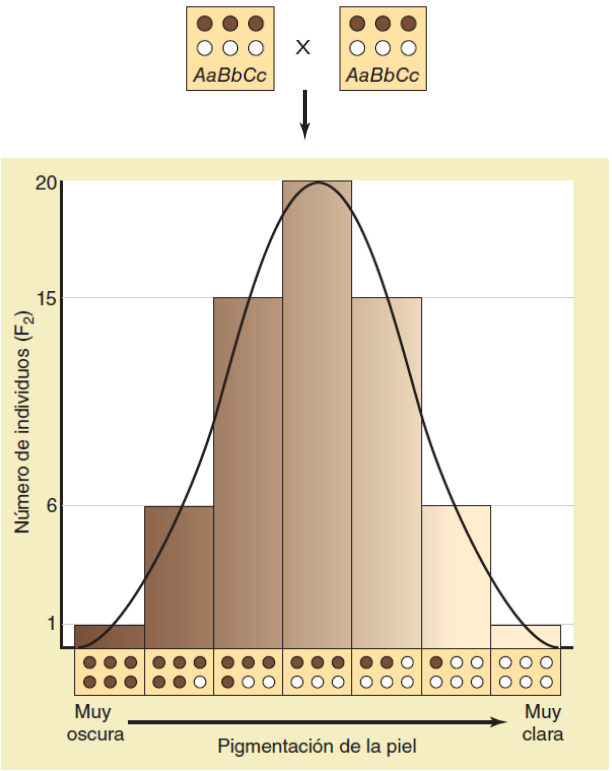
- **Ejemplo**: La pigmentación de la piel humana, en la que intervienen al menos 60 loci diferentes.



Conclusión: Estos fenómenos muestran que la herencia no siempre sigue las proporciones mendelianas clásicas. Factores como la codominancia, la epistasis y la herencia poligénica aumentan la complejidad de los fenotipos observados y explican variaciones en muchos caracteres biológicos humanos y animales.

❖ Ejemplo de Herencia Poligénica Simplificado

Este ejemplo aborda la **herencia poligénica**, donde varios genes (loci) contribuyen de manera aditiva a un solo rasgo fenotípico:



Cruce Parental (P)

- **Genotipo parental 1**: AABBCC (todos los alelos dominantes).
- **Genotipo parental 2**: aabbcc (todos los alelos recesivos).
- El **fenotipo** del parental 1 es el **más extremo** (ejemplo: tono de piel muy oscuro), mientras que el del parental 2 es el **más claro**.

Primera Generación Filial (F1)

- Resultado del cruce entre los parentales: **AaBbCc**.
- Fenotipo **intermedio** debido a la combinación de alelos dominantes y recesivos.

Segunda Generación Filial (F2)

- La F2 muestra un **abanico de pigmentaciones**:
- **Desde fenotipos claros hasta oscuros**, dependiendo de la combinación de alelos heredada.
- En promedio, los **fenotipos intermedios** son los más comunes.

Conclusión: Este ejemplo ilustra cómo la **herencia poligénica** genera una distribución continua de fenotipos. A diferencia de los caracteres mendelianos clásicos (donde los fenotipos son discretos), la herencia poligénica produce un rango de variaciones, explicando rasgos como el color de piel, la altura y el peso en humanos.

❖ **Influencia del Genotipo y el Ambiente en el Fenotipo**



El **fenotipo** de un organismo no depende únicamente de su **genotipo** sino también de factores ambientales:

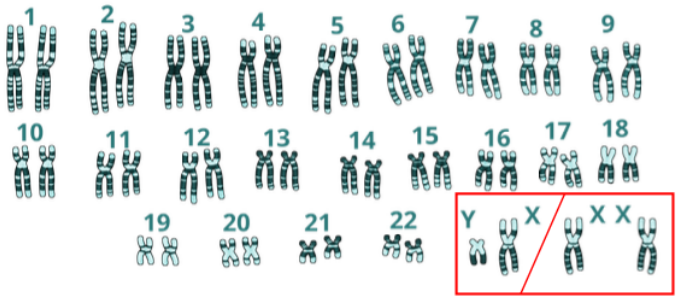
- **Ejemplo de color de flores según el pH del suelo:**
- **pH ≤ 5.5**: flor azul.
- **pH entre 5.6 y 6.4**: flor púrpura.
- **pH entre 6.4 y 7**: flor rosa.

❖ **Norma de Reacción y Epigenética**

- **Norma de reacción**: Es el **rango de fenotipos posibles** que un genotipo puede expresar bajo distintas condiciones ambientales.
- **Epigenética**: Estudia los cambios en la expresión génica sin modificar la secuencia del ADN. Factores como la alimentación o el estrés pueden activar o silenciar genes.

HERENCIA LIGADA AL SEXO Y MUTACIONES

❖ **Determinación del Sexo**



- En la mayoría de los **eucariotas**, los **cromosomas sexuales** determinan el sexo:
- **XX**: hembra.
- **XY**: macho.
- **Cromosomas sexuales y autosomas**: Los cromosomas que no determinan el sexo se denominan **autosomas**.

❖ **Gen SRY y Desarrollo Sexual**

- El cromosoma **Y** contiene el **gen SRY** (sex-determining region Y), que es el principal "interruptor" genético que promueve el desarrollo de los testículos.

❖ **Síndromes relacionados con los cromosomas sexuales:**

- **Síndrome de Klinefelter (XXY)**: Afecta a individuos con un cromosoma sexual adicional. Este síndrome es una afección genética que se produce cuando un niño nace con una copia adicional del cromosoma X; a menudo no se diagnostica hasta la edad adulta.

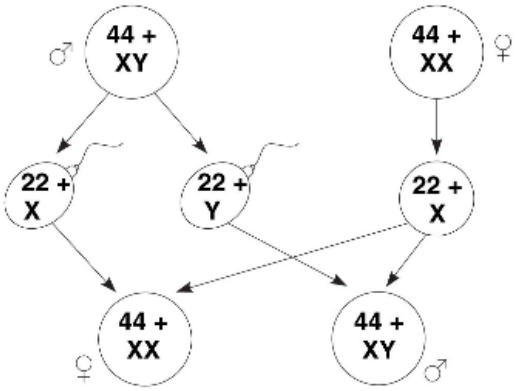
El síndrome de Klinefelter puede afectar adversamente el crecimiento testicular y genera testículos más pequeños de lo normal, lo cual puede llevar a una menor producción de testosterona. También puede causar reducción de la masa muscular, reducción del vello corporal y facial, y agrandamiento del tejido mamario. Sus efectos varían, y no todos tienen los mismos signos y síntomas.

La mayoría de los hombres con el síndrome producen poco o nada de esperma, pero los procedimientos de reproducción asistida pueden hacer posible que algunos hombres con esta afección tengan hijos.

- **Síndrome de Turner (X-0)**: El síndrome de Turner, es un trastorno que afecta solamente a las personas de sexo femenino, se produce cuando falta un cromosoma X (cromosoma sexual) de forma total o parcial. El síndrome de Turner puede causar una variedad de problemas médicos y de desarrollo, como baja estatura, la falta de desarrollo de los ovarios y defectos cardíacos.

Se puede diagnosticar antes del nacimiento (prenatalmente), durante la infancia o en la primera infancia. A veces, el diagnóstico se demora hasta la adolescencia o los primeros años de la edad adulta en las personas de sexo femenino que tienen signos y síntomas leves del síndrome. Las niñas y mujeres con el síndrome necesitan atención médica constante de varios especialistas. Los

controles regulares y una atención médica adecuada pueden ayudar a la mayoría de las niñas y mujeres a vivir vidas sanas e independientes.

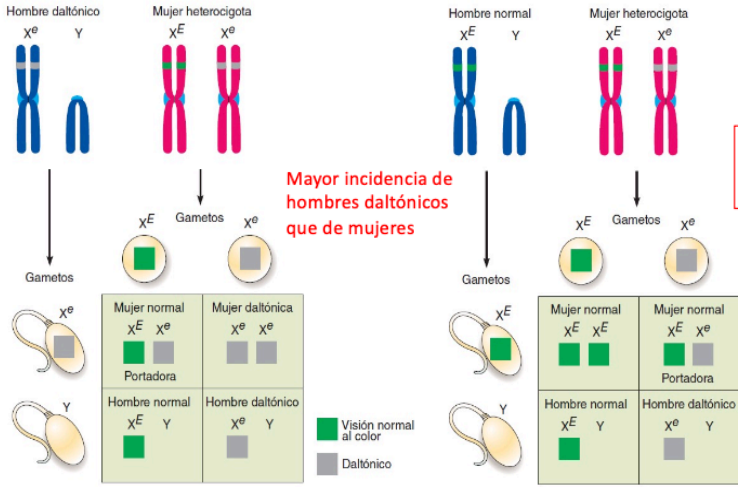


❖ **Cromosomas X e Y**

- Los cromosomas **X e Y** no son completamente homólogos en tamaño y forma, pero comparten ciertas regiones homólogas necesarias para el apareamiento durante la meiosis.
- La proporción de **hombres y mujeres** en una población es aproximadamente **1:1**.

❖ **Genes ligados al sexo**

- Estos genes están presentes en el **cromosoma X** e incluyen características como la **percepción del color** y la **coagulación de la sangre**.
- Las mujeres tienen dos cromosomas **X** (XX), mientras que los hombres tienen **XY**.
- En las mujeres, los alelos de estos genes siguen las reglas dominantes y recesivas.
- En los hombres, al tener solo un **cromosoma X**, los genes ligados al sexo siempre se expresan, sean dominantes o recesivos. Esto se denomina **hemicigosis**.



INACTIVACIÓN DEL CROMOSOMA X

En las células de organismos con un sistema XX (como las hembras de mamíferos) se produce una inactivación del cromosoma X.

❖ **Cigoto con dos cromosomas X**

- El cigoto y las primeras células embrionarias tienen **dos cromosomas X** (uno heredado del padre y otro de la madre).

❖ **Inactivación aleatoria del cromosoma X**

- Durante el **desarrollo embrionario temprano**, ocurre una **inactivación aleatoria** de uno de los cromosomas X en cada célula.
- Aproximadamente la mitad de las células inactivan el cromosoma X materno, mientras que la otra mitad inactiva el cromosoma X paterno.

❖ **Compensación de Dosis**

- Para igualar la expresión génica entre hombres y mujeres, existen mecanismos de compensación de dosis:
- **Insectos**: El cromosoma X de los machos se vuelve **hiperactivo**.
- **Mamíferos**: Uno de los cromosomas X de la hembra se inactiva aleatoriamente, formando el **corpusculo de Barr**, se observa en el núcleo como una **mancha densa.**



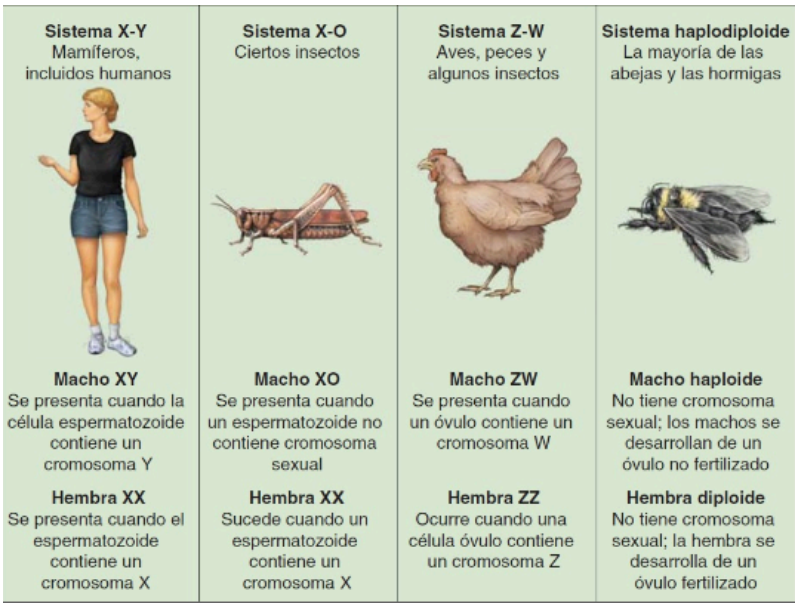
❖ **Persistencia de la inactivación**

- La inactivación del cromosoma X se mantiene en las células hijas tras las sucesivas divisiones mitóticas.
- Esto genera **mosaicos genéticos** en el organismo adulto: algunas células expresan los genes del cromosoma X materno y otras los del cromosoma X paterno.

Ejemplo clásico: Un ejemplo de este fenómeno es el **color del pelaje en gatos**: en los gatos tricolores o de "concha de tortuga", las manchas de diferentes colores son producto de la inactivación diferencial del cromosoma X en distintas células.

Conclusión: La inactivación del cromosoma X es un mecanismo de **compensación de dosis genética** que asegura que las hembras tengan un nivel de expresión génica equivalente al de los machos (quienes solo tienen un cromosoma X). Este proceso es crucial para el desarrollo normal y la prevención de desequilibrios en la expresión de genes ligados al sexo.

DIFERENTES SISTEMAS DE DETERMINACIÓN DEL SEXO EN DISTINTOS ORGANISMOS



❖ **Sistema X-Y (mamíferos, incluidos humanos)**

- **Macho (XY)**: Se forma cuando el espermatozoide aporta un cromosoma Y.
- **Hembra (XX)**: Se forma cuando el espermatozoide aporta un cromosoma X.

❖ **Sistema X-O (ciertos insectos como saltamontes)**

- **Macho (X)**: Se presenta cuando el espermatozoide no aporta ningún cromosoma sexual.
- **Hembra (XX)**: Ocurre cuando el espermatozoide aporta un cromosoma X.

❖ **Sistema Z-W (aves, peces y algunos insectos)**

- **Macho (ZZ)**: Homogamético, ya que tiene dos cromosomas Z.
- **Hembra (ZW)**: Heterogamética, ya que posee un cromosoma Z y uno W.

En este sistema, el sexo lo determina el óvulo en lugar del espermatozoide.

❖ **Sistema haplodiploide (insectos sociales como abejas, avispas y hormigas)**

- **Macho (haploide)**: Surge de un óvulo no fertilizado y, por tanto, tiene la mitad de los cromosomas.
- **Hembra (diploide)**: Proviene de un óvulo fertilizado y tiene el conjunto completo de cromosomas.

Conclusión: Los sistemas de determinación del sexo varían entre los diferentes grupos de organismos, mostrando distintas estrategias evolutivas para controlar la proporción de sexos en las poblaciones.

❖ **Fenómeno de Variegación**

- La **variegación** es la expresión de **colores múltiples** en el fenotipo debido a la inactivación aleatoria del cromosoma X en las células.

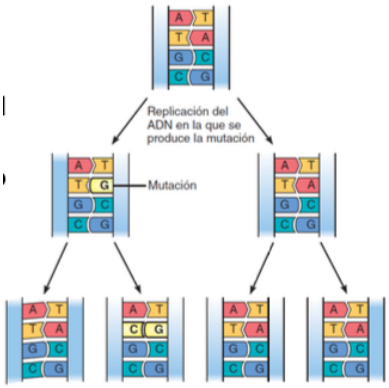
MUTACIONES:



❖ **Definición y Origen**

- Una **mutación** es un cambio aleatorio en la secuencia de nucleótidos del ADN.
- Puede o no afectar al fenotipo.
- Puede ser heredable o no.

❖ **Causas de Mutaciones:** Ocurren durante la **replicación del ADN** y son una fuente clave de **variabilidad genética** tanto en organismos con reproducción sexual como asexual.



❖ **Recombinación Genética:** Durante la **meiosis**, la recombinación del ADN da lugar a **nuevas combinaciones de genes** preexistentes. Las mutaciones generan **nuevos genes** que pueden proporcionar ventajas adaptativas, como **genes de resistencia** frente a ataques bióticos o abióticos.

Conclusión: La herencia ligada al sexo y las mutaciones son procesos fundamentales para la evolución y la diversidad genética. La inactivación del cromosoma X y los mecanismos de compensación de dosis aseguran un equilibrio en la expresión de genes ligados al sexo, mientras que las mutaciones introducen variaciones esenciales para la adaptación de las especies.

TEMA 6. EL ADN, PORTADOR DE LA INFORMACIÓN GENÉTICA

INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

- A partir del **redescubrimiento de Mendel en 1900**, los científicos comenzaron a investigar de qué estaba compuesto el material hereditario y cómo funcionaba.
- Los genes son **estables** generación tras generación, pero pueden experimentar **mutaciones** ocasionales, lo que aporta variabilidad genética.

TEORÍAS INICIALES SOBRE LA NATURALEZA DE LOS GENES

- En la década de 1930, muchos científicos creían que los genes estaban compuestos de **proteínas**, debido a su complejidad estructural y diversidad de funciones.
- Sin embargo, los experimentos realizados por **Griffith** y otros demostraron que esta hipótesis era incorrecta.

AVANCE CLAVE

El descubrimiento de Griffith refutó la idea de que las proteínas eran el material hereditario y abrió camino a la investigación del ADN como la molécula clave.

Veamos en que consistieron estos experimentos de Griffith:

DESCUBRIMIENTO DE LA TRANSFORMACIÓN

1. Organismo modelo: Neumococo

→ Se utilizó la bacteria **Streptococcus pneumoniae**, que presenta dos cepas:

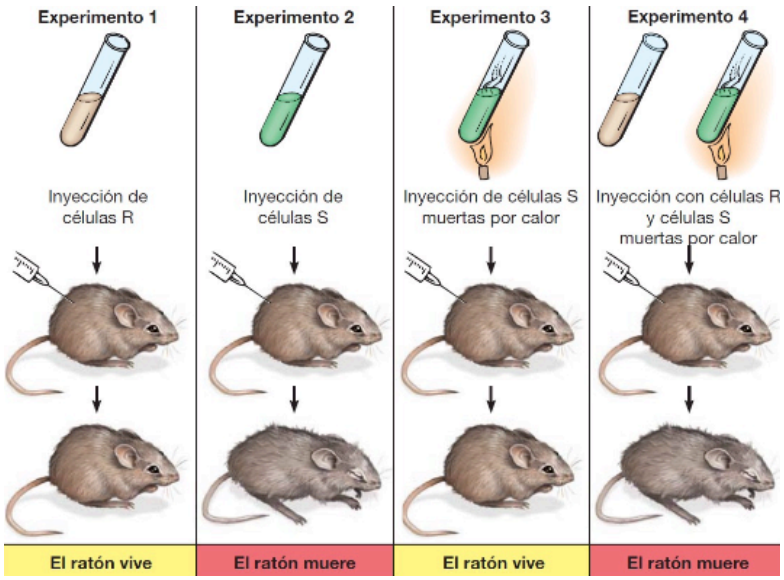
- **Células R (cepa avirulenta)**: No causan enfermedad.
- **Células S (cepa virulenta)**: Causan enfermedad debido a una cápsula protectora.

2. Observaciones clave:

Griffith demostró que:

- Al mezclar **células S muertas** por calor con **células R vivas**, estas últimas adquirían la capacidad de causar enfermedad.
- Este fenómeno se denominó **transformación**: algo en las células S muertas se transmitía a las células R vivas, confiriéndoles virulencia.

Esta imagen representa el **experimento de Griffith** llevado a cabo en 1928, que fue clave para descubrir el fenómeno de la **transformación genética**. Aquí tenemos una explicación detallada:



Explicación previa:

Se denomina **cápsula** a la **estructura gelatinosa o viscosa** que rodea la pared celular de algunas bacterias.

❖ **Descripción de las cepas bacterianas:**

- Las **células R** son una **cepa avirulenta** ya que no tienen **cápsula**, por lo tanto, no son virulentas y no causan enfermedad.
- Las **Células S** son **cepa virulenta** porque poseen una **cápsula** protectora que las hace virulentas, causando enfermedad.

→ **Veamos ahora el resultado de los experimentos:**

Experimento 1: Inyección de células R

- Las células R (no virulentas) se inyectan en el ratón.
- Resultado: **El ratón vive**, porque las células R no pueden causar enfermedad.

Experimento 2: Inyección de células S

- Las células S (virulentas) se inyectan en el ratón.
- Resultado: **El ratón muere**, porque las células S causan neumonía.

Experimento 3: Inyección de células S muertas por calor

- Las células S se matan por calor y se inyectan en el ratón.
- Resultado: **El ratón vive**, ya que las bacterias muertas no pueden causar enfermedad.

Experimento 4: Inyección de células S muertas y células R vivas

- Se mezclan células S muertas por calor con células R vivas y se inyectan en el ratón.
- Resultado: **El ratón muere**, y en su sangre se encuentran células S vivas.

Explicación: Las células R avirulentas absorbieron algo de las células S muertas, transformándose en virulentas.

Conclusión del experimento de Griffith

- Algo en las células S muertas fue capaz de transferir información genética a las células R vivas, haciéndolas virulentas.
- Este "algo" fue identificado posteriormente como el **ADN** (por Avery, MacLeod y McCarty en 1944).

Conclusión: El experimento de Griffith fue fundamental para demostrar que el material genético puede ser transferido entre organismos, allanando el camino para descubrir que el ADN es el portador de la información genética.

IDENTIFICACIÓN DEL ADN COMO EL MATERIAL GENÉTICO

Experimento de Avery, MacLeod y McCarty (1944): Tras el descubrimiento de Griffith sobre la transformación, en 1944 se demostró que el **factor de transformación** era el **ADN**.

→ **Procedimiento:**

Lisis celular: Las células se descompusieron para aislar sus componentes principales:

- **Lípidos.**
- **Polisacáridos.**
- **Proteínas.**
- **Ácidos nucleicos (ADN y ARN).**

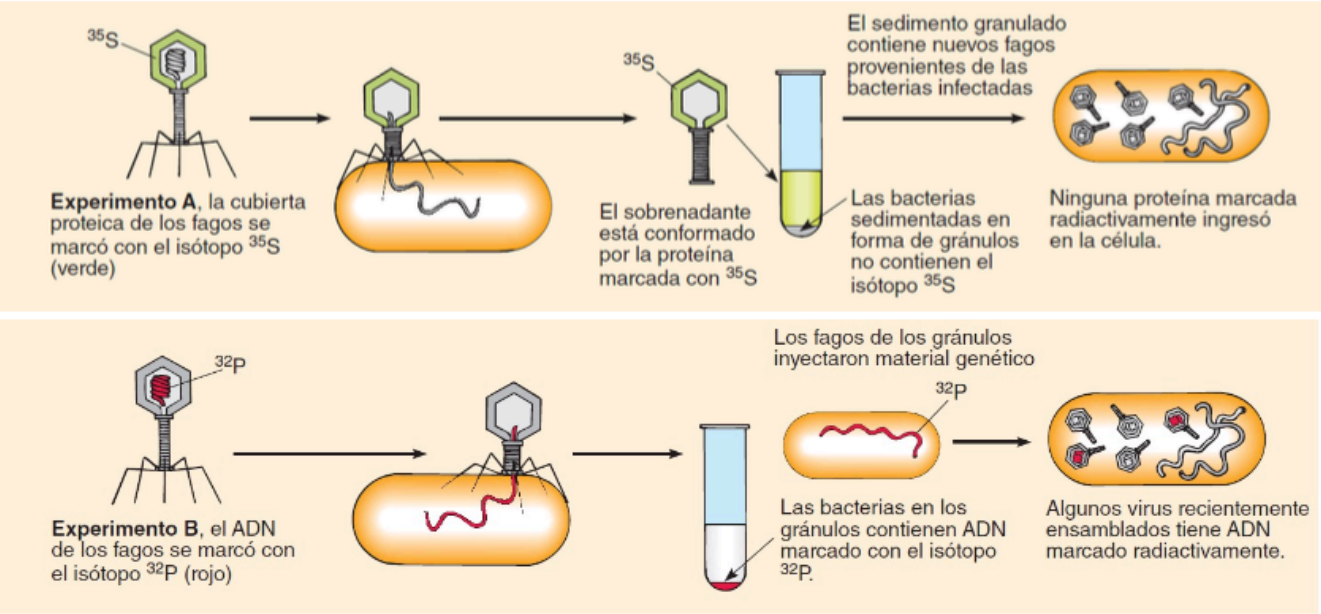
→ **Ensayos de transformación:**

- Cada componente se probó por separado en células vivas avirulentas (R).
- Solo los **ácidos nucleicos (ADN)** indujeron la transformación, convirtiendo las células R en virulentas (S).

Resistencia inicial de la comunidad científica: Aunque este hallazgo era revolucionario, muchos científicos eran escépticos debido a la creencia generalizada de que las proteínas, con su mayor complejidad, debían ser el material hereditario.

Conclusión: El trabajo de Avery, MacLeod y McCarty consolidó al ADN como el portador de la información genética, sentando las bases para investigaciones posteriores como las de Hershey y Chase y la estructura del ADN por Watson y Crick.

EXPERIMENTO DE HERSHEY Y CHASE (1952)



Esta imagen describe el **experimento de Hershey y Chase** (1952), que confirmó que el ADN es el material genético, utilizando bacteriófagos marcados radiactivamente.

Parte superior: Experimento A (Proteínas marcadas con ^{35}S)

1. **Marcaje radiactivo**:
   - La **cubierta proteica** de los bacteriófagos se marcó con **azufre-35 (^{35}S)**, ya que las proteínas contienen azufre, pero el ADN no.
2. **Infección bacteriana**:
   - Los fagos infectaron bacterias, inyectando su material genético.
3. **Separación**:
   - Se usó un homogeneizador para separar las cápsides proteicas de las bacterias infectadas.
   - Después, se centrifugó la mezcla:
   - **Sobrenadante (líquido superior)**: Contenía las cápsides proteicas, que permanecieron fuera de las bacterias.
   - **Pellet (sedimento en el fondo)**: Contenía las bacterias infectadas.
4. **Resultados**:
   - La radiactividad del ^{35}S se encontró únicamente en el sobrenadante, lo que demostró que las proteínas **no ingresaron** a las bacterias ni participaron en la transmisión genética.

Parte inferior: Experimento B (ADN marcado con ^{32}P)

1. **Marcaje radiactivo**:
   - El **ADN** de los bacteriófagos se marcó con **fósforo-32 (^{32}P)**, ya que el ADN contiene fósforo (en los grupos fosfato), mientras que las proteínas no.
2. **Infección bacteriana**:
   - Los fagos infectaron bacterias, inyectando su material genético.
3. **Separación**:
   - Se usó el mismo procedimiento de centrifugación para separar las cápsides de las bacterias.

Resultados:

- La radiactividad del ^{32}P se encontró en el **pellet** (bacterias infectadas), demostrando que el ADN había ingresado a las bacterias y era responsable de transmitir la información genética.

Conclusión

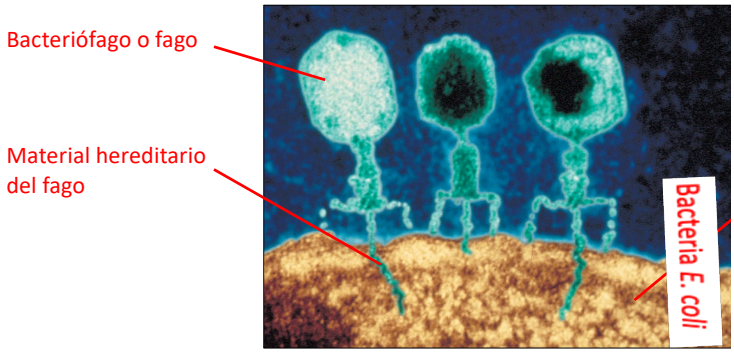
- El experimento demostró que el **ADN** es el material genético que los bacteriófagos transfieren a las bacterias para reproducirse.
- Las **proteínas** permanecen en el exterior y no participan en la transmisión de la información genética.

Impacto del experimento: Este trabajo fue clave para confirmar que el ADN es la molécula portadora de la información genética en todos los organismos, marcando un antes y un después en la biología molecular.

---

1. Contexto

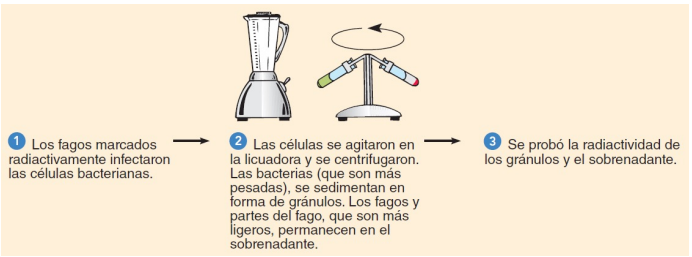
- **Organismo modelo**: Bacteriófagos (virus que infectan bacterias).
- Los bacteriófagos están compuestos únicamente de **proteínas** (en la cápside externa) y **ADN** (dentro de la cápside).
- Infectan bacterias como **E. coli** al inyectar su material genético.



2. Hipótesis: Hershey y Chase querían determinar si el material hereditario inyectado por los bacteriófagos en las bacterias era el **ADN** o las **proteínas**.

3. Diseño del experimento

1. **Marcaje radiactivo de componentes del fago**:
   - **Proteínas**: Marcadas con isótopo radiactivo de **azufre-35 (^{35}S)**, ya que las proteínas contienen azufre (en los aminoácidos cisteína y metionina) pero el ADN no.
   - **ADN**: Marcado con isótopo radiactivo de **fósforo-32 (^{32}P)**, porque el fósforo está presente en los ácidos nucleicos pero no en las proteínas.
2. **Infección de bacterias**:
   - Se infectaron bacterias **E. coli** con los fagos marcados radiactivamente.
3. **Separación de las cápsides y el contenido interno**:
   - Utilizaron un **homogeneizador** para separar las cápsides de los fagos de las bacterias.
   - Después, centrifugaron la mezcla:
   - Las bacterias formaron un **pellet** (al fondo del tubo).
   - Las cápsides virales quedaron en el **sobrenadante** (líquido superior).



4. **Medición de la radiactividad**:
   - Si la radiactividad del **^{32}P (ADN)** estaba en el pellet, significaría que el ADN es el material hereditario.
   - Si la radiactividad del **^{35}S (proteínas)** estaba en el pellet, significaría que las proteínas eran el material hereditario.

4. Resultados

- En el **pellet (interior de las bacterias)**, se encontró radiactividad del **^{32}P (ADN)**.
- En el **sobrenadante (cápsides separadas)**, se encontró radiactividad del **^{35}S (proteínas)**.

5. Conclusión: El experimento demostró que:

- El **ADN** es el material hereditario que los bacteriófagos inyectan en las bacterias para producir nuevas partículas virales.
- Las **proteínas** no tienen función directa en la herencia.

ESTRUCTURA DEL ADN: BASES PARA SU DESCUBRIMIENTO

1. Composición molecular del ADN (descubierta por Erwin Chargaff en 1949)

El ADN está compuesto por unidades básicas llamadas **nucleótidos**, cada uno con tres componentes principales:

- **Desoxirribosa**: Un azúcar de cinco átomos de carbono (pentosa).
- **Grupo fosfato**: Confiere una carga negativa al ADN y forma la columna vertebral del polímero.
- **Bases nitrogenadas**: Hay cuatro tipos, divididas en dos grupos:
- **Purinas**: Adenina (A) y Guanina (G).
- **Pirimidinas**: Timina (T) y Citosina (C).

2. Reglas de Chargaff

Erwin Chargaff descubrió proporciones específicas entre las bases nitrogenadas, conocidas como las **reglas de Chargaff**:

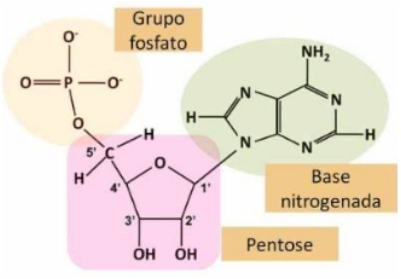
- La cantidad de **Adenina (A)** es igual a la de **Timina (T)**.
- La cantidad de **Guanina (G)** es igual a la de **Citosina (C)**.
- Relación entre purinas y pirimidinas: $A + G = T + C$

Adenina Timina Guanina Citosina

	Porcentaje de bases de ADN				Proporciones	
Fuente de ADN	A	T	G	C	A/T	G/C
E. coli	26.1	23.9	24.9	25.1	1.09	0.99
Levadura	31.3	32.9	18.7	17.1	0.95	1.09
Esperma de erizo de mar	32.5	31.8	17.5	18.2	1.02	0.96
Esperma de arenque	27.8	27.5	22.2	22.6	1.01	0.98
Hígado humano	30.3	30.3	19.5	19.9	1.00	0.98
Maíz (*Zea mays*)	25.6	25.3	24.5	24.6	1.01	1.00

Estas reglas fueron fundamentales para deducir el apareamiento de bases en la doble hélice del ADN.

3. Estructura tridimensional del ADN (1953)



Aunque las evidencias acumuladas señalaban al ADN como el portador de la información genética, esto no fue aceptado completamente hasta que Watson y Crick describieron su estructura en 1953. Utilizaron:

- **Datos experimentales de difracción de rayos X** obtenidos por Rosalind Franklin y Maurice Wilkins.
- Las proporciones de las bases descritas por Chargaff.

Conclusión: El descubrimiento de la composición y estructura del ADN permitió entender cómo esta molécula almacena, copia y transmite la información genética. Esto marcó el inicio de la biología molecular moderna.


Maurice Wilkins (1916-2004)


Rosalind Franklin (1920-1958)


James Watson (1928-)


Francis Crick (1916-2004)

Estas son las personas involucradas en todos estos descubrimientos sobre la estructura del ADN, especialmente Rosalind Franklin, Watson y Crick.

1. Contexto del descubrimiento

- **Años 50**: James Watson y Francis Crick trabajaban en el Laboratorio Cavendish (Universidad de Cambridge), mientras Maurice Wilkins y Rosalind Franklin investigaban en el Colegio King de Londres.
- Watson y Crick reconocieron que determinar la estructura del ADN era crucial para entender cómo esta molécula almacena y transmite la información genética.

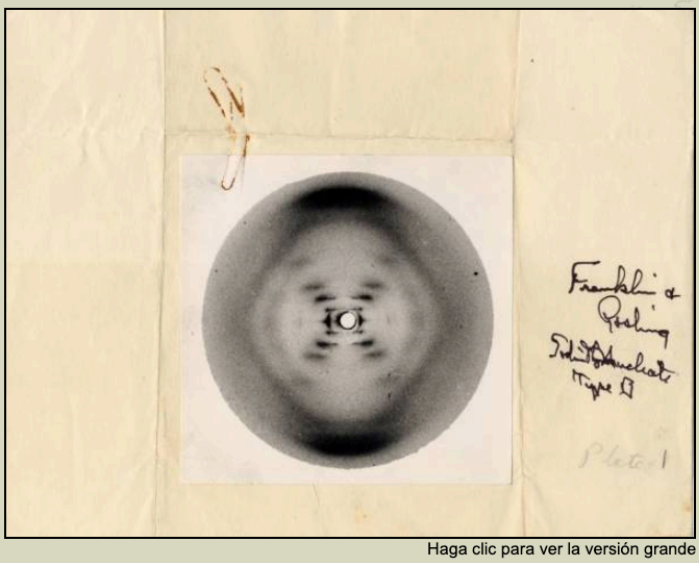
2. Rosalind Franklin y las imágenes de difracción de rayos X

- Rosalind Franklin produjo las **mejores imágenes de rayos X** del ADN disponibles en ese momento. Estas imágenes revelaban que el ADN tenía una **estructura helicoidal**.
- Franklin trabajaba de manera independiente y era cuidadosa al compartir sus datos, pues quería asegurarse de que sus resultados fueran rigurosos.

3. Uso no autorizado de las imágenes

- En 1953, Maurice Wilkins mostró las imágenes de Franklin (en especial la famosa "Fotografía 51") a Watson y Crick **sin su consentimiento**.
- Basándose en estas imágenes y las reglas de Chargaff, Watson y Crick construyeron un modelo tridimensional del ADN como una **doble hélice**.
- Ese mismo año, publicaron su modelo en la revista *Nature*, lo que marcó un hito en la biología molecular.

Fotografía cristalográfica de timonucleato de sodio, tipo B. "Foto 51". Mayo de 1952.



Haga clic para ver la versión grande

Original conservado en los documentos de Ava Helen y Linus Pauling.

Creador: Rosalind Franklin, Raymond G. Gosling

4. Premios y reconocimiento

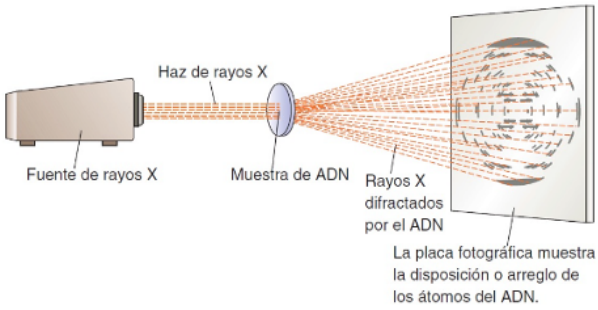
- Rosalind Franklin falleció en 1958 debido a un cáncer de ovarios, antes de que el impacto de su trabajo fuera completamente reconocido.
- En 1962, Watson, Crick y Wilkins recibieron el **Premio Nobel de Fisiología o Medicina** por el descubrimiento de la estructura del ADN. Franklin no fue incluida debido a su fallecimiento (los Nobel no se otorgan póstumamente).

5. Confirmación del modelo

- Aunque el modelo de Watson y Crick fue revolucionario, no se confirmó experimentalmente hasta la década de los 80, cuando se comprendió completamente cómo el ADN se replica y transmite información.

1. Difracción de Rayos X: Rosalind Franklin y la "Fotografía 51"

Rosalind Franklin utilizó la técnica de **difracción de rayos X** para analizar la estructura del ADN.



- **Fuente de rayos X**: Genera un haz de rayos X que incide sobre una muestra de ADN cristalizado.
- **Interacción con el ADN**: Los rayos X son difractados al interactuar con los átomos del ADN.
- **Placa fotográfica**: Captura los patrones de difracción, que representan la disposición espacial de los átomos en la molécula de ADN.

El resultado de este análisis fue un patrón de **forma helicoidal**, que Franklin interpretó como evidencia de la estructura de doble hélice del ADN.

<u>ESTA ES LA ESTRUCTURA DEL ADN QUE DESCUBRIÓ:</u>

A. Doble hélice

- El ADN está formado por **dos cadenas de nucleótidos** dispuestas en forma de doble hélice.

B. Emparejamiento de bases nitrogenadas conectadas mediante puentes de hidrógeno

- **Adenina (A) - Timina (T)**: Unidos por **dos puentes de hidrógeno**.
- **Guanina (G) - Citosina (C)**: Unidos por **tres puentes de hidrógeno**.

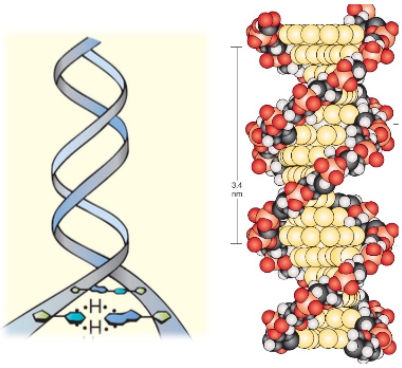
Este emparejamiento específico es lo que permite la complementariedad entre las cadenas.

C. Antiparalelismo

- Las dos cadenas del ADN son **antiparalelas**, es decir, corren en direcciones opuestas:
- Una cadena tiene su extremo **3' (-OH)** en un lado y su extremo **5' (grupo fosfato)** en el otro.
- La otra cadena está orientada de manera inversa.

<u>ESTA ES LA MÓLECULA DEL ADN EN LA GENÉTICA MODERNA:</u>

1. Doble hélice

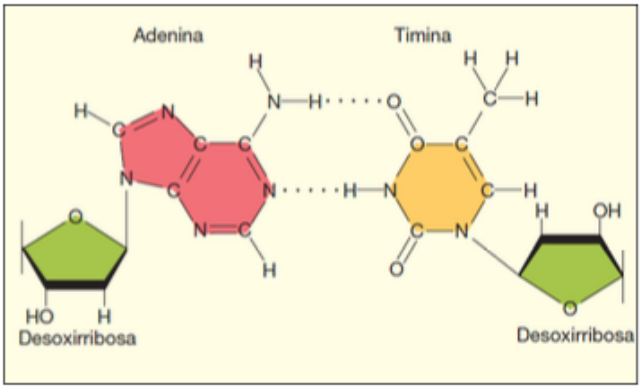


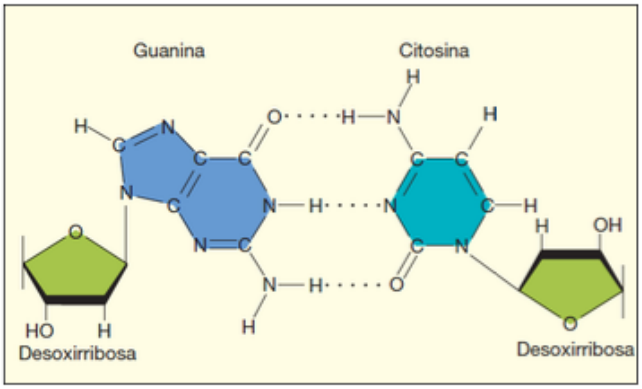
- El ADN consiste en **dos cadenas de nucleótidos** dispuestas en una estructura helicoidal.
- Estas cadenas son complementarias y se mantienen juntas mediante enlaces entre las bases nitrogenadas.

2. Bases nitrogenadas y enlaces de hidrógeno

- Las bases nitrogenadas de los nucleótidos se emparejan según la regla de **complementariedad**:
- **Adenina (A)** se une con **Timina (T)** mediante **dos enlaces de hidrógeno**.
- **Guanina (G)** se une con **Citosina (C)** mediante **tres enlaces de hidrógeno**.

- Esta especificidad asegura la estabilidad de la molécula y su capacidad para almacenar información genética de forma precisa.

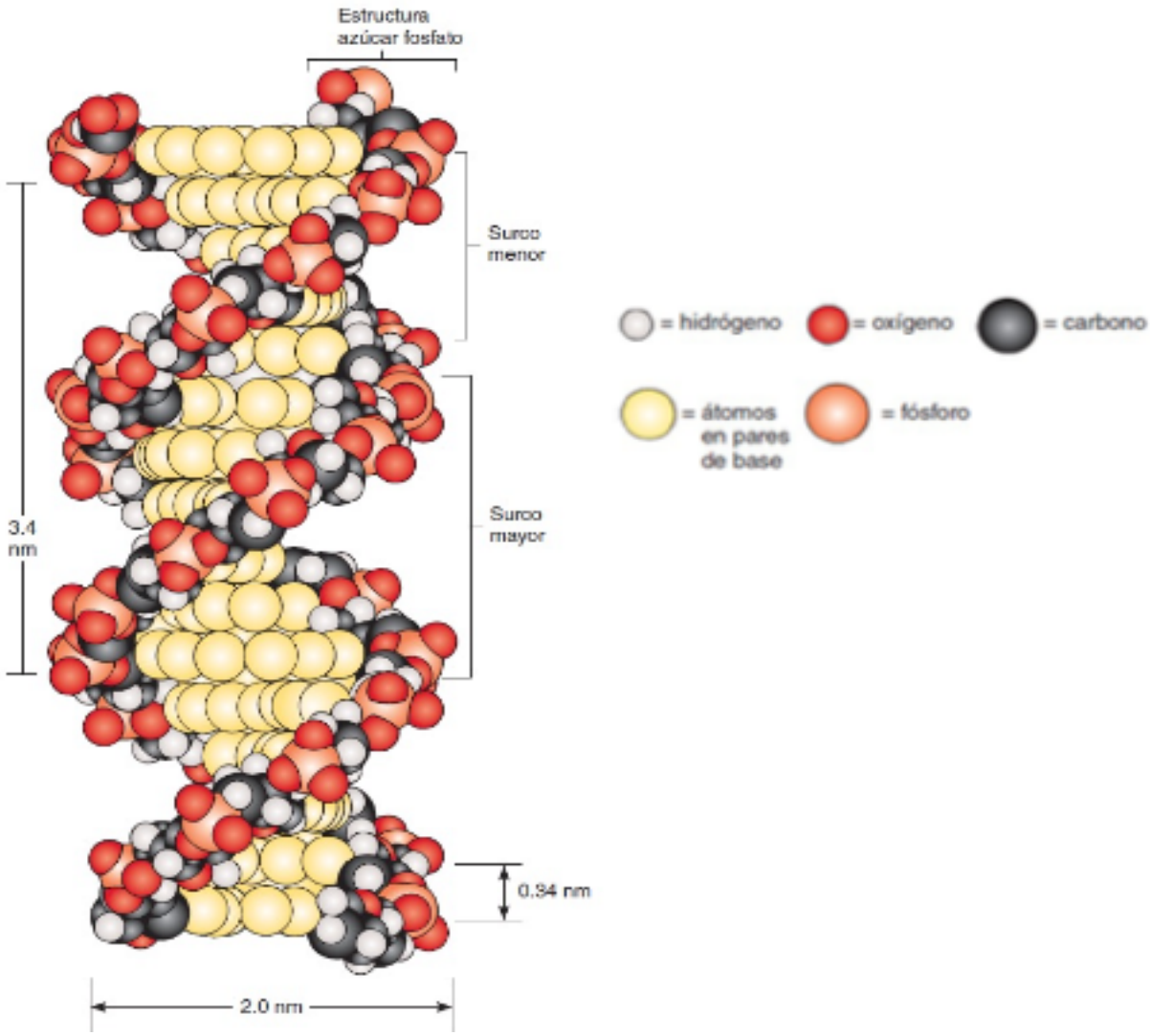




3. Cadenas antiparalelas

- Las dos cadenas del ADN tienen **orientaciones opuestas**:
- Una cadena va en dirección **5' a 3'** (grupo fosfato en el extremo 5', y grupo hidroxilo en el extremo 3').
- La otra cadena va en dirección opuesta (**3' a 5'**).
- Este antiparalelismo es esencial para procesos como la **replicación del ADN**, ya que las enzimas como la ADN polimerasa solo pueden trabajar en una dirección (5' → 3').

ESTRUCTURA MOLECULAR DE LA DOBLE HÉLICE DEL ADN



1. Características generales de la doble hélice

- **Forma helicoidal**: El ADN tiene dos cadenas enrolladas en espiral alrededor de un eje común.
- **Dimensiones clave**:
- **Diámetro de la hélice**: 2.0 nm, que corresponde a la distancia entre las dos cadenas.
- **Paso de hélice**: Cada vuelta completa de la hélice mide **3.4 nm** e incluye **10 pares de bases**.
- **Distancia entre pares de bases**: 0.34 nm.
- **Surcos mayor y menor**:
- El ADN tiene un **surco mayor** y un **surco menor**, que son zonas donde las proteínas y otras moléculas pueden interactuar con las bases nitrogenadas.

2. Componentes del ADN

- **Estructura azúcar-fosfato**:
- Las columnas exteriores de la hélice están formadas por una **columna vertebral de azúcar (desoxirribosa)** y **grupos fosfato**, que le confieren estabilidad y una carga negativa.
- **Bases nitrogenadas**:
- Están orientadas hacia el interior de la hélice.
- Se unen entre sí mediante **puentes de hidrógeno** para formar los pares complementarios (**A-T** y **G-C**).

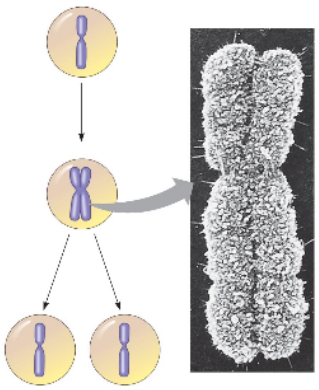
3. Código de colores en la imagen

- **Hidrógeno (blanco)**.
- **Oxígeno (rojo)**.
- **Carbono (negro)**.
- **Fósforo (naranja)**: Representa los grupos fosfato que forman parte de la columna vertebral.
- **Átomos de las bases nitrogenadas (amarillo)**.

4. Importancia funcional

- La doble hélice y su estructura compacta:
- **Protege el material genético**.
- Permite **almacenar grandes cantidades de información** en un espacio pequeño.
- Facilita la **replicación precisa** y la transmisión de información genética.

Conclusión: La doble hélice del ADN, con sus cadenas complementarias y antiparalelas, es una estructura perfectamente adaptada para cumplir su función como portador de la información genética, además de ello, permite que esta molécula sea estable, flexible y capaz de replicarse con precisión. Sus dimensiones precisas, la complementariedad de las bases y la organización en surcos permiten interacciones clave con proteínas y enzimas responsables de procesos biológicos como la replicación y transcripción. Estos principios son fundamentales para entender cómo funciona la transmisión de la información genética.



REPLICACIÓN DEL ADN: PROCESO Y MODELOS

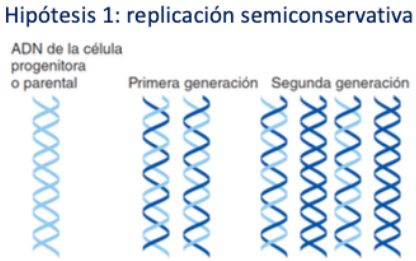
1. Introducción al proceso de replicación del ADN: La **replicación del ADN** es el proceso mediante el cual el ADN se copia para asegurar que cada célula hija reciba una copia completa y exacta del material genético tras la división celular. Este proceso es esencial para la herencia genética y se basa en la estructura de doble hélice del ADN.

2. Replicación semiconservativa: El modelo aceptado para la replicación del ADN es el **modelo semiconservativo**, que implica los siguientes pasos clave:

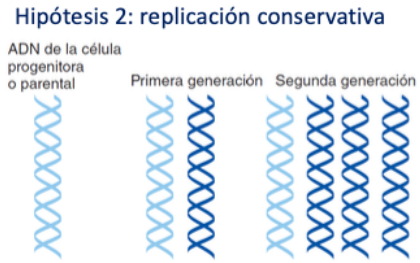
- **Separación de las cadenas**: Los enlaces de hidrógeno entre las bases complementarias (A-T y G-C) se rompen, separando las dos cadenas del ADN.
- **Cadenas como plantillas**: Cada cadena original sirve como plantilla para la síntesis de una nueva cadena complementaria.
- **Resultado final**: Cada molécula de ADN hija contiene:
- Una cadena de la molécula original (progenitora).
- Una cadena recién sintetizada.

Esto asegura que cada célula hija reciba una copia exacta del ADN.

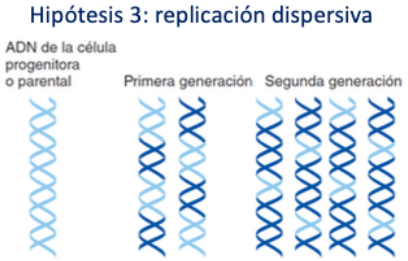
3. Modelos propuestos para la replicación del ADN: Se reivindicaron tres hipótesis iniciales para explicar cómo se replicaba el ADN:



Hipótesis 1: Replicación semiconservativa (modelo aceptado): Cada molécula de ADN hija contiene una cadena original y una cadena nueva. Confirmada por el experimento de Meselson y Stahl.



Hipótesis 2: Replicación conservativa: La molécula original de ADN permanece intacta y se forma una nueva molécula completa. Este modelo fue descartado.

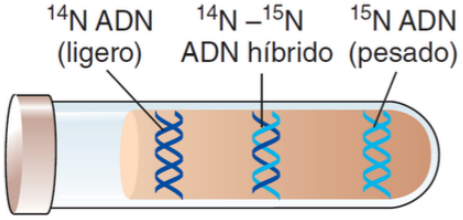


Hipótesis 3: Replicación dispersiva: Las cadenas de ADN original y nuevo se mezclan de manera aleatoria, formando segmentos híbridos. También fue descartado.

4. Importancia del modelo semiconservativo. Este modelo explica cómo se mantiene la fidelidad del material genético durante la división celular, permitiendo que las características genéticas se transmitan de una generación a otra con alta precisión.

EXPERIMENTO DE MESELSON Y STAHL (1958)

El experimento de Meselson y Stahl fue diseñado para determinar cómo se replica el ADN y confirmar en base a un organismo modelo "*Escherichia coli*" ya que es una bacteria fácil de manipular y rápida para crecer en cultivos, cuál de las tres hipótesis propuestas (semiconservativa, conservativa o dispersiva) era la correcta.



1. Diseño del experimento

1. **Cultivo inicial con nitrógeno pesado (^{15}N):**

Se cultivaron las bacterias en un medio que contenía **nitrógeno pesado (^{15}N)** en forma de cloruro de amonio. Este nitrógeno se incorporó al ADN, aumentando su densidad.

2. **Extracción y centrifugación del ADN:** Después de varios ciclos de crecimiento, se extrajo ADN de las bacterias. Se centrifugó en un gradiente de densidad (cloruro de cesio), comprobando que el ADN tenía **alta densidad** debido al ^{15}N.

3. **Transferencia a medio con nitrógeno ligero (^{14}N):** El resto de las bacterias se transfirieron a un medio con **nitrógeno ligero (^{14}N)** y se dejó que pasaran por una división celular.

4. **Análisis tras una división celular:** Se extrajo y centrifugó ADN de las bacterias hijas. El ADN resultante tenía una **densidad intermedia**, indicando que contenía una cadena con ^{15}N (original) y una cadena con ^{14}N (nueva).

5. **Análisis tras dos divisiones celulares:** Se observó ADN de **dos densidades**:
   - Una banda intermedia (ADN híbrido: una cadena ^{15}N y una cadena ^{14}N).
   - Una banda ligera (ADN completamente nuevo: ambas cadenas con ^{14}N).

2. Resultados clave

- **Primera división celular**: ADN híbrido (densidad intermedia), confirmando que cada molécula hija retiene una cadena original.
- **Segunda división celular**: Mezcla de ADN híbrido e íntegramente nuevo, lo que descarta los modelos conservativo y dispersivo.

3. Conclusión: El experimento de Meselson y Stahl confirmó que la replicación del ADN es **semiconservativa**, es decir, cada molécula de ADN hija conserva una de las cadenas originales de la molécula progenitora y sintetiza una nueva cadena complementaria.

Impacto: Este experimento es considerado uno de los más elegantes y definitivos en la biología molecular, validando un mecanismo que asegura la precisión en la transmisión de información genética durante la división celular.

EXPLICACIÓN EN DETALLE DE LA REPLICACIÓN SEMICONSERVATIVA DEL ADN

La **replicación semiconservativa** es el proceso mediante el cual se duplica la molécula de ADN antes de la división celular, garantizando que cada célula hija reciba una copia exacta del material genético. Esto es en profundidad cada paso y detalle:

1. PRINCIPIO DE LA REPLICACIÓN

→ Durante la replicación:

- Cada cadena de la doble hélice original actúa como **plantilla** para la síntesis de una nueva cadena complementaria.

→ Al final del proceso, cada nueva molécula de ADN contiene:

- Una **cadena original (progenitora)**.
- Una **cadena nueva (recién sintetizada)**.

2. FASES DEL PROCESO DE REPLICACIÓN

A. Inicio (origen de replicación)

1. **Reconocimiento del origen**:
   - La replicación comienza en regiones específicas llamadas **orígenes de replicación**.
   - En procariotas, hay un único origen. En eucariotas, hay múltiples orígenes por cromosoma.
2. **Separación de cadenas (desenrollamiento)**:
   - Enzimas como la **helicasa** rompen los **enlaces de hidrógeno** entre las bases complementarias (A-T, G-C), separando las dos cadenas y formando una **burbuja de replicación**.

3. **Prevención de re-enrollamiento**:
   - Las **proteínas de unión a cadena sencilla (SSB)** estabilizan las cadenas separadas, evitando que vuelvan a unirse.

B. Elongación (síntesis de nuevas cadenas)

1. **Preparación de las cadenas**:
   - La **primasa** sintetiza un pequeño fragmento de ARN llamado **cebador (primer)**, que proporciona un extremo 3'-OH libre necesario para iniciar la síntesis de ADN.
2. **Actividad de la ADN polimerasa**:
   - La **ADN polimerasa III** (en procariotas) o **ADN polimerasas δ/ε** (en eucariotas) añaden nucleótidos complementarios a la cadena molde, siguiendo las reglas de apareamiento de bases:
   - A-T (unión por 2 enlaces de hidrógeno).
   - G-C (unión por 3 enlaces de hidrógeno).
3. **Dirección de síntesis**:
   - La síntesis ocurre siempre en dirección **5' → 3'**:
   - En la **cadena líder (leading strand)**, la síntesis es continua.
   - En la **cadena rezagada (lagging strand)**, la síntesis es discontinua y se realiza mediante **fragmentos de Okazaki**.
4. **Eliminación de cebadores y unión de fragmentos**:
   - La **ADN polimerasa I** (en procariotas) o **RNasa H** (en eucariotas) elimina los cebadores de ARN.
   - La **ADN ligasa** une los fragmentos de Okazaki, formando una cadena continua.

C. Terminación

1. **Finalización de la replicación**:
   - En procariotas, el proceso termina en regiones específicas llamadas **secuencias terminadoras**.
   - En eucariotas, las moléculas de ADN lineales tienen **telómeros**, extremos especializados que requieren la enzima **telomerasa** para mantener su longitud.
2. **Revisión de errores (proofreading)**:
   - La ADN polimerasa verifica y corrige errores mediante su actividad **exonucleasa 3' → 5'**, garantizando la fidelidad del proceso.

3. EXPERIMENTO DE MESELSON Y STAHL: VALIDACIÓN

- Este modelo fue confirmado por el **experimento de Meselson y Stahl** en 1958:
- Cultivaron bacterias en nitrógeno pesado (^{15}N) y luego en nitrógeno ligero (^{14}N).
- La replicación semiconservativa predijo correctamente que, tras una división celular, el ADN tendría una densidad intermedia (híbrido) y, tras dos divisiones, una mezcla de ADN híbrido y ligero.

4. IMPORTANCIA DEL MODELO SEMICONSERVATIVO

- **Precisión**: Cada cadena original sirve como plantilla, reduciendo los errores durante la copia.
- **Fidelidad genética**: Garantiza que las células hijas sean genéticamente idénticas a la célula progenitora.
- **Evolución**: Los errores ocasionales (mutaciones) introducen variación genética, clave para la evolución.

5. COMPARACIÓN CON OTROS MODELOS

- **Modelo conservativo**: Predice que una molécula hija contiene ambas cadenas nuevas y la otra ambas originales (descartado).

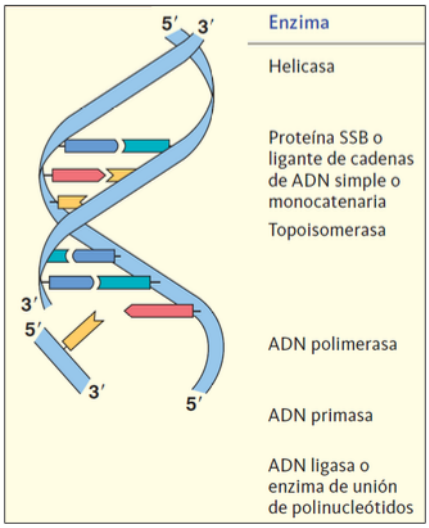
- **Modelo dispersivo**: Predice que ambas cadenas tienen segmentos mezclados de ADN nuevo y original (también descartado).

Conclusión: La replicación semiconservativa del ADN es un proceso altamente organizado y eficiente que garantiza la transmisión precisa de la información genética en cada división celular. Este modelo ha sido crucial para entender los mecanismos fundamentales de la biología molecular.

MÁS DETALLES SOBRE LAS ENZIMAS INVOLUCRADAS Y LOS MECANISMOS ESPECÍFICOS EN PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

La replicación del ADN es un proceso enzimático complejo que garantiza la copia precisa del material genético. Estos son las **enzimas clave** que participan y los **mecanismos específicos** en procariotas y eucariotas:

1. ENZIMAS CLAVE EN LA REPLICACIÓN



A. Helicasa

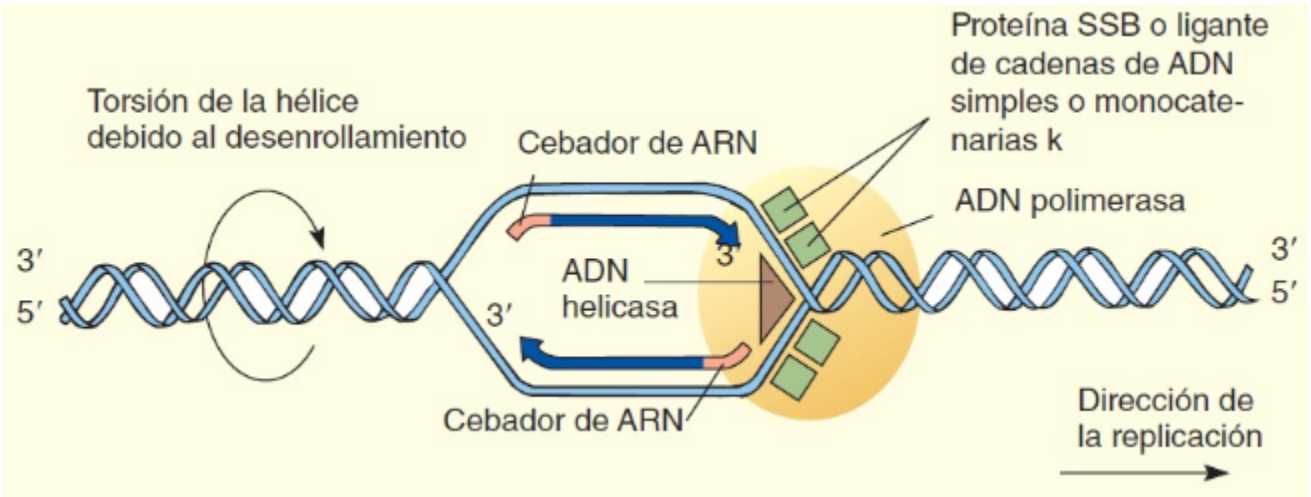
- **Función**: Desenrolla la doble hélice del ADN separando las dos cadenas mediante la ruptura de los **enlaces de hidrógeno** entre las bases complementarias.
- **Ubicación**: En el **tenedor de replicación** (región donde se separan las cadenas).
- **Relevancia**: Permite que las cadenas estén accesibles para las enzimas de síntesis.

B. Proteínas de unión a cadena sencilla (SSB, por sus siglas en inglés)

- **Función**: Estabilizan las cadenas de ADN separadas evitando que vuelvan a enrollarse o formen estructuras secundarias.
- **Importancia**: Protegen las cadenas simples y permiten que las enzimas trabajen de manera eficiente.

C. Primasa

- **Función**: Sintetiza **cebadores de ARN** (primers), que son pequeños fragmentos de ARN complementarios a la cadena molde.
- **Necesidad**: Proporciona un extremo **3'-OH** libre para que la ADN polimerasa inicie la síntesis.



D. ADN polimerasa

La ADN polimerasa es la principal enzima responsable de la **síntesis de nuevas cadenas de ADN**. Existen diferencias entre procariotas y eucariotas:

1. **En procariotas**:
- **ADN polimerasa III**:
- Principal enzima para la síntesis de ADN en ambas cadenas (líder y rezagada).
- **ADN polimerasa I**:
- Elimina los cebadores de ARN y los reemplaza con ADN.
2. **En eucariotas**:
- **ADN polimerasa α**:
- Inicia la síntesis de ADN junto con la primasa.
- **ADN polimerasa δ**:
- Sintetiza la cadena rezagada.
- **ADN polimerasa ε**:
- Sintetiza la cadena líder.

E. ADN ligasa

- **Función**: Une los **fragmentos de Okazaki** en la cadena rezagada, formando enlaces fosfodiéster para crear una cadena continua.
- **Relevancia**: Es esencial para finalizar la replicación en la cadena discontinua.

F. Topoisomerasa

- **Función**: Alivia la tensión que se genera delante de la helicasa debido al superenrollamiento del ADN.
- **Tipos**:
- **Topoisomerasa I**: Corta una hebra del ADN.
- **Topoisomerasa II (girasas en procariotas)**: Corta ambas hebras para reducir el superenrollamiento.

G. Telomerasa (solo en eucariotas)

- **Función**: Restaura los extremos de los cromosomas (telómeros), que tienden a acortarse en cada división celular.
- **Importancia**: Mantiene la longitud de los telómeros en células germinales y algunas células somáticas.

2. MECANISMOS ESPECÍFICOS

A. Cadenas líder y rezagada

- **Cadena líder**:
- Se sintetiza de manera **continua** en la dirección **5' → 3'**.
- Solo requiere un cebador.
- **Cadena rezagada**:
- Se sintetiza de manera **discontinua** en dirección **5' → 3'** (opuesta al desenrollamiento).
- Se forman **fragmentos de Okazaki**, cada uno iniciado por un cebador.

B. Inicio de la replicación

1. Reconocimiento del origen de replicación por proteínas específicas:
- **OriC** en procariotas (único origen).
- **Múltiples orígenes** en eucariotas (debido a su mayor tamaño genómico).
2. Reclutamiento de las helicasas y apertura de las cadenas de ADN.

C. Elongación

1. La **primasa** coloca los cebadores.
2. La **ADN polimerasa** sintetiza las nuevas cadenas, añadiendo nucleótidos complementarios.
3. **Revisión de errores** (proofreading):

- La ADN polimerasa elimina nucleótidos incorrectos utilizando su actividad **exonucleasa 3' → 5'**.

D. Terminación

1. En procariotas:

- La replicación termina en las **secuencias terminadoras**, donde actúan proteínas específicas.

2. En eucariotas:

- Los extremos de los cromosomas lineales (telómeros) se replican con ayuda de la **telomerasa** para evitar su acortamiento progresivo.

3. DIFERENCIAS ENTRE PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

CARACTERÍSTICA	PROCARIOTAS	EUCARIOTAS
Origen de replicación	Único (OriC)	Múltiples orígenes
Velocidad	Rápida (~1000 nucleótidos/seg)	Más lenta (~50 nucleótidos/seg)
Enzimas principales	ADN polimerasa III y I	ADN polimerasas α, δ, ε
Estructura del ADN	Circular	Lineal

4. Conclusión: El proceso de replicación del ADN, dirigido por un conjunto coordinado de enzimas, asegura la duplicación precisa del material genético. En eucariotas, el proceso es más complejo debido al tamaño del genoma y la presencia de cromosomas lineales. Si deseas, puedo explicar en detalle los roles de alguna enzima específica o los errores comunes durante la replicación.

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

https://www.youtube.com/watch?v=Mu2bJgEZtwE

MUTACIONES QUE CAUSAN PROBLEMAS Y SUS EFECTOS PERJUDICIALES

Las mutaciones son cambios en la secuencia del ADN que pueden afectar la función de los genes. No todas las mutaciones son dañinas, pero algunas pueden tener consecuencias graves o incluso mortales. A continuación, vemos los **tipos de mutaciones perjudiciales**, sus causas y cómo pueden afectar al organismo:

1. Clasificación de mutaciones dañinas

A. Según su tipo molecular

1. **Mutaciones puntuales (cambio de un solo nucleótido)**

- **Mutación sinónima**: No afecta la proteína (normalmente no es dañina).
- **Mutación de cambio de sentido (missense)**:
- Cambia un aminoácido en la proteína.
- Ejemplo: La anemia falciforme es causada por un cambio en un solo nucleótido en el gen de la hemoglobina.

- **Mutación sin sentido (nonsense)**:
- Convierte un codón normal en un codón de terminación, interrumpiendo la síntesis de proteínas.
- Ejemplo: Algunos tipos de distrofia muscular de Duchenne.

2. **Inserciones o deleciones (indels)**
- Pueden causar **desplazamientos del marco de lectura (frameshift)**, alterando toda la secuencia de aminoácidos posterior.
- Ejemplo: Fibrosis quística causada por la deleción de tres nucleótidos en el gen CFTR.

3. **Mutaciones en regiones reguladoras**
- Alteran la expresión de un gen (cuánto, cuándo o dónde se expresa).
- Ejemplo: Algunas formas de cáncer surgen por mutaciones en promotores de oncogenes o genes supresores de tumores.

B. Según el efecto en el genoma

1. **Mutaciones germinales**
- Ocurren en células reproductoras (óvulos o espermatozoides) y se transmiten a la descendencia.
- Ejemplo: Síndrome de Down, causado por una trisomía del cromosoma 21.

2. **Mutaciones somáticas**
- Ocurren en células no reproductoras y no se heredan.
- Ejemplo: Cáncer causado por mutaciones acumuladas en oncogenes (como RAS) o genes supresores de tumores (como TP53).

2. Ejemplos De Mutaciones Perjudiciales Y Sus Efectos:

MUTACIÓN	CAUSA	EFECTO	ENFERMEDADES
ANEMIA FALCIFORME	**Cambio de A a T en el gen de la hemoglobina**	**Cambia un aminoácido (glutamato por valina), deformando los glóbulos rojos**	**Anemia falciforme**
FIBROSIS QUÍSTICA	**Deleción de tres nucleótidos en el gen CFTR**	**Falta una proteína funcional para transportar cloro**	**Fibrosis quística**
SÍNDROME DE DOWN	**Trisomía del cromosoma 21**	**Exceso de genes causa discapacidad intelectual y problemas físicos**	**Síndrome de Down**
CÁNCER	**Mutaciones en oncogenes o genes supresores de tumores**	**Crecimiento celular descontrolado**	**Cáncer de colon, pulmón, mama, entre otros**
DISTROFIA MUSCULAR DE DUCHENNE	**Mutaciones en el gen de la distrofina**	**Pérdida de fuerza muscular progresiva**	**Distrofia muscular de Duchenne**

3. Tipos de mutaciones que pueden ser letales o causar enfermedades graves

A. Mutaciones en genes esenciales
- Los **genes esenciales** son aquellos necesarios para la supervivencia de un organismo.
- Mutaciones en estos genes pueden causar:
- **Muerte embrionaria** (el embrión no se desarrolla).
- **Enfermedades graves** (alteraciones metabólicas, problemas cardíacos, etc.).
- Ejemplo: **Síndrome de Tay-Sachs**, causado por mutaciones en el gen HEXA, que afecta el sistema nervioso.

B. Mutaciones que causan acumulación de proteínas dañinas
- Algunas mutaciones provocan el **mal plegamiento** de proteínas, causando toxicidad celular.
- Ejemplo: **Enfermedad de Huntington**, causada por expansiones de repeticiones de tripletes en el gen HTT.

C. Mutaciones cromosómicas

1. **Duplicaciones**:
- Un segmento del cromosoma se duplica.
- Ejemplo: Síndrome de Charcot-Marie-Tooth.

2. **Deleciones**:
- Se pierde un segmento del cromosoma.
- Ejemplo: Síndrome del maullido de gato (deleción en el cromosoma 5).

3. **Translocaciones**:
- Intercambio de segmentos entre cromosomas no homólogos.
- Ejemplo: Leucemia mieloide crónica, causada por la translocación entre los cromosomas 9 y 22 (cromosoma Filadelfia).

4. Causas externas de mutaciones dañinas

A. Agentes mutagénicos físicos

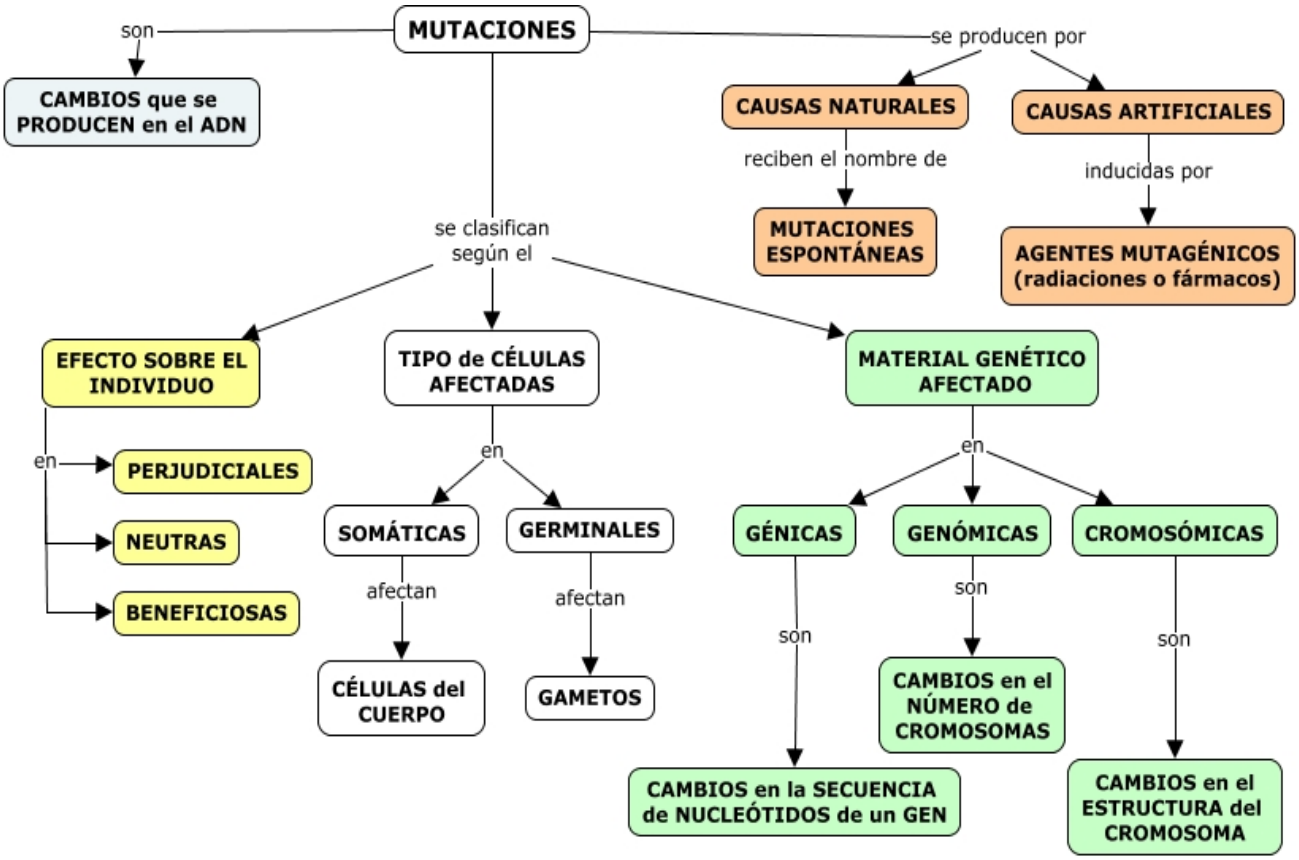
- **Radiación UV**: Causa dímeros de timina, que interfieren con la replicación y transcripción. Está muy relacionada con cáncer de piel.
- **Radiación ionizante (rayos X, gamma)**: Causa roturas en el ADN que pueden ser letales o cancerígenas.

B. Agentes mutagénicos químicos

- **Sustancias químicas** como benzopireno (en el humo del tabaco): Interfieren con la replicación y causan mutaciones en genes críticos, como TP53.

C. Agentes biológicos

- **Virus oncogénicos**: Algunos virus (como el VPH) insertan su material genético en el ADN humano, causando mutaciones.





Conclusión: Las mutaciones dañinas pueden tener efectos devastadores en el organismo, desde enfermedades genéticas hasta cáncer. La gravedad depende de la naturaleza de la mutación, el gen afectado y su papel en el organismo. A pesar de ello, los mecanismos de reparación del ADN y la redundancia genética ayudan a minimizar estos riesgos.

REPARACIÓN DE ERRORES DURANTE LA REPLICACIÓN DEL ADN

Durante la replicación, es crucial que el ADN sea copiado de manera precisa para evitar estas mutaciones que pueden ser dañinas o incluso mortales. Sin embargo, existen mecanismos de reparación de errores que minimizan los riesgos. Aquí se describen en detalle los mecanismos mencionados:

1. Reparación por la ADN polimerasa (proofreading)

- **Mecanismo**:
- La **ADN polimerasa** tiene una función de **autocorrección** (proofreading) durante la síntesis.
- Antes de añadir un nuevo nucleótido, la enzima verifica si el nucleótido recién añadido es complementario a la base de la plantilla.
- Si detecta un error, la **actividad exonucleasa 3' → 5'** de la polimerasa elimina el nucleótido incorrecto y lo reemplaza por el correcto.
- **Importancia**: Este mecanismo es la primera línea de defensa contra errores en la replicación. Aumenta significativamente la fidelidad del proceso de replicación.

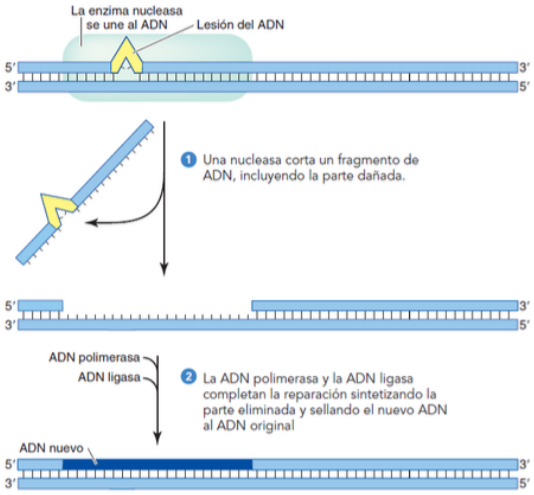
2. Reparación de parejas de bases incorrectas (Mismatch Repair, MMR)

- **Mecanismo**:
- Este sistema corrige errores que pasan desapercibidos durante la replicación, como **mismatches** (bases mal apareadas) o inserciones y deleciones pequeñas.

- Enzimas especializadas identifican distorsiones en la doble hélice causadas por apareamientos incorrectos.
- Se elimina la región incorrecta del ADN y se sintetiza una nueva utilizando la cadena complementaria como plantilla.
- **Relevancia clínica**: Defectos en este sistema están asociados con ciertos tipos de cáncer, como el **cáncer colorrectal hereditario no polipósico (síndrome de Lynch)**.

3. Reparación por escisión de nucleótidos (Nucleotide Excision Repair, NER)

- **Mecanismo**:
- Este sistema repara **daños importantes en el ADN**, como los causados por la **luz ultravioleta (UV)** o agentes químicos que inducen lesiones voluminosas (por ejemplo, dímeros de timina).
- Pasos principales:
  1. **Reconocimiento del daño**.
  2. Una **nucleasa** corta la región dañada del ADN.
  3. Una **ADN polimerasa** sintetiza una nueva cadena utilizando la complementaria como plantilla.
  4. Una **ADN ligasa** sella el enlace fosfodiéster, restaurando la continuidad de la cadena.
- **Importancia**:
- Es esencial para la supervivencia celular, ya que elimina daños graves que interfieren con la replicación y transcripción.
- Defectos en este sistema pueden causar enfermedades como **xerodermia pigmentosa**, en la que los individuos son extremadamente sensibles a la luz UV.



Impacto de los mecanismos de reparación

- **Eficiencia**: Los mecanismos de reparación del ADN mantienen la tasa de error extremadamente baja (aproximadamente 1 error cada 10 mil millones de nucleótidos).
- **Evolución**: Aunque estos mecanismos son altamente eficientes, los errores que no se reparan pueden generar mutaciones. Algunas mutaciones son perjudiciales, pero otras pueden ser beneficiosas y contribuir a la evolución.

Conclusión: La reparación de errores en el ADN es esencial para la estabilidad genética y la prevención de enfermedades. Cada uno de los mecanismos mencionados cumple una función específica para corregir errores en distintos contextos y asegurar la integridad del genoma.

ALGO DE HISTORIA SOBRE EL ROL DEL ADN

Desde la década de 1950, se reconoció que el ADN contiene las instrucciones necesarias para la síntesis de proteínas, ya que estas son las macromoléculas esenciales para la vida. Y es que las proteínas cumplen funciones como soporte estructural, metabolismo, almacenamiento de energía y transporte de sustancias, entre otras.

→ **Descubrimientos históricos**:

- **James Summer,** bioquímico norteamericano**,** en el año 1926 identificó por primera vez una enzima, la **ureasa**, como una proteína.

- El genetista estadounidense **George Beadle,** junto al biólogo y químico americano **Edward Tatum,** en la década de 1940, proponen la teoría de "un gen-una enzima", relacionando los genes con la síntesis de proteínas específicas.
- A partir de la estructura del ADN descubierta en 1953, se estudió cómo la información genética da lugar a proteínas a través de los procesos de replicación, transcripción y traducción.
- En este contexto, las bacterias sirvieron como modelos experimentales clave para entender estos mecanismos, por lo que se llegó a tres procesos claves: **Transcripción, Traducción** y **Replicación.**

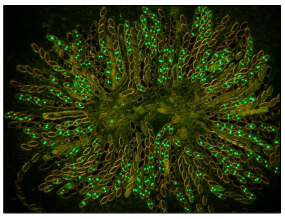
EL LEGADO DEL GRUPO DE "*NEUROSPORA CRASSA*"

Este grupo de investigadores al que se conoce con el nombre de "Neurospora" realizó una importantísima contribución a la biología moderna al extenderse a múltiples áreas de investigación, como la genética, la bioquímica y la biología molecular.

Estas son las principales áreas de impacto y cómo influyeron en la ciencia:

1. Fundamentos de la genética bioquímica

El concepto de **"un gen, una enzima"** fue revolucionario porque proporcionó evidencia directa de que los genes controlan reacciones bioquímicas específicas. Este trabajo conectó por primera vez:





1. **Genética**: Los genes no eran simplemente unidades hereditarias abstractas; tenían funciones específicas que afectaban directamente a las células.
2. **Bioquímica**: Las mutaciones podían bloquear pasos específicos en las rutas metabólicas, lo que permitió identificar el papel de las enzimas individuales en esas rutas.

Ejemplo clave: Al exponer *Neurospora crassa* a radiación, los investigadores generaron mutantes que no podían crecer en un medio mínimo (una mezcla simple de sales, glucosa y biotina). Cuando añadieron ciertos compuestos (como aminoácidos o vitaminas), restauraron el crecimiento de los mutantes, vinculando estos compuestos con los genes afectados.

2. Desarrollo de técnicas experimentales

El Grupo de Neurospora desarrolló y perfeccionó herramientas experimentales que transformaron la genética en una ciencia más cuantitativa y precisa:

1. **Inducción de mutaciones**:
   - Usaron rayos X y rayos ultravioleta para inducir mutaciones en el ADN del hongo.
   - Esto permitió generar cientos de mutantes y mapear las funciones de genes específicos.
2. **Genética de recombinación**:
   - Diseñaron técnicas para mapear genes en los cromosomas, utilizando cruces entre mutantes con características conocidas.
3. **Medios mínimos y selectivos**:
   - Inventaron medios de cultivo que contenían solo los nutrientes esenciales, lo que facilitó identificar qué rutas metabólicas estaban afectadas por mutaciones.

3. Estudio de rutas metabólicas

Una de las mayores contribuciones de este grupo fue el esclarecimiento de rutas metabólicas claves, muchas de las cuales siguen siendo fundamentales en bioquímica moderna:

1. **Biosíntesis de aminoácidos**:
   - Identificaron las rutas de síntesis de aminoácidos como la arginina y el triptófano.
   - Por ejemplo, demostraron que el gen **arg-1** estaba relacionado con la síntesis de arginina al codificar una enzima específica.
2. **Síntesis de vitaminas**:
   - Descubrieron que ciertas mutaciones bloqueaban la síntesis de vitaminas como la riboflavina, lo que permitió entender su papel en el metabolismo.
3. **Modelos metabólicos**:
   - El uso de *Neurospora* permitió generar un modelo de cómo las moléculas pequeñas se sintetizan y degradan en las células, una base para estudios de metabolismo humano.

4. Influencia en el desciframiento del código genético

Aunque el Grupo no trabajó directamente en el ADN, su enfoque en la relación entre genes y proteínas inspiró investigaciones posteriores sobre:

1. **Estructura del ADN**:
   - Los trabajos de Beadle y Tatum sobre el control genético de las enzimas influyeron indirectamente en la carrera por entender cómo el ADN lleva información genética.
2. **Código genético**:
   - Las ideas de que cada gen produce una proteína específica sentaron las bases para entender cómo las secuencias de ADN determinan las cadenas de aminoácidos en proteínas.

5. Ritmos circadianos y regulación génica

En años posteriores, *Neurospora crassa* se convirtió en un modelo fundamental para estudiar **ritmos circadianos**:

1. **Gen frq (frequency)**:
   - Este gen regula los ritmos diarios de actividad metabólica y expresión génica en el hongo.
   - Estudios con *Neurospora* ayudaron a identificar los relojes biológicos que también están presentes en humanos.
2. **Aplicaciones modernas**:
   - El estudio de los ritmos circadianos en *Neurospora* ha contribuido al conocimiento de trastornos del sueño, metabolismo, y cómo los ciclos biológicos afectan la salud humana.

6. Conexión con la biología molecular

El trabajo del grupo también influyó en el desarrollo de herramientas moleculares, como:

1. **Clonación de genes**: Las técnicas para mapear y analizar genes en *Neurospora* se adaptaron más tarde a otros organismos, incluidos humanos.
2. **Estudio de la regulación génica**: La observación de cómo *Neurospora* ajusta la expresión de genes metabólicos según las condiciones ambientales fue clave para entender la regulación génica en eucariotas.

Legado y reconocimiento

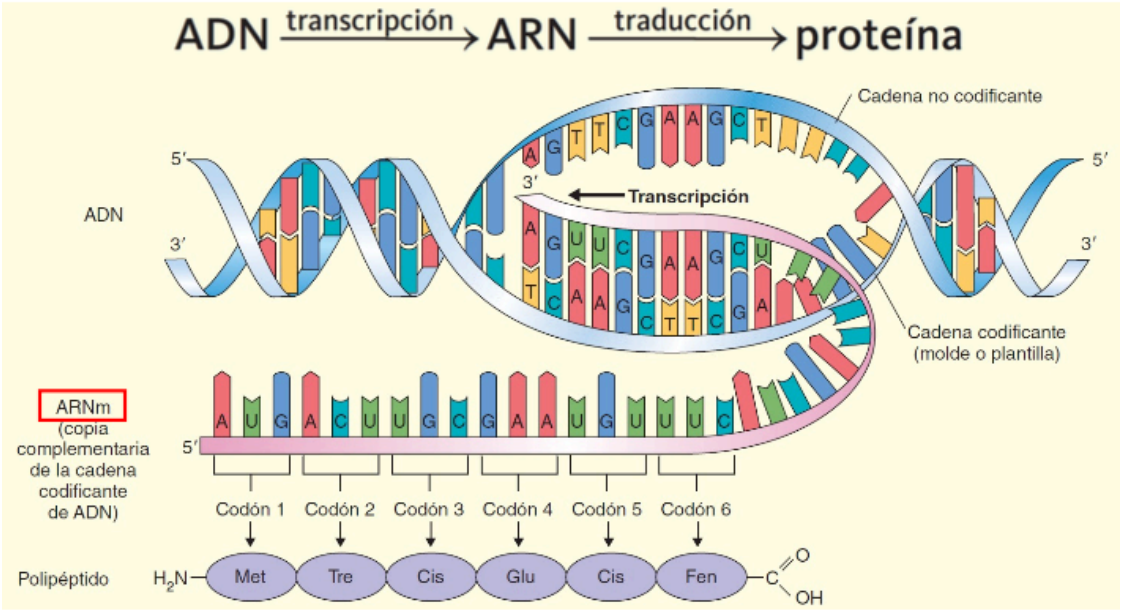
1. **Premios Nobel**: George Beadle y Edward Tatum compartieron el Premio Nobel de Medicina en 1958 con Joshua Lederberg, quien trabajó en conjugación bacteriana.
2. **Base para organismos modelo posteriores**: El éxito de *Neurospora crassa* como organismo modelo allanó el camino para usar otros modelos, como *Escherichia coli*, levaduras y *Drosophila melanogaster*.
3. **Continuidad en la investigación**: *Neurospora crassa* sigue siendo utilizado en laboratorios para estudios de genética, bioquímica y biología del desarrollo.

Conclusión: Este Grupo no solo revolucionó la biología al conectar los genes con las enzimas, sino que también estableció principios que siguen siendo el núcleo de la investigación biológica. Su trabajo fue un puente esencial entre la genética clásica y la biología molecular moderna.

Pasamos ahora a ver a fondo los tres procesos:

LA TRANSCRIPCIÓN CELULAR

La **Transcripción** es el primer paso en la expresión génica, el proceso mediante el cual la información genética contenida en el ADN se utiliza para producir proteínas, que son fundamentales para las funciones celulares. En términos simples, la transcripción es el mecanismo mediante el cual el ADN se copia en una molécula de ARN. Esta molécula de ARN puede ser mensajero (ARNm), ribosomal (ARNr), de transferencia (ARNt) o de otros tipos, dependiendo de la función que desempeñe.



Etapas de la transcripción celular

La transcripción consta de tres etapas principales: **iniciación, elongación** y **terminación**. Este es el desglose en detalle:

1. Iniciación

1. **Reconocimiento del promotor**:
   - La transcripción comienza cuando una enzima llamada **ARN polimerasa** se une a una secuencia específica de ADN llamada **promotor**, ubicada al inicio del gen.
   - En organismos eucariotas, proteínas auxiliares conocidas como **factores de transcripción** ayudan a la ARN polimerasa a localizar y unirse al promotor.
   - En procariotas, el factor sigma de la ARN polimerasa desempeña este papel.

2. **Apertura del ADN**:
   - Una vez unida al promotor, la ARN polimerasa desenrolla un pequeño segmento de ADN, creando una **burbuja de transcripción** para exponer la hebra molde.

2. Elongación

1. **Síntesis del ARN**:
   - La ARN polimerasa utiliza una de las hebras de ADN como **molde** (hebra molde o antisentido) para ensamblar una cadena complementaria de ARN.
   - Incorpora nucleótidos de ARN (adenina, uracilo, citosina y guanina) de acuerdo con la regla de apareamiento de bases: A-U y C-G.
2. **Movimiento de la ARN polimerasa**:
   - La ARN polimerasa avanza a lo largo del ADN en dirección 3' a 5' de la hebra molde, pero sintetiza la nueva hebra de ARN en dirección 5' a 3'.
3. **Formación de ARN pre-mensajero (en eucariotas)**:
   - En eucariotas, la ARN polimerasa produce inicialmente un **ARN pre-mensajero** (pre-ARNm), que es una versión inmadura del ARNm que necesita ser procesada antes de su uso.

3. Terminación

1. **Señales de terminación**:
   - La transcripción finaliza cuando la ARN polimerasa encuentra una secuencia específica de ADN conocida como **señal de terminación**.
   - En procariotas, estas señales son intrínsecas o dependen de una proteína llamada **Rho**.
   - En eucariotas, la terminación a menudo involucra una señal de poliadenilación en el ARN.
2. **Liberación del ARN**:
   - La ARN polimerasa libera el ARN sintetizado y se separa del ADN. En eucariotas, este ARN suele ser un pre-ARNm que necesita maduración.

Procesamiento del ARN (en eucariotas)

Después de la transcripción, el pre-ARNm en eucariotas pasa por modificaciones antes de convertirse en ARNm funcional:

1. **Adición de la caperuza 5'**:
   - Se añade un nucleótido modificado (7-metilguanosina) en el extremo 5', lo que protege al ARN de la degradación y facilita su reconocimiento por los ribosomas.
2. **Cola poli-A**:
   - Una serie de adeninas (cola poli-A) se añade al extremo 3', mejorando la estabilidad del ARN y ayudando en su exportación del núcleo.
3. **Splicing**:
   - Las regiones no codificantes llamadas **intrones** se eliminan, y las regiones codificantes (**exones**) se unen para formar el ARNm maduro.

Diferencias entre eucariotas y procariotas:

CARACTERÍSTICA	EUCARIOTAS	PROCARIOTAS
Lugar de la transcripción	Núcleo	Citoplasma
ARN polimerasa	Varias (I, II y III)	Una sola ARN polimerasa
Procesamiento de ARN	Necesita modificaciones (cap, cola poli-A, splicing)	No requiere procesamiento extenso

Importancia biológica

- **Control de la expresión génica**: La transcripción es un punto clave para regular qué genes están activos o inactivos.

- **Producción de proteínas**: Es el paso inicial para la síntesis de proteínas, esenciales para la estructura y función celular.
- **Diversidad funcional**: En eucariotas, el splicing alternativo permite generar múltiples proteínas a partir de un solo gen.

EJEMPLOS CONCRETOS DE TRANSCRIPCIÓN EN DISTINTOS TIPOS DE ÓRGANOS

En procariotas (Ejemplo: Escherichia coli)

1. **Gen lacZ** (del operón lac):

• En *E. coli*, el gen **lacZ** codifica la enzima **beta-galactosidasa**, que descompone la lactosa en glucosa y galactosa.

• La transcripción del gen lacZ ocurre cuando la bacteria detecta lactosa en su entorno.

• **Mecanismo**:

• Una proteína represora se une al operador del operón lac y bloquea la ARN polimerasa.

• Si la lactosa está presente, un derivado (alolactosa) inactiva el represor, permitiendo que la ARN polimerasa transcriba lacZ y otros genes relacionados.

2. **Terminación intrínseca en procariotas**:

• En el gen *trp* (de la biosíntesis de triptófano), la terminación se da mediante una estructura de horquilla en el ARN, seguida de una serie de uracilos. Esto causa que la ARN polimerasa se detenga y libere el ARN.

En eucariotas (Ejemplo: Homo sapiens)

1. **Gen hemoglobina beta (HBB)**:

• El gen HBB, ubicado en el cromosoma 11, codifica una subunidad de la hemoglobina, esencial para el transporte de oxígeno en los glóbulos rojos.

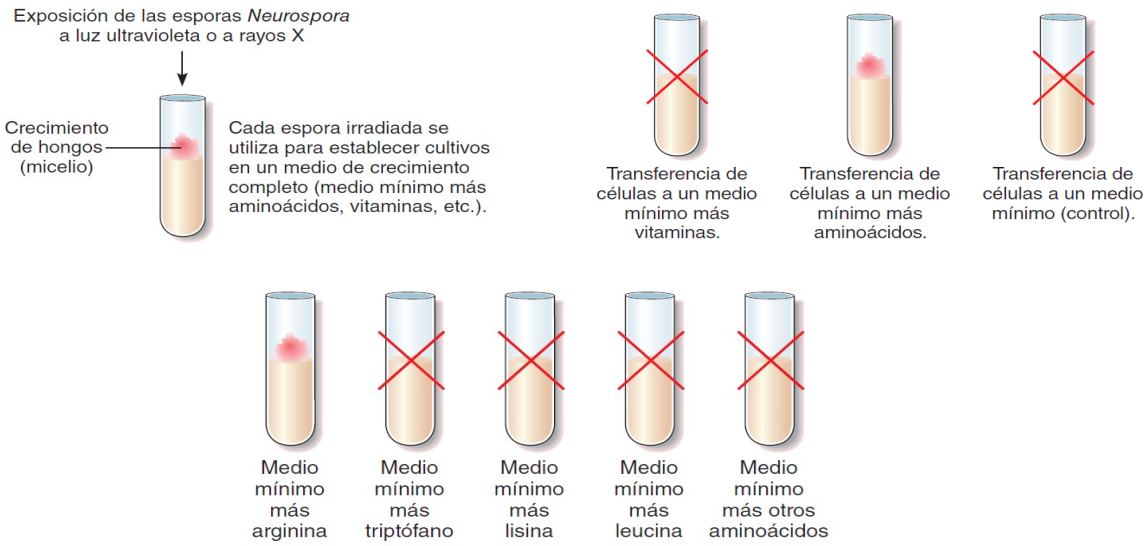
• **Transcripción**:

• Los factores de transcripción específicos como **GATA-1** y **NF-E2** ayudan a que la ARN polimerasa II reconozca el promotor del gen HBB.

• Después de la transcripción, el ARN pre-mensajero pasa por **splicing** para eliminar los intrones antes de formar el ARNm maduro.

2. **Splicing alternativo**:

• Un ejemplo famoso es el gen **Tropomiosina** en humanos. Dependiendo del tejido (músculo, hígado, cerebro), se eliminan intrones y exones específicos, generando proteínas diferentes adaptadas a cada función.



COMPARACIÓN ENTRE PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS:

ASPECTO	PROCARIOTAS	EUCARIOTAS
Lugar de la transcripción	Citoplasma	Núcleo
ARN polimerasa	Una sola ARN polimerasa	Tres tipos: I (ARNr), II (ARNm), III (ARNt)
Promotores	Secuencias simples como -10 (TATAAT) y -35	Promotores más complejos con secuencias como TATA box, enhancers y silencers
Factores de transcripción	No se requieren proteínas adicionales	Necesitan múltiples factores de transcripción
Procesamiento de ARN	El ARNm se usa directamente para la traducción	El ARN pre-mensajero necesita procesamiento (cap, cola poli-A, splicing)
Duración del ARNm	Vida corta (segundos o minutos)	Vida más larga (horas a días)
Ejemplo de gen	Operón lac	Gen de la hemoglobina beta

EJEMPLOS CLAVE DE DIFERENCIAS FUNCIONALES

Rapidez y simplicidad en procariotas

- En bacterias como *E. coli*, la transcripción y la traducción ocurren simultáneamente. Esto significa que el ARNm comienza a ser traducido en proteínas antes de que se complete su síntesis.
- **Ventaja**: Respuesta rápida a cambios ambientales.
- **Desventaja**: Menor regulación y control fino.

Regulación compleja en eucariotas

- En humanos, genes como **p53** (un supresor tumoral) están altamente regulados. Su transcripción depende de señales como daño al ADN y la interacción con varias proteínas (como MDM2, que regula su estabilidad).
- **Ventaja**: Permite un control preciso sobre qué genes se expresan en qué momento.
- **Desventaja**: Consume más recursos y tiempo.

Impacto evolutivo de las diferencias

1. **Procariotas**:
- La simplicidad les permite adaptarse rápidamente a entornos cambiantes.
- Ejemplo: Las bacterias pueden activar genes para descomponer nutrientes específicos solo cuando están presentes.

2. **Eucariotas**:
- La complejidad permite una mayor diversidad funcional y especialización celular.
- Ejemplo: En humanos, el splicing[14] alternativo permite que un solo gen produzca diferentes proteínas según el tipo de célula o tejido.

Conclusión: La transcripción celular es un proceso universal que varía en detalles entre procariotas y eucariotas, reflejando adaptaciones evolutivas específicas. Los organismos procariotas optimizan la velocidad y la eficiencia, mientras que los eucariotas se benefician de un control y especialización más refinados.

[14] El **splicing**, también conocido como **corte y empalme de ARN**, es un proceso fundamental en la biología molecular de las células eucariotas. Ocurre durante la maduración del ARN mensajero (ARNm) y es esencial para la correcta expresión de los genes. Imaginemos un texto con frases (**exones**) y palabras sin sentido entre ellas (**intrones**). El **splicing** sería como eliminar esas palabras sin sentido para que el texto tenga coherencia y pueda ser leído correctamente.

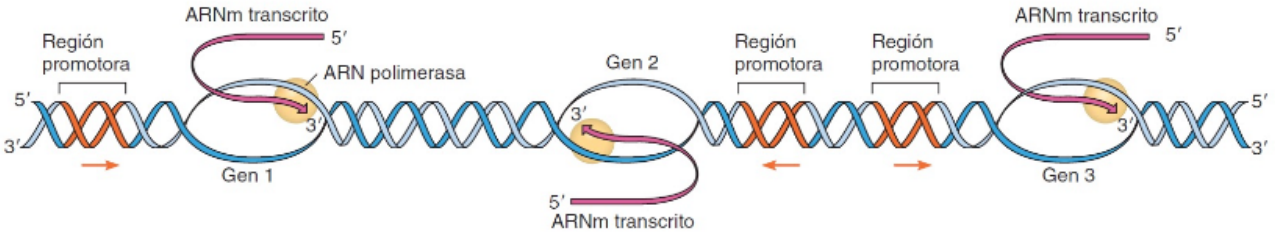
TRANSCRIPCIÓN DEL ADN Y EL PROCESAMIENTO DEL ARN MENSAJERO (ARNM).

1. Una cadena de ADN puede servir como molde o no

• El ADN está formado por dos cadenas complementarias.

• Según el gen que se vaya a transcribir, una cadena servirá como **molde** para fabricar el ARNm, mientras que la otra no se usará en ese momento.

• Esto permite que diferentes genes puedan transcribirse desde distintas hebras del ADN.



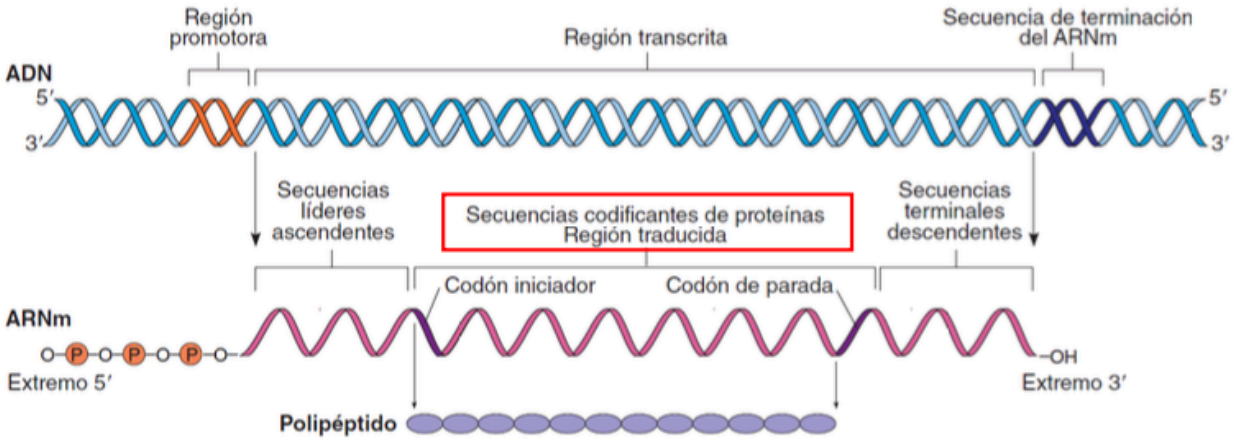
2. El ARNm tiene más información que solo el código para una proteína

• En el ADN, la región que se transcribe, incluye más información que solo las instrucciones para fabricar proteínas, de esta manera:

• **Secuencias líderes y descendentes**: Estas partes ayudan en el proceso de traducción, pero no se convierten en proteínas.

• **Región codificante**: Es la parte del ARNm que contiene el "código" para ensamblar los aminoácidos en una proteína.

Ejemplo con ARNm bacteriano



3. El ARNm bacteriano es eficiente

• En bacterias, una sola molécula de ARNm puede contener información para fabricar más de una proteína.

• Además, el proceso de traducción (fabricación de proteínas) comienza mientras el ARNm todavía se está sintetizando. Esto hace que las bacterias sean muy rápidas en fabricar proteínas.

EXPLICACIÓN SENCILLA DEL PROCESAMIENTO DEL ARNM EN EUCARIOTAS

Después de la transcripción del ADN, el **ARN mensajero (ARNm) en eucariotas** pasa por varias modificaciones antes de ser traducido en proteínas. Veamos estos pasos de forma clara y sin muchos detalles técnicos:

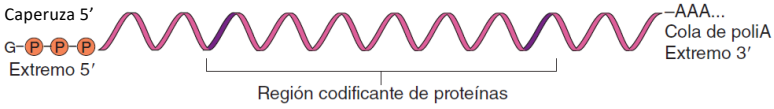
1. Modificaciones iniciales del pre-ARNm

El ARN mensajero que se produce directamente del ADN se llama **pre-ARNm**. Antes de que pueda ser utilizado para fabricar proteínas, sufre tres modificaciones clave:

1. **Caperuza 5'**:

• Se le añade un "sombrero" (7-metilguanosina) en un extremo.

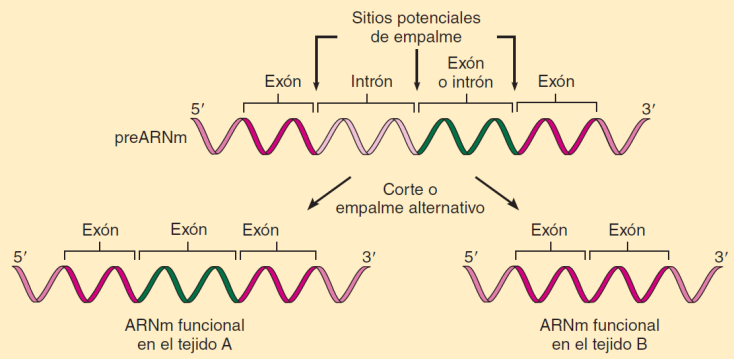
• Esto ayuda a **proteger el ARN** de ser degradado y facilita su reconocimiento por los ribosomas.



2. **Cola Poli-A**:

• Se le agrega una larga cadena de adeninas en el extremo 3'.

• Esto **aumenta su estabilidad** y ayuda en su transporte fuera del núcleo.



2. Eliminación de intrones y empalme de exones

La mayor parte de los genes eucariotas contiene partes que **no codifican proteínas** (intrones) y partes que sí (exones). Antes de que el ARN pueda ser usado, se realiza un proceso llamado **splicing**:

• **Intrones**: Se eliminan, ya que no contienen información útil para fabricar proteínas.

• **Exones**: Se juntan entre sí para formar el ARNm maduro.

• **Mecanismo**: Este proceso es llevado a cabo por un complejo llamado **espliceosoma**, aunque en algunos casos el ARN puede cortarse y unirse por sí mismo (ribozimas).

3. Función de los intrones

Aunque los intrones no se traducen en proteínas, tienen varias funciones importantes:

• **Vestigios evolutivos**: Son restos de nuestros ancestros genéticos.

• **Favorecen la recombinación genética**: Ayudan a la evolución de nuevos genes.

• **Regulan la expresión génica**: Permiten que un mismo gen produzca diferentes versiones de una proteína dependiendo de cómo se procesen los exones (splicing alternativo).

ESTRUCTURA Y PROCESAMIENTO DEL ADN - EXPRESIÓN GÉNICA

1. Estructura del ADN: La base de la información genética

El **Ácido Desoxirribonucleico (ADN)** es la molécula que almacena toda la información genética en los seres vivos. Su estructura fue determinada por los biólogos genetistas **Watson y Crick en 1953** y se describe como una **doble hélice** formada por dos cadenas de nucleótidos.

→ **Componentes del ADN:**

• **Azúcar desoxirribosa** (soporte estructural).

• **Grupo fosfato** (conexión entre nucleótidos).

• **Bases nitrogenadas** (información genética):

• **Adenina (A)**

• **Timina (T)**

• **Citosina (C)**

• **Guanina (G)**o

→ **Regla de emparejamiento de bases**

• **Adenina (A) siempre se une con Timina (T)**

• **Citosina (C) siempre se une con Guanina (G)**

Este emparejamiento mantiene la estructura del ADN estable.

→ **Importancia**

• El ADN almacena y transmite información genética.

• Es la base de la **expresión génica** (proceso mediante el cual la información del ADN se traduce en proteínas).

2. Expresión génica: Cómo el ADN da lugar a proteínas

La **expresión génica** es el proceso mediante el cual la información contenida en un gen se utiliza para producir una proteína. Se divide en **tres etapas**:

2.1. Transcripción: Del ADN al ARN

• Ocurre en el **núcleo** (en eucariotas) o en el **citoplasma** (en procariotas).

• Una enzima llamada **ARN polimerasa** copia la información de un gen en una molécula de ARN mensajero (**ARNm**).

• **Diferencias entre ADN y ARN**:

• El ARN tiene **ribosa** en lugar de desoxirribosa.

• Usa **uracilo (U) en lugar de timina (T)**.

2.2. Procesamiento del ARN (solo en eucariotas)

Antes de que el ARNm pueda ser usado en la fabricación de proteínas, sufre varias modificaciones:

1. **Caperuza 5'**:

• Un nucleótido especial (7-metilguanosina) se añade al inicio del ARNm.

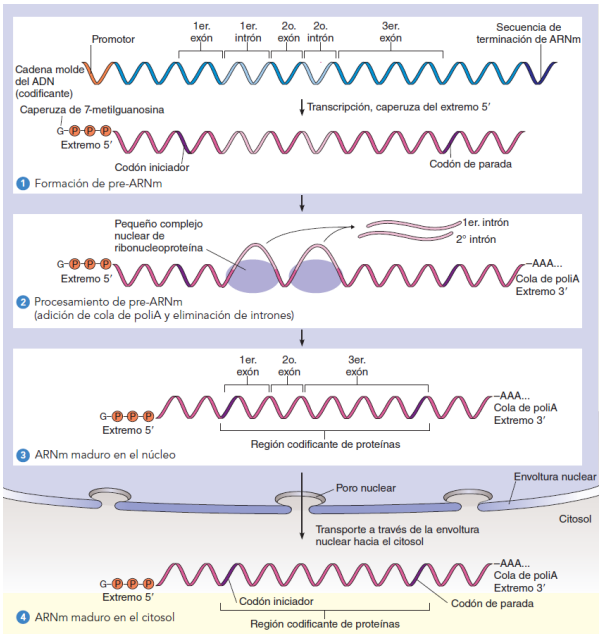
• Protege al ARN de ser degradado y ayuda a su reconocimiento por los ribosomas.

2. **Cola Poli-A**:

• Se añaden de 100 a 250 adeninas al final del ARNm.

• Esto **aumenta su estabilidad** y facilita su transporte.

3. **Splicing (empalme de exones)**:



• El **pre-ARNm** contiene regiones codificantes (**exones**) y no codificantes (**intrones**).

• Un complejo llamado **espliceosoma** corta los **intrones** y une los **exones**.

• Esto permite que el ARN esté listo para la traducción.

2.3. Traducción: De ARN a proteína

• Ocurre en los **ribosomas**.

• El ARNm se lee en grupos de **tres nucleótidos (codones)**.

• Cada codón **corresponde a un aminoácido**, que se unen formando una **proteína**.

• El **ARN de transferencia (ARNt)** lleva los aminoácidos adecuados al ribosoma.

3. Regulación de la expresión génica

No todos los genes están activos todo el tiempo. La célula regula la **expresión génica** para producir solo las proteínas necesarias.

Mecanismos de regulación

1. **Factores de transcripción**:

• Proteínas que activan o reprimen la transcripción de un gen.

2. **Modificaciones del ARN**:

• El **splicing alternativo** permite generar diferentes proteínas a partir de un solo gen.

3. **Señales ambientales**:

• Factores como **nutrientes, temperatura y señales hormonales** pueden activar o desactivar genes.

Conclusión:

• **El ADN almacena la información genética**.

• **La expresión génica transforma esta información en proteínas**, a través de la transcripción, procesamiento del ARN y traducción.

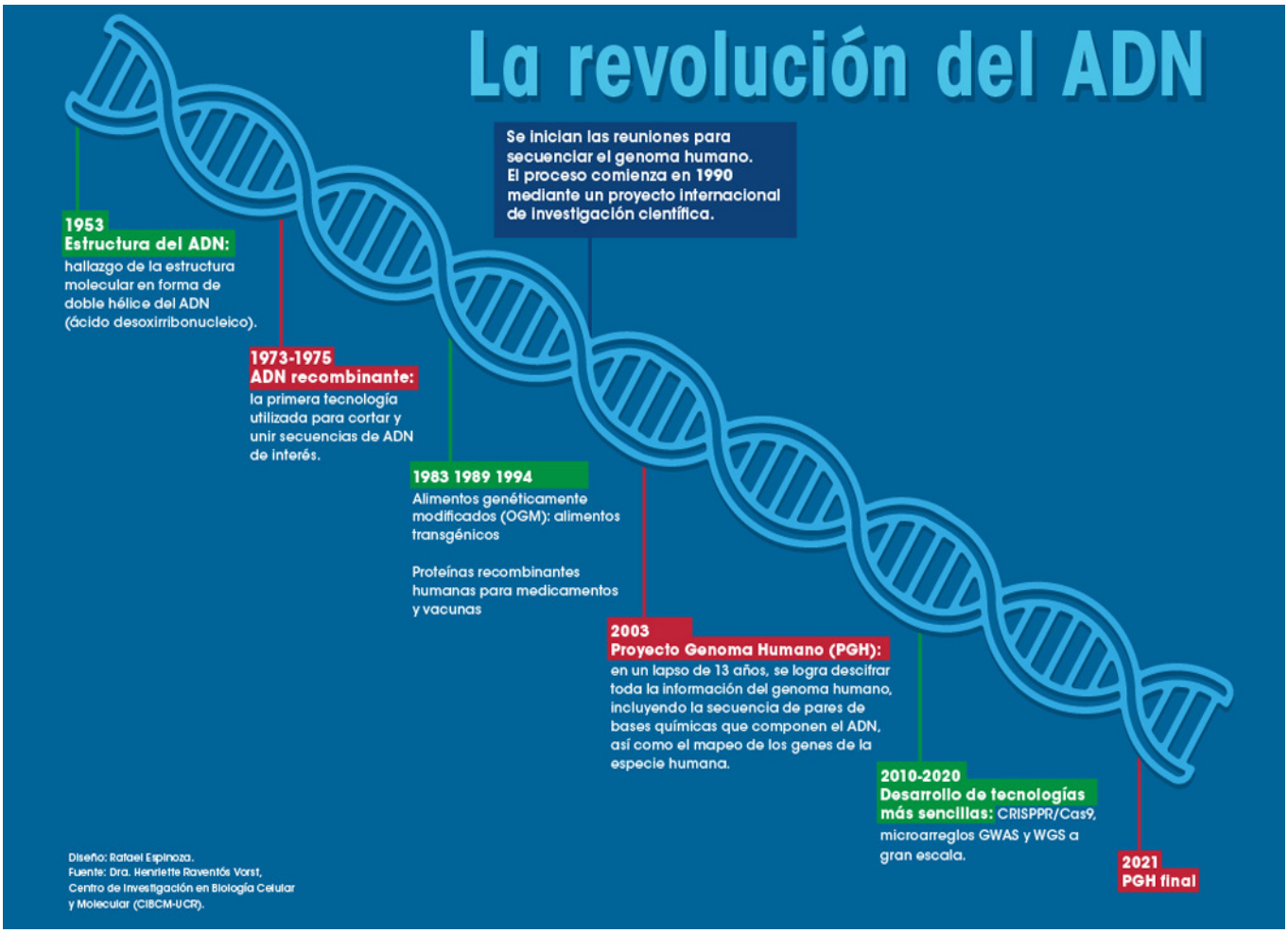
• **Las células regulan qué genes se activan y cuándo**, optimizando su función.

→ **RESUMEN FINAL:**

1. **El pre-ARNm se modifica** añadiendo la caperuza 5' y la cola Poli-A.
2. **Los intrones se eliminan y los exones se empalman** para formar el ARNm maduro.
3. **El ARNm ya maduro sale del núcleo** y se dirige a los ribosomas, donde se traducirá en proteína.

Estas modificaciones permiten que el ARNm **sea estable, legible por los ribosomas y capaz de generar proteínas correctamente.**

TRADUCCIÓN: DE ARN A PROTEÍNA:



La traducción es el proceso en el que la célula convierte la información contenida en el **ARN mensajero (ARNm)** en una proteína. Este proceso ocurre en los **ribosomas** y requiere la participación de varias moléculas

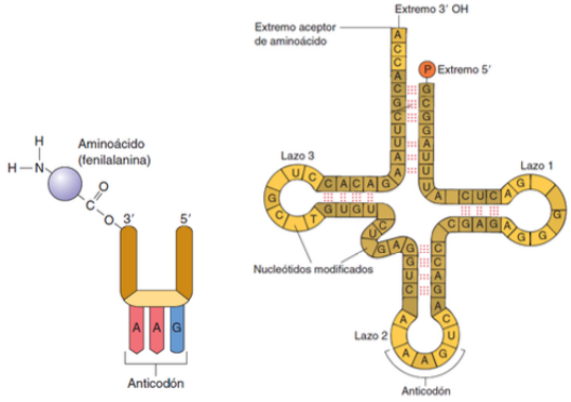
.

1. Conversión del código genético en proteínas

El código genético está compuesto por **tripletes de bases (codones)** en el ARNm. Cada triplete codifica un aminoácido específico. En la traducción, este código de nucleótidos se convierte en una **cadena de aminoácidos**, que luego se pliega formando una proteína funcional.

Moléculas involucradas en la traducción:

1. **ARN mensajero (ARNm)**: Contiene la secuencia de tripletes de bases que indican el orden de los aminoácidos.



2. **ARN de transferencia (ARNt)**: Actúa como **adaptador**, uniendo el **ARNm** con los aminoácidos correctos.

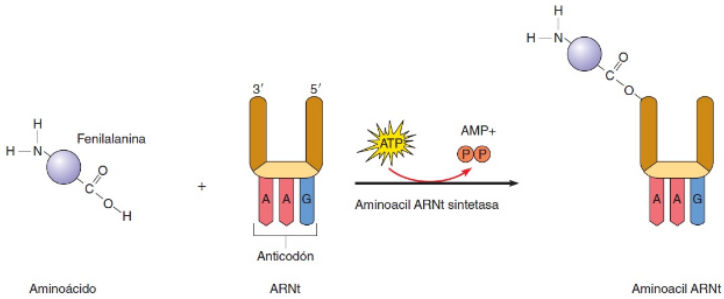
3. **Ribosomas y ARN ribosómico (ARNr)**: Son los "fabricantes de proteínas" que facilitan la unión de los aminoácidos.

2. Función del ARN de transferencia (ARNt)

El **ARNt** es clave en la traducción porque transporta los aminoácidos hasta el ribosoma y los coloca en la secuencia correcta.

- **Extremo aceptor**: Se une a un aminoácido específico.
- **Anticodón**: Se une a un codón complementario del **ARNm** asegurando que el aminoácido correcto se añada en el orden correcto.

La enzima **aminoacil-ARNt sintetasa** es la encargada de unir el aminoácido correcto a su ARNt correspondiente.

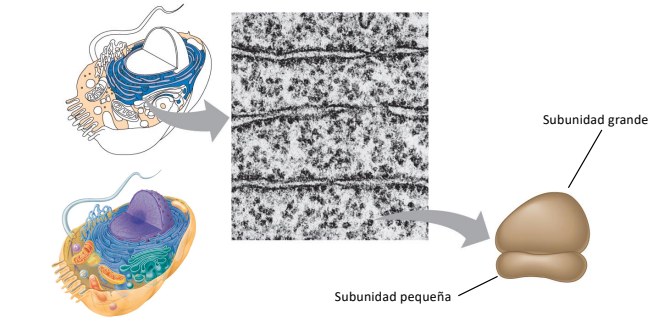


3. Estructura de los ribosomas

Los **ribosomas** son estructuras celulares responsables de la síntesis de proteínas. Están formados por dos subunidades:

- **Subunidad pequeña**: Se encarga de leer el ARNm.
- **Subunidad grande**: Facilita la formación de enlaces entre los aminoácidos.

Ribosomas



4. Proceso de traducción

La traducción se realiza en tres etapas principales:

1. **Iniciación**:
   - La subunidad pequeña del ribosoma se une al ARNm.
   - Un ARNt especial con el aminoácido **metionina** se une al codón de inicio (AUG).
   - Se une la subunidad grande del ribosoma.

2. **Elongación**:

• Los ARNt continúan entregando aminoácidos según la secuencia del ARNm.

• Los aminoácidos se van uniendo mediante enlaces peptídicos, formando la cadena polipeptídica.

3. **Terminación**:

• Cuando el ribosoma llega a un **codón de parada** (UAA, UAG o UGA), se libera la proteína sintetizada.

• El ribosoma se separa y queda listo para un nuevo ciclo de traducción.

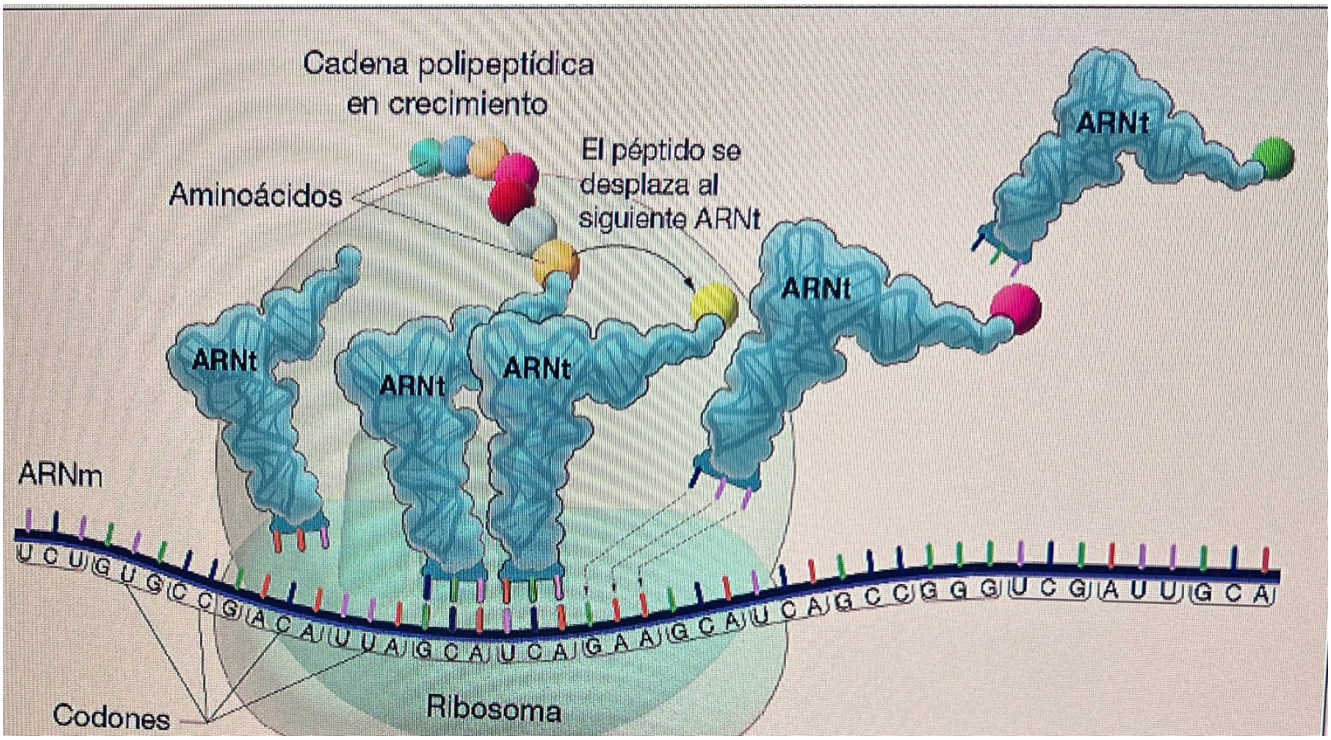
Conclusión:

• La traducción convierte la información del ARNm en una proteína funcional.

• Se necesita la colaboración de ribosomas, ARNt y diversas enzimas.

• Este proceso es fundamental para la expresión de los genes y el funcionamiento de la célula.

ESTA IMAGEN REPRESENTA EL PROCESO DE TRADUCCIÓN EN LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS DENTRO DE LA CÉLULA. VEAMOS QUÉ SIGNIFICA CADA PARTE:



ELEMENTOS CLAVE EN LA IMAGEN:

1. **ARN mensajero (ARNm)** (línea azul en la parte inferior):

• Contiene la secuencia de nucleótidos organizados en **tripletes de bases** llamados **codones**.

• Estos codones especifican qué aminoácidos deben incorporarse a la proteína en formación.

2. **Ribosoma** (estructura semitransparente que rodea y avanza a lo largo del **ARNm**):

• Es el complejo celular encargado de leer el ARNm y ensamblar los aminoácidos en la secuencia correcta.

• Funciona como una "fábrica de proteínas" y procesa cada codón uno por uno.

3. **ARN de transferencia (ARNt)** (estructuras azules en forma de "L" o "trébol"):

• Transportan aminoácidos específicos y los entregan al ribosoma.

• Poseen una región llamada **anticodón**, que se empareja con el codón complementario en el ARNm.

4. **Cadena polipeptídica en crecimiento** (esfera de bolas de colores en la parte superior):
• Representa la proteína que está formación.
• Cada aminoácido se une mediante **enlaces peptídicos**, formando una cadena que eventualmente se pliega en una proteína funcional.
5. **Movimiento del péptido entre ARNt**:
• La imagen indica cómo el péptido en crecimiento se transfiere al siguiente ARNt conforme el ribosoma avanza.
• Este proceso ocurre en el **sitio P y A del ribosoma**, donde se van añadiendo aminoácidos uno por uno.

Resumen del proceso:

1. **El ribosoma lee los codones del ARNm**.
2. **Los ARNt llevan los aminoácidos correctos**, emparejando sus anticodones con los codones del ARNm.
3. **Los aminoácidos se unen entre sí**, formando una cadena polipeptídica en crecimiento.
4. **El ribosoma avanza**, permitiendo que nuevos ARNt traigan más aminoácidos.
5. **Cuando se alcanza un codón de parada**, la síntesis se detiene y la proteína se libera.

→ **Esta imagen nos muestra claramente:**

- **Cómo se construyen** las proteínas en las células.
- **Explica** la relación entre **ARNm, ARNt y ribosomas** que **traduce el ARNm en una proteína.**
- Los **ARNt entregan los aminoácidos correctos**, formando la cadena polipeptídica.
- **Ilustra** cómo el código genético se traduce en proteínas, que cumplen funciones clave en los organismos.
- El proceso se organiza en **tres sitios del ribosoma (A, P, E)**, donde cada A**RNt** cumple su función antes de salir.

FUNCIÓN DEL ARNT EN LA SÍNTESIS DE PROTEÍNAS

Los **complejos aminoacil-ARNt** llegan al ribosoma transportando los aminoácidos necesarios para formar una proteína. Cada **ARNt** tiene:

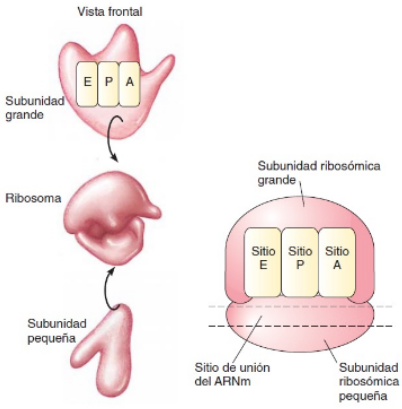
• **Un extremo aceptor**, que se une a un aminoácido específico.
• **Un anticodón**, que se empareja con el codón complementario del **ARNm**.

Este proceso ocurre en los **ribosomas**, que son estructuras celulares formadas en un **60% por ARN ribosómico (ARNr) y 40% por proteínas**. Es importante destacar que el **ARNr tiene una función catalítica**, lo que significa que facilita la formación de enlaces peptídicos sin transferir información genética.

ESTRUCTURA DEL RIBOSOMA Y SUS SITIOS DE TRADUCCIÓN

Los ribosomas tienen dos subunidades principales:

1. **Subunidad pequeña**: Su función es **estabilizar el ARNm**, asegurando que se lea correctamente.
2. **Subunidad grande**: Contiene tres sitios clave donde ocurre la síntesis de proteínas:
   • **Sitio A (Aminoacil-ARNt)**: Es donde **los ARNt entran con su aminoácido**.
   • **Sitio P (Peptidil-ARNt)**: Aquí es donde **se forma el enlace peptídico** entre los aminoácidos.
   • **Sitio E (Exit)**: Es la zona donde **el ARNt ya vacío sale del ribosoma**.



Conclusión

• La imagen muestra **cómo el ribosoma traduce el ARNm en una proteína**.
• Los **ARNt entregan los aminoácidos correctos**, formando la cadena polipeptídica.
• El proceso se organiza en **tres sitios del ribosoma (A, P, E)**, donde cada ARNt cumple su función antes de salir.

ETAPAS DEL PROCESO DE TRADUCCIÓN

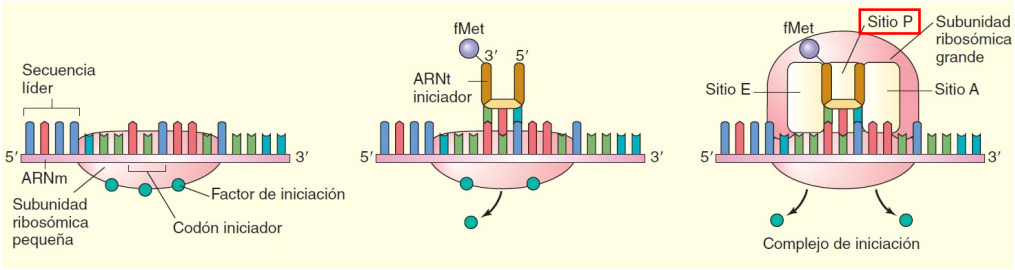
1ª ETAPA - La **iniciación:** Es la primera fase del proceso de traducción, en la cual el ribosoma se ensambla en torno al ARNm y se prepara para sintetizar una proteína.

Pasos principales de la iniciación:

1. **Unión de los factores de iniciación**:

• Proteínas especiales llamadas **factores de iniciación** se adhieren a la **subunidad pequeña del ribosoma**.

• Esta subunidad reconoce el **ARN mensajero (ARNm)** y se une a él en el **codón de inicio AUG**.



2. **Llegada del ARNt iniciador**:

• Un **ARN de transferencia (ARNt) especial**, llamado **ARNt iniciador**, transporta el primer aminoácido (**metionina**) hasta el ribosoma.

• Su anticodón se empareja con el **codón AUG** en el ARNm.

3. **Unión de la subunidad grande del ribosoma**:

• La **subunidad grande** del ribosoma se ensambla sobre el complejo.

• Los **factores de iniciación se desprenden**, dejando listo el **complejo de iniciación** para continuar con la siguiente fase, la **elongación**.

¿Por qué es importante esta etapa?

• Determina **dónde** comenzará la síntesis de la proteína.
• Asegura que el **ARNm se lea correctamente** en el marco de lectura adecuado.
• Es el punto clave donde se **regula** la velocidad de la traducción.

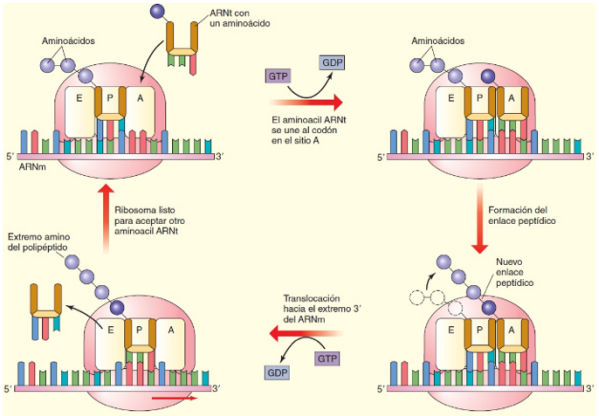
2ª ETAPA – La **Elongación:** Esta etapa es la fase en la que la cadena polipeptídica (proteína en formación) crece mediante la adición secuencial de aminoácidos.

Pasos principales de la elongación:

1. **Llegada del ARNt con el nuevo aminoácido**:

• Un **nuevo ARNt** cargado con un aminoácido llega al **sitio A** del ribosoma.

• Este proceso **requiere energía en forma de GTP**.



2. **Formación del enlace peptídico**:

• La **enzima peptidil transferasa** (una ribozima, es decir, un ARN catalítico) de la subunidad grande del ribosoma **une el nuevo aminoácido a la cadena en crecimiento**.

• **No requiere energía adicional**, ya que es un proceso espontáneo.

3. **Translocación del ribosoma**:

• El ribosoma **se desplaza sobre el ARNm**, moviendo el ARNt desde el **sitio A** al **sitio P**.

• El ARNt que ya descargó su aminoácido **pasa al sitio E y se desprende**.

• Este movimiento **consume energía en forma de GTP**.

¿Por qué es importante la elongación?

• Es el proceso clave donde **se construye la proteína**.

• La precisión en la selección de ARNt asegura que **los aminoácidos se ensamblen en el orden correcto**.

• La energía de GTP impulsa la eficiencia y fidelidad del proceso.

3ª ETAPA - La terminación: Esta es la fase final de la síntesis de proteínas, en la que el ribosoma reconoce que la proteína está completa y libera la cadena polipeptídica.

Pasos principales de la terminación:

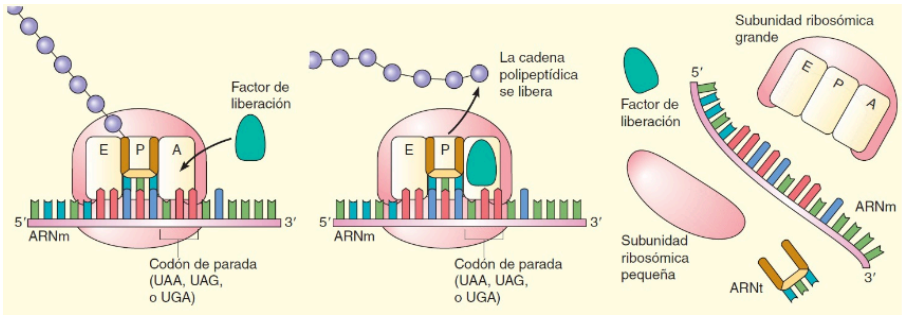
1. **El ribosoma encuentra un codón de terminación**:

• Estos codones pueden ser **UAA, UAG o UGA**.

• No existen **ARNt** que reconozcan estos codones.

2. **Un factor de liberación se une en lugar del ARNt**:

• Esta proteína especial **rompe el enlace** entre el último ARNt en el sitio **P** y la cadena polipeptídica.



3. **Liberación de la proteína**:

• La **proteína completa** se separa del ribosoma.

4. **Disociación del ribosoma**:

• La subunidad **grande y pequeña del ribosoma** se separan.

• Quedan listas para iniciar **una nueva ronda de traducción** si es necesario.

Importancia de la terminación

• Asegura que la proteína tenga **la longitud correcta** y no continúe sintetizándose de forma errónea.

• Permite que el ribosoma y otros factores sean **reciclados** para nuevas traducciones.

CHAPERONAS PLEGAMIENTO DE PROTEÍNAS

¿Qué son las chaperonas?

• Son **proteínas asociadas a los ribosomas** que **ayudan a la cadena polipeptídica** (recién sintetizada) a adquirir su **forma tridimensional correcta**.

• Sin un plegamiento adecuado, las proteínas pueden ser **inestables** o **no funcionales**.

¿Por qué es importante el plegamiento de proteínas?

• Las proteínas necesitan una forma específica para cumplir su función.

• Si una proteína se pliega mal, puede generar enfermedades como **Alzhéimer o Parkinson**.

• Las chaperonas evitan que las proteínas se agreguen o formen estructuras incorrectas.

HIPÓTESIS DEL TAMBALEO Y CÓDIGO GENÉTICO

→ **¿Qué es la hipótesis del tambaleo?**

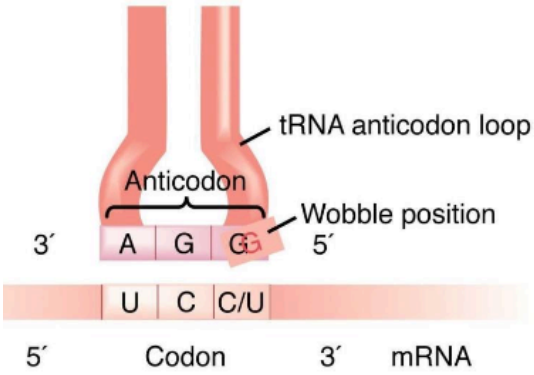
• **El tercer nucleótido de un anticodón de ARNt** (posición de tambaleo o *wobble position*) puede **aparearse con más de un nucleótido en el ARNm**.

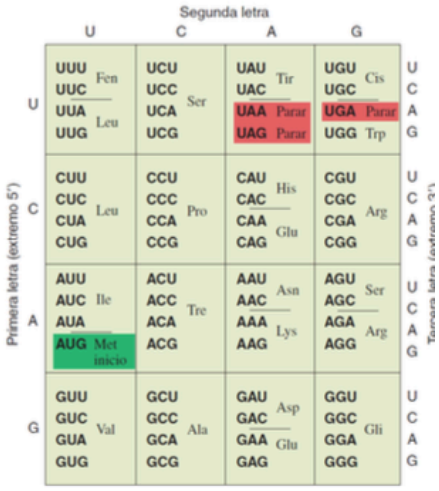
• Esto significa que un mismo **ARNt** puede reconocer **más de un codón** y ayudar a reducir la cantidad de ARNt necesarios para la traducción.

• En esta imagen se muestra un anticodón **GGA** en el ARNt que se empareja con un codón **CCU** en el ARNm.

• Pero, gracias al "tambaleo", ese mismo anticodón también podría emparejarse con otro codón, como **CCC**.

¿Para qué sirve este mecanismo?





• Reduce la cantidad de ARNt necesarios en la célula.

• Aumenta la eficiencia de la traducción.

• Permite que haya cierta flexibilidad sin comprometer la fidelidad del código genético.

En la imagen también aparece la **tabla del código genético**, que muestra los 64 posibles codones y los aminoácidos que codifican. Se destaca:

• **AUG** → Inicio (Metionina).

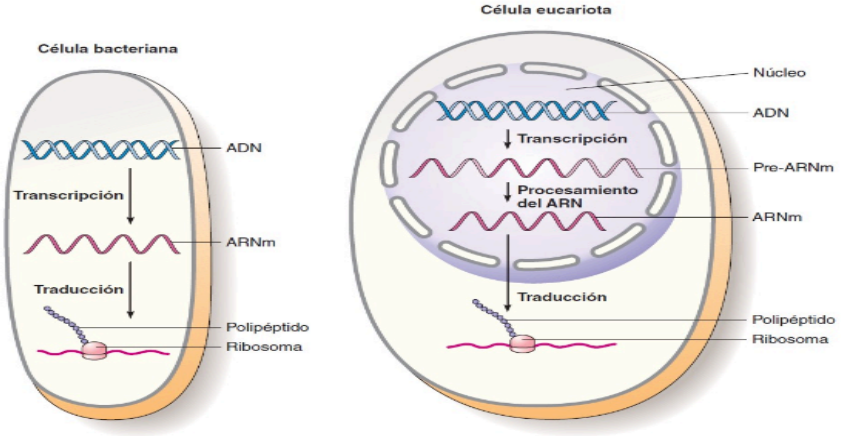
• **UAA, UAG, UGA** → Codones de parada, conocidos como los tres tripletes que al no codificar ningún aminoácido ocasionan el cese de la síntesis proteica.

DIFERENCIAS EN LA EXPRESIÓN GÉNICA ENTRE CÉLULAS PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

• **Célula bacteriana (procariota):** La transcripción y la traducción ocurren simultáneamente en el **citoplasma**.

• **Célula eucariota:** Hay tres pasos diferenciados:

1. **Transcripción en el núcleo** → Se produce un **pre-ARNm**.



2. **Procesamiento del ARN** → Se eliminan intrones y se añaden modificaciones.

3. **Traducción en el citoplasma** → El ARNm maduro es traducido en proteínas.

DIFERENCIAS CLAVE:

Característica	Procariotas	Eucariotas
Lugar de la transcripción	Citoplasma	Núcleo
Lugar de la traducción	Citoplasma	Citoplasma
Procesamiento del ARN	No hay procesamiento	Se eliminan intrones y se añaden caperuza y cola poli-A
Simultaneidad	Transcripción y traducción ocurren al mismo tiempo	Ocurren en compartimentos separados

Conclusión:

• En **procariotas**, el proceso es rápido y eficiente.

• En **eucariotas**, el procesamiento del ARN permite una mayor regulación y diversificación de proteínas.

TIPOS ADICIONALES DE ARN EN LA CÉLULA

Además del **ARN mensajero (ARNm), ARN de transferencia (ARNt) y ARN ribosómico (ARNr)**, existen otros tipos de ARN importantes:

📌 **ARN nucleares pequeños (ARNnp)**

• Participan en el **splicing** (eliminación de intrones en eucariotas).

• Forman parte del **espliceosoma**.

📌 **ARN nucleolares pequeños (ARNnop)**

• Ayudan en la **modificación y procesamiento del ARNr** dentro del nucleolo.

📌 **¿Por qué es importante conocer estos ARN?**

• Regulan la **expresión génica** y el procesamiento del ARN.

• Son esenciales para que los ribosomas y otras estructuras celulares funcionen correctamente.

EVOLUCIÓN DE LAS SECUENCIAS CODIFICANTES EN EUCARIOTAS

📌 **¿Por qué los genes eucariotas tienen intrones?**

- **Hipótesis evolutivas** sugieren que los intrones favorecen:
  - La **recombinación genética**, facilitando la evolución de nuevos genes.
  - El **splicing alternativo**, permitiendo que un solo gen produzca **varias proteínas diferentes**.
  - La regulación de la **expresión génica**.

📌 **Diferencias clave con los procariotas**

• En **procariotas**, los genes suelen ser **contiguos y sin intrones**, lo que permite una expresión más rápida.

• En **eucariotas**, los genes están **interrumpidos por intrones**, lo que da mayor flexibilidad y control.

⇒La definición nueva de GEN en base al conocimiento actual es: "**Una secuencia de nucleótidos en el ADN que transporta la información necesaria para elaborar un ARN específico o un producto polipeptídico**."

Esto refleja el hecho de que no todos los genes **codifican proteínas**. Algunos codifican **ARN funcionales**, como **ARNr o ARNt**

→ **Conclusión General por si sirve para aclarar algo este complicado tema:**
• Las **chaperonas** ayudan al plegamiento de proteínas recién sintetizadas.
• Hay más tipos de **ARN** en la célula que regulan la expresión y el procesamiento del ARN.
• Los **intrones** en eucariotas han evolucionado para permitir más flexibilidad en la expresión génica.
• La definición de gen ha cambiado con los avances en genética molecular.

MUTACIONES: CAMBIOS EN LA SECUENCIA DE ADN

Las mutaciones son **alteraciones en la secuencia del ADN** que no son corregidas por la célula y que pueden **transmitirse a las siguientes generaciones**.

⇒ **Tipos de mutaciones**

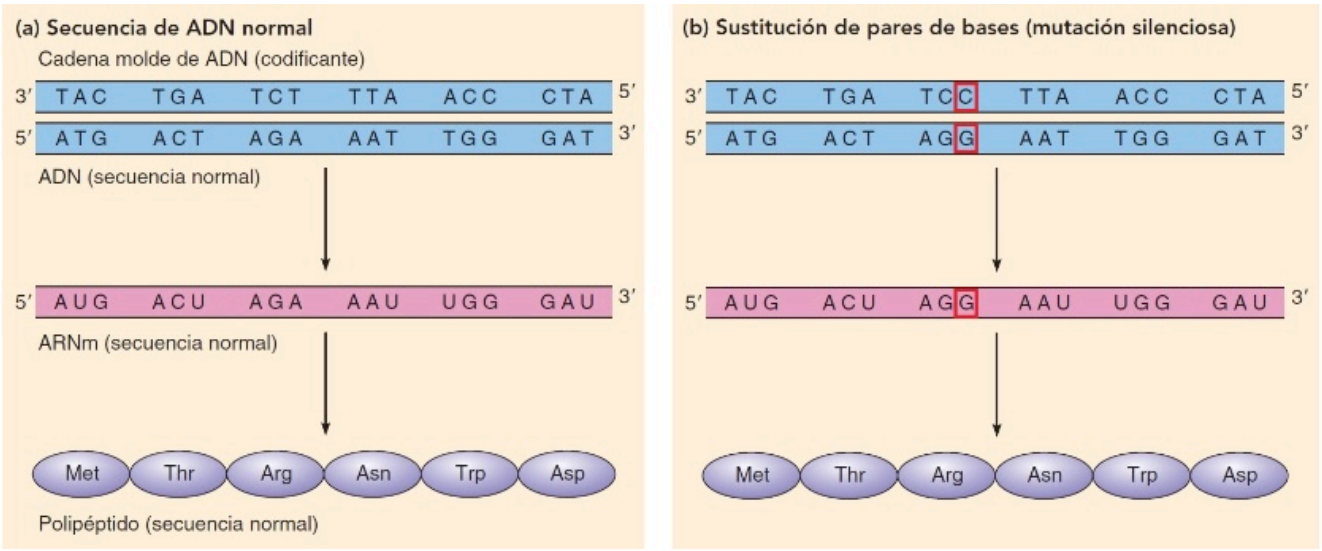
📌 **1. Mutaciones Silenciosas**
• No tienen **efectos observables** en el organismo.
• Ocurren cuando el cambio en el ADN **no altera la proteína resultante** (debido a la redundancia del código genético).
• Ejemplo: El triplete **CCG** y **CCA** codifican para **prolina**, por lo que un cambio en la tercera base puede no afectar la proteína.

📌 **2. Mutaciones Perniciosas**
• Son **dañinas o incluso mortales**.
• Pueden provocar **enfermedades genéticas** al alterar proteínas esenciales.
• Ejemplo:
- **Anemia falciforme**: causada por una mutación en el gen de la hemoglobina.
- **Cáncer**: mutaciones en genes supresores de tumores como **p53** pueden llevar a crecimiento celular incontrolado.

📌 **3. Mutaciones Útiles**
• **Confieren una ventaja adaptativa** al organismo.
• Son clave para la **evolución** y la **selección natural**.
• Ejemplo:
• La **mutación que permite la digestión de lactosa en adultos** en poblaciones humanas que domesticaron ganado.
• **Resistencia a antibióticos en bacterias** debido a mutaciones en sus genes.

⇒ **Importancia de las mutaciones**
✓ Son la base de la **variabilidad genética**.
✓ Pueden ser **beneficiosas, neutras o dañinas**, dependiendo del entorno.
✓ Son clave en la **evolución de las especies**.

SECUENCIA DE ADN NORMAL CON UNA MUTACIÓN SILENCIOSA



Aquí se muestran dos casos:

→ **(a) SECUENCIA DE ADN NORMAL**

- La **cadena de ADN codificante** tiene una secuencia específica.
- La transcripción genera un **ARNm** con codones específicos.
- La traducción da lugar a una **cadena de aminoácidos (polipéptido)** que forma una proteína funcional.

→ **(b) SUSTITUCIÓN DE PARES DE BASES (MUTACIÓN SILENCIOSA)**

- Se ha producido un **cambio en una base del ADN** (señalado en rojo).
- Como resultado, el ARNm cambia ligeramente en un codón (**AGA → AGG**).
- **Sin embargo, ambos codones codifican para el mismo aminoácido (Arginina)** debido a la redundancia del código genético.
- **No hay cambio en la proteína final**, por lo que la mutación es **silenciosa** y no afecta la función.

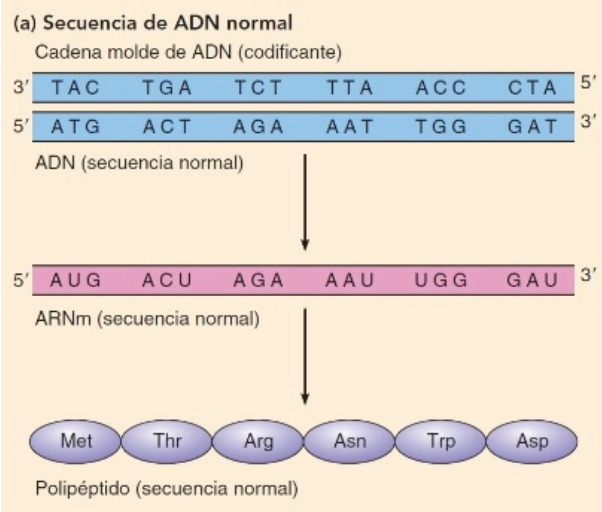
Resumen:

✓ **Mutación silenciosa:**

- Cambio en la secuencia de ADN.
- No afecta la secuencia de aminoácidos.
- No genera efectos observables en la proteína.

Este tipo de mutaciones son comunes y pueden acumularse sin consecuencias en el genoma de los organismos.

SECUENCIA DE ADN NORMAL CON UNA MUTACIÓN DE SENTIDO ERRÓNEO



Esta imagen muestra otra clase de mutación:

→ **(a) SECUENCIA DE ADN NORMAL**

• La transcripción del ADN genera un **ARN mensajero (ARNm)** con una secuencia de codones específica.

• Durante la traducción, estos codones son interpretados por los ribosomas para ensamblar una **cadena de aminoácidos** (polipéptido).

• La secuencia final de aminoácidos es:

Met - Thr - Arg - Asn - Trp - Asp (proteína normal).

→ **(c) SUSTITUCIÓN DE PARES DE BASES (MUTACIÓN DE SENTIDO ERRÓNEO O MISSENSE)**

📌 **¿Qué sucede aquí?**

• Se ha producido una **sustitución de bases en el ADN** (resaltado en rojo).

• Esto genera un cambio en el ARNm transcrito, donde un **codón cambia** (de **AGA** a **ACA**).

• Como consecuencia, en lugar de **Arginina (Arg)**, se traduce **Treonina (Thr)**.

• La proteína final es:

Met - Thr - Thr - Asn - Trp - Asp (proteína alterada).

📌 **¿Cuál es el efecto de esta mutación?**

• Como se ha cambiado un aminoácido en la proteína final, **su estructura y función pueden verse afectadas**.

• Dependiendo del tipo de proteína y la posición del cambio, esto podría:

✓ No afectar la función de la proteína si el cambio es en un sitio no crucial.

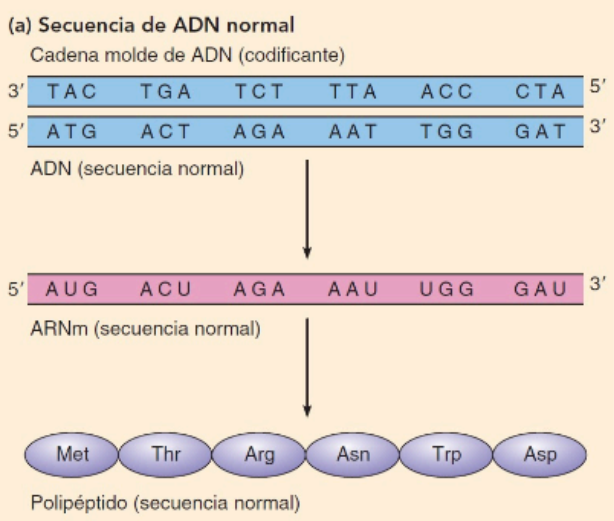
❌ Alterar la funcionalidad si la nueva proteína no puede plegarse correctamente o no cumple su función.

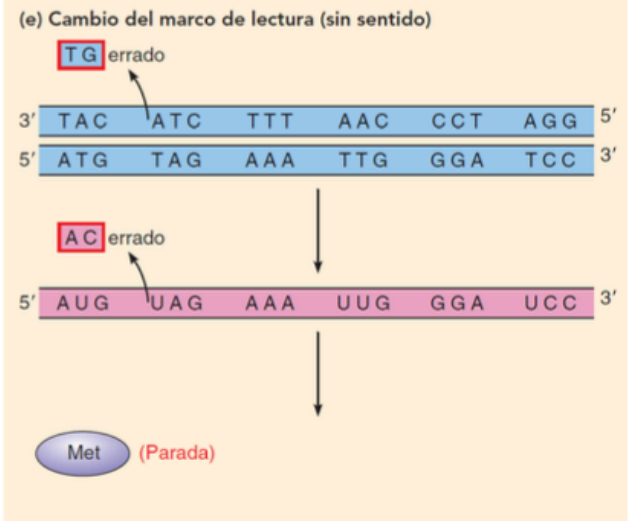
🔬 **Ejemplo en enfermedades: Anemia falciforme**: ocurre por una mutación missense en la hemoglobina (Glu → Val).

→ **Resumen: Mutación Missense (Sentido Erróneo)**

• Cambia un aminoácido en la proteína final. Puede ser **neutral, beneficiosa o perjudicial**, dependiendo de la función de la proteína.

SECUENCIA DE ADN NORMAL A CAMBIO DEL MARCO DE LECTURA (SIN SENTIDO)





En esta imagen vemos otras dos situaciones:

→ **(a) SECUENCIA DE ADN NORMAL**

- La transcripción y traducción generan un **ARNm** y una **proteína funcional**.
- La secuencia de aminoácidos es:
  Met - Thr - Arg - Asn - Trp - Asp.

→ **(e) CAMBIO DEL MARCO DE LECTURA (MUTACIÓN SIN SENTIDO)**

- Se ha producido una **mutación en el ADN** (cambios resaltados en rojo).
- Este cambio altera **los codones en el ARNm**, desplazando el marco de lectura.
- Como consecuencia, se genera un **codón de parada (UAG)** demasiado temprano.
- Esto provoca que la traducción se detenga y la proteína resultante sea **truncada e incompleta**.

→ **IMPACTO DE ESTA MUTACIÓN**

📌 **Mutación sin sentido**

- Se introduce un **codón de parada prematuro** en el ARNm.
- Esto impide que la proteína se sintetice completamente.
- La proteína resultante suele ser **no funcional** o degradada por la célula.

📌 **Cambio del marco de lectura**

- Si se añaden o eliminan nucleótidos que **no son múltiplos de 3**, se altera la lectura de los codones.
- Esto genera una proteína completamente diferente o **no funcional**.

→ **EJEMPLO DE ENFERMEDADES CAUSADAS POR ESTA MUTACIÓN**

❌ **Distrofia muscular de Duchenne**: causada por una mutación sin sentido en el gen de la distrofina.

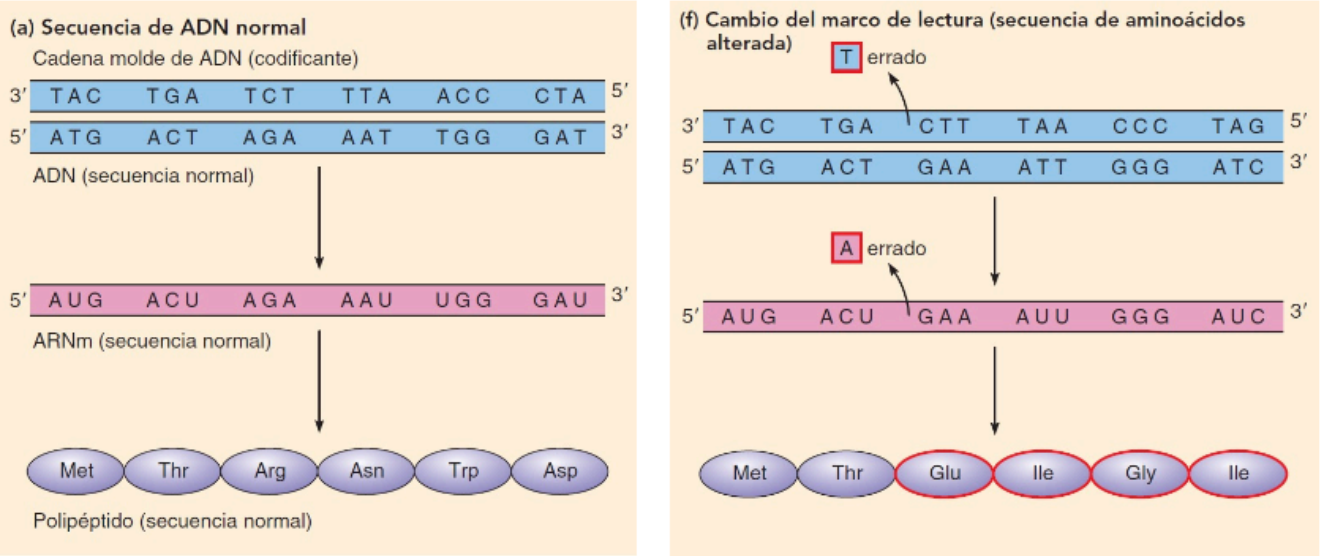
❌ **Fibrosis quística**: algunas variantes ocurren por cambios en el marco de lectura.

Resumen:

✓ **Mutación sin sentido:** Introduce un **codón de parada prematuro**, lo que **trunca la proteína**.

✓ **Cambio del marco de lectura:** Desplaza los codones y genera **una proteína alterada o no funcional**.

CAMBIO MARCO DE LECTURA A SECUENCIA DE AMINOÁCIDOS ALTERADA



Por último, vemos estas otras dos situaciones:

→ **(a) SECUENCIA DE ADN NORMAL**

- La transcripción y traducción generan un **ARNm** y una **proteína funcional**.
- La secuencia de aminoácidos es:

  Met - Thr - Arg - Asn - Trp - Asp.

→ **(f) CAMBIO DEL MARCO DE LECTURA CON SECUENCIA DE AMINOÁCIDOS ALTERADA**

- Se han producido **mutaciones en el ADN** (resaltadas en rojo).
- Estos cambios han desplazado el marco de lectura del **ARNm**, alterando la agrupación de codones.
- Como consecuencia, la proteína resultante tiene una **secuencia de aminoácidos completamente diferente**.
- La nueva secuencia de aminoácidos es:

  Met - Thr - Glu - Ile - Gly - Ile.

→ **IMPACTO DE ESTA MUTACIÓN**

📌 **Cambio del Marco de Lectura**

- Si se añaden o eliminan nucleótidos **(que no sean múltiplos de 3)**, se altera la forma en que los ribosomas leen el ARNm.
- Esto **cambia completamente la secuencia de aminoácidos**, lo que puede generar una proteína **no funcional o dañina**.
- Dependiendo de la importancia de la proteína, esta mutación puede ser **letal o causar enfermedades genéticas**.

📌 **Diferencia con la mutación sin sentido**

- En la **mutación sin sentido**, un **codón de parada aparece prematuramente** y la proteína se **trunca**.
- En el **cambio del marco de lectura**, **toda la secuencia de aminoácidos cambia**, produciendo una proteína completamente diferente.

→ **EJEMPLO DE ENFERMEDADES CAUSADAS POR ESTA MUTACIÓN**

❌ **Fibrosis Quística**: Algunas variantes ocurren por desplazamiento del marco de lectura en el gen **CFTR**.

❌ **Síndrome de Tay-Sachs**: Mutación en la enzima **hexosaminidasa A**, afectando la degradación de lípidos en el cerebro.

Resumen:

✓ **Cambio del Marco de Lectura:**

- Desplaza los codones y cambia **toda la secuencia de aminoácidos**.
- Puede generar una proteína **no funcional o dañina**.
- Es una de las mutaciones más **severas** en términos de impacto funcional.

https://www.youtube.com/watch?v=7Hk9jct2ozY

https://www.youtube.com/watch?v=WkI_Vbwn14g

ADN MITOCONDRIAL Y SU ORIGEN

📌 **1. Teoría de la Endosimbiosis Seriadas**

• Según esta teoría, las **mitocondrias** eran originalmente **bacterias** que fueron ingeridas por una célula ancestral eucariota.

• Estas bacterias establecieron una relación **simbiótica**, evolucionando hasta convertirse en **orgánulos celulares**.

• Una de las principales **evidencias** de esta teoría es el **ADN mitocondrial**, ya que:

- Es **circular**, similar al de las bacterias.
- Se encuentra **exclusivamente en la mitocondria**, separado del ADN nuclear.

📌 **2. ADN Mitocondrial y su Herencia Materna**

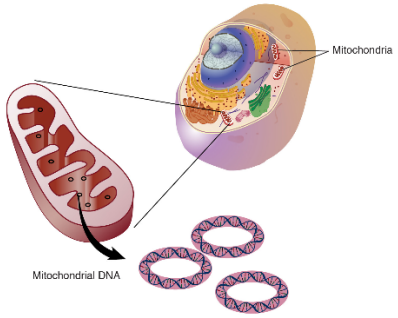
• A diferencia del ADN nuclear, el **ADN mitocondrial (ADNmt) se hereda solo de la madre**.

• Esto se debe a que los espermatozoides **apenas contribuyen con mitocondrias** en la fecundación, y las que aportan se degradan.

📌 **3. Eva Mitocondrial**

• Se llama **"Eva Mitocondrial"** al **primer ancestro común femenino de toda la humanidad**.

• Se puede rastrear gracias a la **frecuencia de mutación del ADN mitocondrial**, que es relativamente estable.



• No significa que fue la única mujer viva en su tiempo, sino que es la única de su linaje cuya línea materna ha perdurado hasta hoy.

Importancia del ADN Mitocondrial:

✓ Se usa en estudios evolutivos para rastrear linajes maternos.

✓ Es clave en estudios forenses y de genealogía.

✓ Algunas enfermedades genéticas están relacionadas con mutaciones en el ADN mitocondrial, como el síndrome de Leigh.

Como todas las búsquedas que he realizado para enterarme algo más de este tema del ADN me ha entusiasmado, he elaborado un informe detallado sobre la **Teoría de la Endosimbiosis Seriadas**, del **ADN mitocondrial y su herencia materna**, y del concepto de **Eva Mitocondrial**.

Voy a incluir las referencias y los enlaces de los lugares que he visitado.

TEORÍA DE LA ENDOSIMBIOSIS SERIADA

La **Teoría de la Endosimbiosis Seriada (SET)**, propuesta por la bióloga **Lynn Margulis** en 1967, explica el origen de las células **eucariotas** a partir de la simbiosis secuencial entre distintos microorganismos procariotas. En esencia, Margulis planteó que ciertas bacterias libres fueron incorporadas por otras células, estableciendo relaciones simbióticas permanentes que dieron lugar a orgánulos como las **mitocondrias** y los **cloroplastos**.

Este modelo proporcionó una solución al "salto evolutivo" entre células **procariotas** (sin núcleo) y **eucariotas** (con núcleo), uno de los grandes dilemas que tenía la biología evolutiva (Lynn Margulis, la bióloga que reinterpretó la evolución).

Tras años de escepticismo inicial, la teoría endosimbiótica ganó amplio respaldo al acumularse numerosas evidencias experimentales, y hoy se acepta que la aparición de la célula eucariota se debe a estas simbiosis en serie propuestas por Margulis (Endosimbiosis seriada - Wikipedia, la enciclopedia libre) (Lynn Margulis, la bióloga que reinterpretó la evolución).

⇒ **Evidencias científicas que respaldan la SET (**teoría de la endosimbiosis seriada**):**

Diversos hallazgos apoyan la idea de que mitocondrias y cloroplastos descienden de bacterias endosimbiontes[15]:

- **ADN y genomas:** Las mitocondrias y cloroplastos poseen su propio ADN circular de doble hebra, similar al genoma de las bacterias, mientras que el ADN nuclear eucariota es lineal y se organiza en cromosomas. De hecho, los análisis genéticos mostraron que la **secuencia de ADN** de mitocondrias y plastos es mucho más parecida a la de bacterias libres que a la del núcleo eucariota, lo que obligó a la comunidad científica a aceptar la teoría de Margulis. Además, han perdido autonomía genética: sus genomas son pequeños en comparación con los de bacterias actuales, habiendo **transferido muchos genes al núcleo** de la célula hospedadora a lo largo de la evolución (Endosimbiosis seriada - Wikipedia, la enciclopedia libre).
- **Ribosomas y síntesis proteica:** En las mitocondrias y cloroplastos se encuentran **ribosomas 70S**, del tipo bacteriano, en lugar de los 80S típicos del citoplasma eucariota. Consecuentemente, la maquinaria de síntesis de proteínas de estos orgánulos es sensible a antibióticos que inhiben la traducción en bacterias, pero no a los que afectan ribosomas eucariotas, lo que evidencia su origen procariota. Asimismo, el análisis del **ARN ribosómico 16S** de mitocondrias y cloroplastos revela un parentesco cercano con ciertos grupos de bacterias actuales (Endosimbiosis seriada - Wikipedia, la enciclopedia libre).
- **Membranas y estructura celular:** Tanto mitocondrias como cloroplastos están rodeados por una **doble membrana**. La membrana interna corresponde a la original de la bacteria fagocitada, y la membrana externa sería la vesícula de la célula hospedadora que la englobó. Esta característica concuerda con un evento de **endocitosis**. Además, en los cloroplastos la membrana interna forma tilacoides, estructuras análogas a las membranas

[15] La endosimbiosis es una simbiosis en la que un simbionte habita dentro del cuerpo del otro. Normalmente son bacterias o hongos que viven dentro de la célula eucariota o simplemente dentro del cuerpo.

internas de las **cianobacterias** fotosintéticas (Endosimbiosis seriada - Wikipedia, la enciclopedia libre).

- **División y reproducción:** Mitocondrias y cloroplastos se multiplican dentro de la célula por **fisión binaria**, un proceso de división simple típico de bacterias, independiente de la mitosis celular. En algunos organismos unicelulares, si se destruyen experimentalmente todos los cloroplastos, la célula sobrevive, pero **no puede regenerarlos** por sí misma, indicando que solo surgen a partir de organelos preexistentes (como ocurre con bacterias). También nunca se encuentran mitocondrias o cloroplastos formándose de nuevo en el núcleo, sino que siempre provienen de otros preexistentes.
- **Relaciones filogenéticas:** Estudios comparativos muestran claras **similitudes genéticas** entre los orgánulos eucariotas y sus supuestos ancestros bacterianos. Por ejemplo, los genes ribosómicos de los cloroplastos son casi idénticos a los de las cianobacterias, algo evidenciado cuando se secuenció el ADN de algas verdes y se comprobó que era mucho más parecido al de una cianobacteria que al ADN nuclear de la propia alga. De igual forma, las secuencias de ADN mitocondrial son cercanas a las de bacterias **α-proteobacterias** (probables antecesoras de las mitocondrias, como *Rickettsias*). Estas similitudes apoyan fuertemente un origen simbiótico.
- **Otros orgánulos simbióticos:** La teoría de Margulis abarcó también otros posibles eventos endosimbióticos. El caso mejor establecido es el de los **cloroplastos**, que habrían evolucionado a partir de antiguas cianobacterias fotosintéticas ingeridas por un eucariota primitivo. Esto explica que las plantas y algas fotosintéticas posean cloroplastos con ADN y características bacterianas, heredadas de aquella simbiosis. Margulis llegó a proponer además que estructuras como los **flagelos y cilios** eucariotas podrían haberse originado por la incorporación de bacterias espiroquetas móviles. Sin embargo, esta última hipótesis (y la idea de un origen endosimbiótico del propio núcleo celular) sigue siendo controvertida y no cuenta con consenso científico general (Endosimbiosis seriada - Wikipedia, la enciclopedia libre). En cambio, las endosimbiosis que dieron origen a **mitocondrias** y **cloroplastos** sí se consideran demostradas y universalmente aceptadas.
- **Implicaciones evolutivas:** La Teoría Endosimbiótica supuso un cambio de paradigma al enfatizar la **cooperación biológica** como motor evolutivo. Frente a la visión clásica darwiniana centrada únicamente en la competición y la selección natural, Margulis mostró que la **simbiosis** –la cooperación entre especies distintas– tuvo un papel fundamental en la aparición de la complejidad eucariota (Lynn Margulis, la bióloga que reinterpretó la evolución). La incorporación de bacterias aeróbicas permitió a los primeros eucariotas **respirar oxígeno** eficientemente, obteniendo mucha más energía (gracias a las futuras mitocondrias) Más adelante, la captación de bacterias fotosintéticas proporcionó la base para la **fotosíntesis** en eucariotas (cloroplastos), originando las algas y plantas (La teoría endosimbiótica). Estos eventos de endosimbiosis seriada ocurrieron hace cientos de millones a miles de millones de años, y facilitaron la diversificación de los eucariotas en los distintos reinos (protistas, hongos, animales y plantas) (La teoría endosimbiótica). En resumen, la teoría de Margulis no solo explica el origen de orgánulos clave, sino que subraya cómo la **integración de linajes distintos** fue crucial para la evolución de la vida compleja en la Tierra. Hoy en día, la endosimbiosis seriada se considera uno de los hitos centrales en la **evolución de los eucariotas**, estando incorporada en la biología evolutiva moderna como explicación del origen de la célula compleja.

ADN MITOCONDRIAL Y SU HERENCIA MATERNA

El **ADN mitocondrial (ADNmt)** es el material genético contenido en las mitocondrias, orgánulos celulares encargados de la respiración y producción de energía (ATP). A diferencia del ADN nuclear (localizado en cromosomas dentro del núcleo), el genoma mitocondrial es **pequeño, circular y multicopia**. En los seres humanos, consta de una molécula circular de aproximadamente

16.569 pares de bases que codifica **37 genes** (13 proteínas, 22 ARN de transferencia y 2 ARN ribosómicos) esenciales para el funcionamiento de la cadena respiratoria (PERSONAS DESAPARECIDAS ANÁLISIS FORENSE DE ADN E IDENTIFICACIÓN DE RESTOS HUMANOS). Este ADN carece de histonas y posee muy pocas regiones no codificantes, siendo un genoma compacto y con una tasa de mutación más alta que la del ADN nuclear. Cada célula puede contener **cientos a miles de copias** de ADNmt (varias copias por mitocondria y numerosas mitocondrias por célula), lo que contrasta con las 2 copias de cada gen nuclear por célula. Además, el ADNmt se replica y se transmite de manera diferente al nuclear, siguiendo un patrón de **herencia no mendeliana** particular.

Herencia exclusivamente materna: Una característica fundamental del ADN mitocondrial es que se **hereda casi exclusivamente por vía materna**. Esto significa que todos los hijos (hombres o mujeres) de una mujer recibirán sus mitocondrias (y ADNmt) prácticamente solo de ella, mientras que el aporte paterno de mitocondrias es nulo o se elimina tras la fecundación (¿Cuáles son las diferentes formas en las que una afección genética pueda ser heredada?: MedlinePlus Genetics). Durante la fertilización humana, el espermatozoide aporta esencialmente solo su núcleo al óvulo; las mitocondrias del espermatozoide (situadas en la cola) no contribuyen al embrión o son activamente degradadas. Estudios recientes han aclarado el mecanismo: se ha descubierto que los **espermatozoides humanos carecen prácticamente de ADN mitocondrial funcional**, pues sus mitocondrias no contienen copias de ADNmt (o no tienen el factor TFAM necesario para replicarlo) (Por qué el ADN mitocondrial sólo se hereda de la madre). En cambio, el **óvulo** aporta todas las mitocondrias iniciales al cigoto, estableciendo así una **línea materna** de transmisión. Como resultado, las variantes o mutaciones del ADNmt pasan de madre a hijos, pero *nunca* de padres varones a su descendencia (¿Cuáles son las diferentes formas en las que una afección genética pueda ser heredada?: MedlinePlus Genetics). Por ejemplo, una mujer portadora de una mutación mitocondrial la transmitirá a **toda su descendencia**, mientras que un varón portador *no la transmitirá a ninguno de sus hijos* (¿Cuáles son las diferentes formas en las que una afección genética pueda ser heredada?: MedlinePlus Genetics). Este patrón de herencia uniparental explica por qué se le denomina también **herencia materna**.

Características y funciones del ADNmt: El ADN mitocondrial codifica proteínas cruciales del sistema de fosforilación oxidativa (complejos de la cadena respiratoria), así como los ARN necesarios para su propia síntesis proteica. Sin embargo, la mayoría de las proteínas mitocondriales (más de 1000) están codificadas por genes nucleares, sintetizadas en el citosol y luego importadas a la mitocondria. Durante la evolución, se cree que muchas secuencias génicas se transfirieron desde el genoma mitocondrial al nuclear, dejando al ADNmt actual con un conjunto mínimo de genes (Endosimbiosis seriada - Wikipedia, la enciclopedia libre). Aun así, esos genes restantes son vitales: mutaciones en ellos pueden afectar gravemente la producción de energía celular. A diferencia del ADN nuclear, el ADNmt normalmente **no se recombina** (no hay intercambio genético entre diferentes líneas mitocondriales), por lo que las secuencias de ADNmt se transmiten clonales de madre a hijos, acumulando solo las mutaciones que ocurren a lo largo del tiempo. Esta propiedad, junto con su alta tasa de mutación, hace del ADNmt una herramienta valiosa para **estudios evolutivos** y de parentesco, ya que permite rastrear linajes maternos directos a lo largo de muchas generaciones con relativa claridad.

Importancia en estudios evolutivos y de población: La herencia estrictamente materna y la ausencia de recombinación del ADNmt facilitan reconstruir **árboles genealógicos maternos** y estimar tiempos de divergencia entre linajes. Comparando las secuencias de ADNmt de distintas personas o especies, los científicos pueden inferir cuán emparentadas están y hace cuánto compartieron un ancestro común femenino. Por ejemplo, el análisis global de la variación en el ADNmt humano permitió identificar a la llamada **"Eva mitocondrial"**, el ancestro materno común más reciente de todos los humanos modernos (tema que se detalla en la siguiente sección). Del

mismo modo, en genética de poblaciones, los diferentes **haplotipos** o *haplogrupos* mitocondriales (variantes características del ADNmt) se usan para seguir las migraciones y mezclas de poblaciones humanas prehistóricas. Gracias a su **reloj molecular** relativamente constante, el ADNmt ha sido fundamental para proponer hipótesis sobre la salida del Homo sapiens de África, la colonización de otros continentes y la relación evolutiva entre grupos étnicos. En especies no humanas, los genes mitocondriales (como el citocromo c oxidasa I) se emplean como marcadores para inferir árboles filogenéticos y también para identificación de especies (códigos de barras de ADN), dada su variabilidad genética inter-especies y conservación intra-especie.

Aplicaciones forenses: En genética forense, el ADN mitocondrial es especialmente útil en casos donde el ADN nuclear está muy degradado o es escaso. Dado que cada célula aporta muchas copias de ADNmt (en contraste con solo dos copias de ADN nuclear por gen), las probabilidades de recuperar ADNmt intacto de restos antiguos o muestras muy pequeñas son mayores. Por ello, en restos óseos antiguos, cabellos sin raíz, dientes, etc., a menudo se puede extraer suficiente ADNmt para su análisis incluso cuando el ADN nuclear no es viable. Otra ventaja es que, al heredarse por línea materna, el perfil de ADNmt de un individuo coincidirá con el de su madre, abuela materna, hermanos y hermanas (por vía de madre), tíos maternos, etc. Esto permite identificar restos humanos comparando el ADNmt de un cadáver desconocido con el de un **familiar materno** sobreviviente (PERSONAS DESAPARECIDAS ANÁLISIS FORENSE DE ADN E IDENTIFICACIÓN DE RESTOS HUMANOS). Un ejemplo histórico es la identificación de los **restos de la familia del Zar Nicolás II (los Romanov)**: se extrajo ADN mitocondrial de los huesos hallados y se comparó con el de parientes maternos vivos de los Romanov, lo que confirmó la identidad de los cuerpos encontrados (Hallazgo e identificación de los restos de los Romanov). En el ámbito criminal, el análisis de ADNmt se ha utilizado para vincular evidencias biológicas (como cabellos) con sospechosos o víctimas cuando no se dispone de suficiente ADN nuclear para un perfil de STR. También es importante mencionar que, debido a su herencia clonal, el ADNmt **no distingue individuos dentro de una misma línea materna** –es decir, personas emparentadas por vía materna tendrán ADNmt idéntico o muy similar–, por lo que su poder de discriminación es menor que el del ADN nuclear. Aun así, sigue siendo una herramienta poderosa para **exclusión e inclusión** de identidades en investigaciones forenses, complementando al ADN autosómico tradicional.

Enfermedades asociadas a mutaciones en el ADNmt: Las mutaciones en el ADN mitocondrial pueden causar un conjunto de **enfermedades hereditarias** conocidas como *enfermedades mitocondriales*. Estas dolencias típicamente afectan tejidos de alto consumo energético (sistema nervioso, muscular, cardíaco), debido a la disfunción en la producción de ATP. Siguen un patrón de herencia materna: una madre portadora puede transmitir la enfermedad a todos sus hijos, mientras que un padre portador no la transmite a ninguno. Un ejemplo bien documentado es la **neuropatía óptica hereditaria de Leber**, una enfermedad que causa ceguera en la adultez temprana, asociada a mutaciones en genes del ADNmt que afectan las células del nervio óptico (¿Cuáles son las diferentes formas en las que una afección genética pueda ser heredada?: MedlinePlus Genetics). Otro caso es el **síndrome de Leigh**, una grave enfermedad neurodegenerativa infantil; ciertas formas de este síndrome son provocadas por mutaciones en genes mitocondriales, como se observó en una familia donde la madre portaba una mutación en ADNmt responsable de Leigh que fue transmitida a sus hijos (Nace el primer niño con ADN de tres personas mediante la técnica de transferencia del huso meiótico - Genotipia). Otras enfermedades mitocondriales incluyen el síndrome MELAS (encefalomiopatía mitocondrial con acidosis láctica y episodios de ictus), el síndrome MERRF (epilepsia mioclónica con fibras rojas rasgadas) y la enfermedad de Kearns-Sayre, entre muchas. Los síntomas pueden variar ampliamente incluso entre miembros de una misma familia, en parte por un fenómeno llamado **heteroplasmia** (coexistencia de mitocondrias mutadas y normales en una misma célula). Estas enfermedades no tienen cura definitiva, pero el diagnóstico molecular del ADNmt ha permitido un mejor asesoramiento genético a las familias afectadas, y sienta las bases para explorar posibles terapias.

EVA MITOCONDRIAL

El término **"Eva Mitocondrial"** se refiere al **antepasado femenino común más reciente** de todos los humanos actuales, determinado a través del linaje genético mitocondrial. En otras palabras, es la mujer de la cual descienden, por línea materna ininterrumpida, *todas* las mitocondrias presentes hoy en la población humana. Si cada persona traza su genealogía exclusivamente a través de sus madres (madre, abuela materna, bisabuela materna, etc.), eventualmente todas las líneas convergen en una sola mujer: esa es la Eva mitocondrial. Es importante destacar que este concepto surge del análisis científico del ADNmt y no tiene connotaciones religiosas, aunque el nombre aluda metafóricamente a la "Eva" bíblica.

Método de identificación (reloj molecular): La existencia de una Eva mitocondrial es un resultado esperado de la coalescencia de linajes genéticos bajo herencia materna. Para encontrarla, los científicos comparan las secuencias de ADNmt de personas de diversas etnias y regiones del mundo. La alta variabilidad del ADNmt, acumulada por mutaciones a lo largo de las generaciones, permite estimar el tiempo que separa a dos individuos de un ancestro común: cuantas más diferencias en sus secuencias, más antiguo es su ancestro materno común. Usando el concepto de **reloj molecular** –suponiendo una tasa aproximadamente constante de mutación mitocondrial– se calcula el momento en que *todas* las líneas maternas confluyen. Los primeros estudios de este tipo, a finales de la década de 1980, analizaron muestras de ADNmt de poblaciones de todo el mundo y descubrieron que tenían una sorprendente similitud, apuntando a un origen común. Basándose en estos datos, se estimó que la Eva mitocondrial vivió hace alrededor de **150.000 años (±50.000)**, probablemente en África. Investigaciones posteriores han refinado estas cifras; se suele ubicar a la Eva mitocondrial entre hace ~100.000 y 200.000 años. La evidencia genética señala fuertemente que fue una **mujer africana**, ya que las poblaciones africanas actuales muestran la mayor diversidad de haplogrupos mitocondriales (lo que concuerda con un linaje materno más antiguo en ese continente). En contraste, las poblaciones de otros continentes poseen subconjuntos de esa diversidad africana, sugiriendo que sus ancestros salieron de África posteriormente. En resumen, *todos* los humanos modernos compartimos una misma madre ancestral lejana, por vía materna, que vivió en África en el Pleistoceno medio https://www.quimica.es/enciclopedia/Eva_mitocondrial)

Evidencias científicas: La hipótesis de la Eva mitocondrial se sustenta en múltiples líneas de evidencia genética. Por un lado, las comparaciones de secuencias de ADNmt de personas de distintas partes del mundo revelan que, pese a la diversidad, **todas las variantes mitocondriales derivan de una secuencia ancestral común.**

(https://www.quimica.es/enciclopedia/Eva_mitocondrial).

Dicho de otro modo, al reconstruir el árbol filogenético del ADNmt humano, todas las ramas actuales (haplogrupos) convergen en un tronco único. Este tronco corresponde a la secuencia que habría tenido la Eva mitocondrial. Además, la distribución geográfica de las variantes más ancestrales (los haplogrupos *L0, L1, L2, L3* en nomenclatura genética) está restringida a África, mientras que los haplogrupos presentes en Eurasia, Oceanía y América (por ejemplo, *M, N, etc.* descendientes de L3) son derivados de aquellos africanos. Esto respalda el origen africano de esta ancestro común. Los estudios iniciales (Cann, Stoneking y Wilson, 1987) y numerosos trabajos posteriores en genética de poblaciones han reforzado este esquema, integrándolo con datos de otros marcadores (como el **cromosoma Y**, que traza la línea paterna y cuyo ancestro común más reciente –el "Adán del cromosoma Y"– también vivió en África en una época relativamente cercana a la de Eva mitocondrial) (El cromosoma Adán y la Eva mitocondrial aparecieron en la Tierra en fechas similares). Cabe señalar que la existencia de una Eva mitocondrial no implica que en su época hubiese una única mujer o una única población; más bien indica que **solo su linaje femenino perduró sin interrupciones** hasta todos nosotros, mientras que los linajes de sus contemporáneas se extinguieron en algún punto (por falta de hijas en alguna generación, por ejemplo).

Aclarando conceptos erróneos: Un malentendido común es creer que la Eva mitocondrial fue "la única mujer" que existía en su tiempo o la primera mujer de la humanidad. En realidad, Eva mitocondrial **no fue la única mujer de su generación**, ni tampoco vivió en la época en que surgió la especie humana. Probablemente formó parte de una población de varios miles de individuos. Lo especial de Eva es que es la única entre sus contemporáneas cuya descendencia femenina siguió ininterrumpidamente hasta el presente. Muchas otras mujeres de su época también tuvieron hijos, y de hecho todos los humanos actuales tenemos multitud de ancestros de aquel entonces; sin embargo, en el caso de las demás mujeres, o bien no tuvieron hijas, o sus líneas femeninas eventualmente se extinguieron (en generaciones posteriores podría haber solo hijos varones, por ejemplo). Por tanto, *Eva mitocondrial no aporta todo nuestro genoma*, solo el ADNmt. De hecho, genéticamente representa solo una fracción ínfima de nuestra ascendencia (nuestro ADN nuclear proviene de muchísimos otros ancestros). Como lo expresan los divulgadores, el nombre "Eva" puede llevar a confusión: **no fue la primera humana ni la única mujer viva en su época**, sino simplemente la más reciente entre las mujeres antepasadas comunes por línea materna (El cromosoma Adán y la Eva mitocondrial aparecieron en la Tierra en fechas similares). Dicho nombre se eligió por analogía con la figura bíblica, pero en ciencia únicamente denota ese punto común en el árbol genealógico maternal de la humanidad. Entender esto es importante para no interpretar erróneamente el hallazgo: todos compartimos una misma tatarata tatarabuela lejana por vía materna, pero además de ella existían y contribuyeron muchos otros antepasados (hombres y mujeres) a nuestro acervo genético. En resumen, la **Eva mitocondrial** es un concepto poblacional que evidencia la unidad de la humanidad en su origen reciente y apoya la teoría de un **origen africano común** para *Homo sapiens*. Su identificación fue un logro de la genética evolutiva y ha sido corroborada y afinada con estudios posteriores, convirtiéndose en pieza central en el estudio de la evolución humana.

Importancia del ADN Mitocondrial

El ADN mitocondrial ha demostrado ser de enorme valor en múltiples disciplinas de la biología y la medicina. A continuación, se detallan algunas de sus aplicaciones e importancias más relevantes en **genética evolutiva**, **genealogía**, **ciencias forenses** y **medicina**:

1. Genética evolutiva y filogenia: El ADNmt es ampliamente utilizado como marcador molecular para estudiar la evolución de especies y poblaciones. Su transmisión clonal materna y tasa relativamente rápida de mutación permiten establecer relaciones de parentesco a distintas escalas temporales. En antropología y paleogenética, el análisis de ADNmt de restos antiguos (por ejemplo, momias, huesos prehistóricos) ha ayudado a esclarecer migraciones humanas y el parentesco entre poblaciones antiguas. Un caso destacado es la delineación de la migración humana "*Out of Africa*" (fuera de África) sustentada en patrones globales de variación mitocondrial. También se ha logrado identificar e incluso secuenciar ADNmt de especies extintas, como neandertales y mamuts, comparándolo con especies actuales para inferir su posición evolutiva. En filogenia molecular, genes mitocondriales (p.ej., los citocromos o el ADN ribosomal 16S en bacterias y orgánulos) se emplean rutinariamente para construir árboles evolutivos. Debido a que el genoma mitocondrial está presente en prácticamente todos los organismos eucariotas y posee regiones conservadas junto a regiones variables, es útil tanto para resolver relaciones profundas entre grandes grupos (comparando secuencias muy conservadas) como para distinguir poblaciones cercanas (usando regiones hipervariables). Por ejemplo, en zoología, la técnica de **"DNA barcoding[16]"** utiliza la secuencia del gen mitocondrial COI para identificar especies animales de manera rápida y confiable, aprovechando que cada especie tiene variaciones únicas en dicho fragmento. En resumen, el ADNmt actúa como un **registro evolutivo**: sus mutaciones acumulativas son como "marcas de tiempo" que permiten estimar hace cuánto divergieron dos linajes, lo que ha sido fundamental para fechar eventos evolutivos (como la divergencia entre humanos y chimpancés, la radiación de razas de perros, etc.).

[16] El "DNA barcoding" o código de barras de ADN, es la técnica usada para identificar la especie a la que pertenece un espécimen biológico, usando una secuencia corta de ADN y comparándola con una secuencia de referencia.

Su importancia en genética evolutiva radica en que ofrece una ventana relativamente clara al pasado matrilineal de los organismos.

2. Genealogía y estudios de linaje: En genealogía genética[17], el ADN mitocondrial juega un papel central para seguir la línea materna de un individuo. Dado que se transmite prácticamente sin mezclarse de madre a hijo, un **test de ADN mitocondrial** puede revelar si dos personas comparten una antepasada común por vía materna, aunque su parentesco por otras líneas no sea evidente. Empresas de test genéticos directos al consumidor suelen analizar el ADNmt para determinar el **haplogrupo mitocondrial**[18] del cliente, el cual proporciona información sobre su ascendencia materna profunda (por ejemplo, si proviene del linaje euroasiático *H* típico de Europa, del linaje *L* propio de poblaciones africanas subsaharianas, del *A/B/C/D* de linajes nativo-americanos, etc.). Este haplogrupo se define por ciertas mutaciones características y se correlaciona con regiones geográficas de origen ancestral. Así, muchas personas han descubierto sus orígenes maternos étnicos o geográficos mediante el análisis de ADNmt. Además, en investigaciones genealógicas específicas, el ADNmt puede ayudar a confirmar o descartar relaciones: por ejemplo, si dos familias sospechan tener una bisabuela común por línea femenina, sus descendientes femeninas deberían compartir el mismo perfil de ADNmt. De hecho, **pruebas de parentesco mitocondrial** se utilizan para verificar si individuos pertenecen a la misma rama materna (Test de ADN mitocontrial - Prueba de Herencia Materna - Ampligen). Un caso famoso fue la identificación de los restos de King Richard III de Inglaterra, hallados en 2012, cuyo ADNmt coincidió exactamente con el de dos descendientes femeninas de su familia materna, lo que confirmó su identidad cientos de años después. En suma, el ADNmt proporciona una herramienta única para conectar generaciones lejanamente separadas a través de la línea materna, complementando la información del apellido (que sigue la línea paterna tradicionalmente) y del ADN autosómico que combina aportes de todas las ramas.

3. Identificación forense y arqueológica: Como se mencionó en la sección anterior, el ADN mitocondrial es muy valioso en contextos forenses y de identificación de restos. Su abundancia en cada célula hace posible obtener perfiles genéticos aun de muestras muy deterioradas. En investigaciones criminales, cuando se encuentran **cabellos sin raíz**, uñas, huesos calcinados u otras evidencias donde el ADN nuclear no es suficiente, el análisis del ADNmt puede proporcionar información genética útil. Aunque el ADNmt por sí solo no individualiza completamente (salvo que se encuentre una diferencia, puede haber muchas personas con el mismo haplotipo), sí puede **excluir** a sospechosos si no coincide con la muestra, o **incluir** probabilísticamente si coincide, especialmente cuando se combina con otros indicios. En casos de personas desaparecidas, desastres masivos o conflictos armados, la identificación de restos humanos a menudo recurre al ADNmt para cotejarlo con familiares: por ejemplo, si se recuperan huesos de un desaparecido sin identificar, se puede comparar su ADNmt con el de su madre o con el de un hermano/hermana, tía materna, etc., buscando una coincidencia que confirme la identidad (PERSONAS DESAPARECIDAS ANÁLISIS FORENSE DE ADN E IDENTIFICACIÓN DE RESTOS HUMANOS). Organismos internacionales como el Comité Internacional de la Cruz Roja han establecido bases de datos de ADNmt de familiares de desaparecidos para facilitar estas identificaciones. La **arqueología molecular** también aprovecha el ADNmt: en momias o esqueletos antiguos, se ha podido determinar sexo (el ADNmt indica solo linaje materno, para sexo se usa generalmente cromosoma Y si es masculino) y parentesco entre individuos enterrados juntos, o confirmar linajes dinásticos (por ejemplo, establecer que ciertos restos pertenecían a miembros de una misma familia real antigua porque comparten el mismo ADNmt). Un logro destacable fue la confirmación de parentesco en la tumba de Tutankamón y otras momias de la familia real egipcia mediante ADNmt combinado con ADN nuclear. Asimismo, en investigaciones históricas, el ADNmt ha ayudado a autenticar reliquias:

[17] Genealogía genética es el uso de ADN para rastrear ancestros en genealogías familiares.

[18] Los haplogrupos mitocondriales son conjuntos de haplotipos similares definidos por combinaciones de polimorfismos nucleares únicos (SNP) en el ADNmt heredado de un ancestro común. Estos haplogrupos se forman como resultado de la acumulación secuencial de mutaciones a través de linajes maternos

un famoso caso es el **Hallazgo de los Romanov**, mencionado antes, donde el ADNmt jugó un rol decisivo para autenticar los restos del último Zar de Rusia y su familia comparándolos con parientes vivos (como el príncipe Felipe de Edimburgo, emparentado por vía materna con la Zarina Alejandra) (Hallazgo e identificación de los restos de los Romanov). En conclusión, el ADNmt es una herramienta estándar en la **caja de herramientas forense**, que complementa al análisis de STR nucleares, ampliando las posibilidades de lograr identificaciones en situaciones donde el material genético está comprometido.

4. Medicina y enfermedades genéticas: El estudio del ADN mitocondrial ha tenido gran impacto en la medicina, especialmente en el entendimiento de enfermedades metabólicas hereditarias y en avances de terapia génica y reproductiva. El reconocimiento de que ciertas patologías son causadas por mutaciones en el ADNmt (y no en el ADN nuclear) fue crucial para diagnosticar correctamente a pacientes que presentaban patrones de herencia materna. Actualmente, cuando se evalúa a un paciente con síntomas neuromusculares inexplicables, se considera la posibilidad de una enfermedad mitocondrial y se pueden secuenciar los 37 genes mitocondriales para buscar mutaciones causales. Esto ha permitido identificar síndromes antes misteriosos y brindar asesoramiento genético: por ejemplo, si una mujer es portadora de una mutación patogénica en su ADNmt, sabe que *todos* sus hijos podrían heredarlo, lo que plantea decisiones reproductivas difíciles. Aquí es donde la investigación médica ha dado un paso revolucionario: el desarrollo de la **terapia de reemplazo mitocondrial**. Esta técnica, también conocida popularmente como "bebés de tres padres", consiste en usar el óvulo de la madre portadora de la mutación, pero reemplazando sus mitocondrias defectuosas por mitocondrias sanas de una donante. En la práctica, se extrae el núcleo del óvulo de la madre (con su ADN nuclear intacto) y se inserta en un óvulo *enucleado* de una donante que tiene mitocondrias normales; luego se fecunda con el esperma del padre. El embrión resultante tiene el ADN nuclear de ambos padres (que determina prácticamente todas sus características físicas y genéticas) y el ADN mitocondrial de la donante sano. En 2016 se anunció el nacimiento del primer bebé libre de una enfermedad mortal gracias a esta técnica: una pareja con mutación de ADNmt causante del síndrome de Leigh tuvo un hijo sano con ADN de tres personas (padre, madre y una donante de mitocondrias) (Nace el primer niño con ADN de tres personas mediante la técnica de transferencia del huso meiótico - Genotipia). Este avance mostró directamente la relevancia médica del ADNmt: *interviniendo sobre él se pueden prevenir enfermedades antes inevitables*. Si bien existen debates éticos y se siguen estudiando los posibles riesgos a largo plazo de mezclar ADNmt de una persona con ADN nuclear de otra, países como el Reino Unido ya han reglamentado estas técnicas de reemplazo mitocondrial para uso clínico en prevención de enfermedades graves.

Más allá de la reproducción asistida, el ADNmt también está implicado en otros aspectos médicos. Por ejemplo, se ha observado que ciertas mutaciones mitocondriales somáticas (adquiridas durante la vida) se acumulan con la edad en tejidos como el cerebral y muscular, contribuyendo potencialmente al **envejecimiento celular** y a enfermedades degenerativas. Esto ha llevado a la llamada "teoría mitocondrial del envejecimiento", donde el daño en el ADNmt por radicales libres podría ser una de las causas del deterioro funcional asociado a la edad. Además, en oncología se investigan las mutaciones en ADNmt encontradas en algunos tumores, así como la posible liberación de ADNmt al torrente sanguíneo como biomarcador en ciertas patologías (por ejemplo, niveles de ADNmt libre circulante podrían indicar daño tisular o inflamación). Aunque estas áreas están en exploración, subrayan la importancia de la genética mitocondrial más allá de las enfermedades clásicas.

En el campo de la terapia génica, corregir defectos en el ADNmt es complejo debido a la dificultad de introducir genes en las mitocondrias (la mayoría de las terapias génicas actúan en el núcleo). Sin embargo, se están estudiando estrategias para mitigar los efectos de mutaciones mitocondriales, como usar moléculas que favorezcan la replicación de las mitocondrias sanas sobre las mutadas, o incluso editar el genoma mitocondrial mediante variantes adaptadas de CRISPR u otras nucleasas (un desafío técnico notable por las barreras de importación de ARN/ADN en

mitocondrias). El hecho de que las mitocondrias sean tan numerosas y esenciales en cada célula hace que cualquier avance en este terreno pueda tener un gran impacto terapéutico.

5. Conclusiones – un organelo, múltiples aplicaciones: El ADN mitocondrial, remanente de nuestro antiguo origen simbiótico, se ha convertido en un protagonista en numerosos ámbitos científicos. En evolución, nos cuenta la historia de la vida y la dispersión humana por el planeta; en genealogía, nos conecta con nuestras raíces maternas; en criminología y arqueología, ayuda a dar nombre a restos silenciosos; y en medicina, su alteración explica enfermedades y motiva innovadoras soluciones para evitarlas. Su estudio ejemplifica la belleza de la biología integrativa: un pequeño fragmento de ADN, transmitido de madres a hijos desde tiempos inmemoriales, que hoy nos permite entender mejor nuestro pasado y mejorar nuestra vida presente. Las investigaciones continúan, pero sin duda el **ADN mitocondrial** seguirá siendo clave en la genética evolutiva, la **bioarqueología**[19] y la medicina del futuro, arrojando luz sobre preguntas fundamentales de la ciencia y la humanidad. **(PERSONAS DESAPARECIDAS ANÁLISIS FORENSE DE ADN E IDENTIFICACIÓN DE RESTOS HUMANOS)**

(¿Cuáles son las diferentes formas en las que una afección genética pueda ser heredada?: MedlinePlus Genetics)

NOTA: Los párrafos en color son enlaces al punto de consulta de la información.

---

[19] La bioarqueología es la ciencia que estudia los restos óseos humanos que son recuperados en sitios arqueológicos.

TEMA 7: EVOLUCIÓN DARWINANA

En este tema se trata las diferentes concepciones sobre la vida en la Tierra y la evolución, abordando tanto las teorías antiguas como las más modernas.

1. ¿Qué es la evolución?

📌 La **evolución** es el proceso mediante el cual las características genéticas de las poblaciones **cambian con el paso del tiempo**.

📌 Pero no hay que confundir estos cambios. No se refiere a cambios individuales, sino a **cambios heredables** en las poblaciones.

📌 Esto puede ocurrir a diferentes escalas:

• **Microevolución**: Pequeños cambios en una población (ejemplo: resistencia a antibióticos en bacterias).

• **Macroevolución**: Cambios grandes que pueden llevar a la **formación de nuevas especies (especiación)**.

2. Visiones antiguas sobre la vida

🔷 **Aristóteles (384-322 a.C.),** observó **similitudes entre organismos** y planteó que podían organizarse en un **orden de perfección**.

• Esta idea **no era evolucionista**, pero sentó bases para estudios posteriores.

🔷 **Creacionismo**

• El creacionismo está basado en la creencia de que las especies y la naturaleza **no cambian con el tiempo** ya que fueron creados tal y como los conocemos.

Esta idea del creacionismo tiene raíces muy antiguas, pero su propagación y las formas en que se ha manifestado han variado a lo largo de la historia:

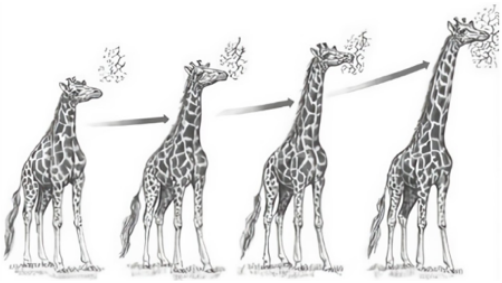
- **Orígenes antiguos**:
  - Las ideas creacionistas se remontan a las primeras civilizaciones, con mitos y relatos de creación presentes en diversas culturas.
  - Las religiones abrahámicas (judaísmo, cristianismo e islam) han desempeñado un papel fundamental en la difusión de las creencias creacionistas, con interpretaciones de sus textos sagrados que postulan la creación divina.
- **Desarrollo histórico**:
  - A lo largo de la Edad Media, las interpretaciones literales de la Biblia dominaron el pensamiento occidental.
  - Con el surgimiento de la ciencia moderna y la teoría de la evolución de **Charles Darwin** en el siglo XIX, el creacionismo comenzó a enfrentarse a fuertes desafíos.
- **Siglo XX y XXI**:
  - En el siglo XX, surgió un movimiento creacionista más organizado, especialmente en Estados Unidos, en respuesta a la enseñanza de la evolución en las escuelas.
  - El "creacionismo científico" o "diseño inteligente" intenta presentar argumentos pseudocientíficos a favor de la creación divina. Para ello sostiene que las características del universo, de nuestro planeta y de la vida sólo pueden explicarse asumiendo que todo ello ha sido creado de manera dirigida por un ser de inteligencia superior (Dios).
  - Hoy en día, el creacionismo sigue siendo un tema de debate, con diversas variantes y niveles de aceptación en diferentes partes del mundo.

Estos son algunos de los puntos clave sobre el creacionismo:

- **Origen divino**: El creacionismo sostiene que el origen del universo y la vida no se debe a procesos naturales, sino a la intervención directa de una entidad divina.
- **Interpretación de textos religiosos**: Muchas formas de creacionismo se basan en interpretaciones literales de textos religiosos, como el libro del Génesis en la Biblia.
- **Oposición a la evolución**: El creacionismo a menudo se presenta como una alternativa a la teoría científica de la evolución.

- **Variantes de en la creencia del creacionismo**:
  - **Creacionismo clásico**: Interpreta literalmente las sagradas escrituras, especialmente la Biblia, y niega toda forma de evolución biológica.
  - **Creacionismo de la Tierra Joven**: Sostiene que la Tierra y el universo son relativamente jóvenes. Según los cálculos que efectúan basados en la Biblia (A.T.), la Tierra tendría entre 6.000 y 10.000 años.
  - **Creacionismo de la Tierra Vieja**: Acepta que la Tierra, como dice la ciencia, tiene unos 4.500 millones de años, pero sosteniendo que la vida fue creada por Dios.
  - **Creacionismo evolutivo o evolución teísta**: Sostiene que Dios creó la vida y luego permitió que evolucionara a través de procesos naturales.

🔷 Lamarckismo (La Primera Teoría de la Evolución Biológica).



• En naturalista francés **Jean-Baptiste Lamarck**, 1744-1829), formuló que los organismos **desarrollan características en respuesta al ambiente** y las transmiten a sus descendientes.

• **Ejemplo clásico**: Las jirafas desarrollaron un largo cuelo porque necesitaban alcanzar hojas más altas de los árboles, cuando realmente esa no es su manera de comer ya que lo hacen de plantas que están en el suelo.



• **Error**: Esto se basaba en una "necesidad interna de evolucionar", lo cual no es científicamente válido.

1. Principales ideas del lamarckismo

📌 Herencia de los caracteres adquiridos

• Los organismos desarrollan modificaciones en respuesta a su ambiente.
• Estas modificaciones **se transmiten a la descendencia**.
• **Ejemplo**: Lo dicho anteriormente en relación con la jirafa que estira su cuello cono necesidad para alcanzar hojas más altas.

📌 Evolución por necesidad como consecuencia

• Lamarck pensaba que los seres vivos tienen una necesidad interna de evolucionar hacia la perfección.
• Propuso que los organismos **aparecen espontáneamente** y evolucionan en un orden de complejidad creciente.

📌 Dimensión histórica de los organismos

• Fue de los primeros en reconocer que los seres vivos han cambiado a lo largo del tiempo.

• Descartó la idea de que el mundo era **joven e inmutable**.

2. ¿Por qué se considera erróneo el lamarckismo?

❌ **Los caracteres adquiridos no se heredan**

• Sabemos que los cambios en el cuerpo de un individuo durante su vida (como músculos desarrollados o un cuello estirado) no afectan su ADN y no se transmiten a la descendencia.

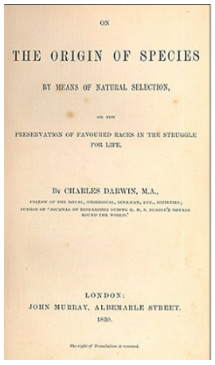
❌ **La evolución no ocurre por "necesidad"**

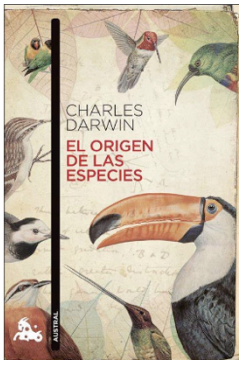
• Hoy sabemos que los organismos no evolucionan porque "necesiten" adaptarse, sino porque las mutaciones aleatorias y la selección natural favorecen ciertos rasgos.

3. ¿Qué aportó Lamarck a la ciencia?

✓ Introdujo la idea de que **las especies cambian con el tiempo**.
✓ Propuso que la evolución **está influenciada por el ambiente**.
✓ Inspiró teorías posteriores, como la de **Darwin y la selección natural**.

Conclusión: Aunque su mecanismo era incorrecto, **Lamarck fue un pionero** en el estudio de la evolución, ya que su idea de que los organismos cambian con el tiempo **fue clave para el desarrollo de la biología evolutiva**.





DARWIN Y LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

📌 **1. Charles Darwin y su obra**

• **Charles Darwin (1809-1882)** publicó en **1859** su libro **"El Origen de las Especies"**, donde propuso que la **evolución ocurre por selección natural**.

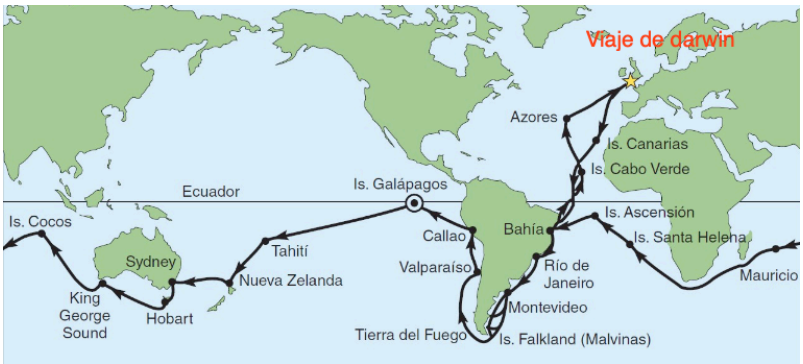
• Aunque el libro no incluyó a otros autores, hoy se reconoce que **Alfred Russel Wallace (1823-1913)** propuso de manera **independiente** el mismo mecanismo.



📌 **2. Formación y viaje de Darwin**

• Inició estudios de **medicina**, pero los abandonó y se formó en teología en Cambridge.

• En **1835**, con **26 años**, se embarcó en el **Beagle**, un barco mercante que partió de **Plymouth, Inglaterra**, en **1831**. • Este viaje **duró 5 años** y fue crucial para el desarrollo de su teoría.



📌 **3. ¿En qué consiste la selección natural?**

✓ **Los organismos tienen variaciones heredables** (algunas diferencias entre individuos se transmiten a la descendencia).

✓ **No todos sobreviven**: Hay más descendientes de los que pueden sobrevivir.

✓ **Supervivencia del más apto**: Los individuos con características más favorables tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse.

✓ **Con el tiempo, estas características se vuelven más comunes en la población**.

📌 **Ejemplos clásicos:**

Pinzones de las Galápagos:

• En su viaje, Darwin observó que los **pinzones** en distintas islas tenían picos adaptados a diferentes tipos de alimento.

• Concluyó que todos descendían de un ancestro común, pero habían evolucionado según su ambiente.

El Esfinge (*Xanthopan morganii*) y Orquídea de Darwin:



- La llamada esfinge es una **especie de polilla** con una **larga trompa** especializada en extraer néctar de flores profundas. Su existencia fue **predicha por Darwin** antes de ser descubierta, ya que consideró que debía de existir un insecto con una tropa lo suficientemente larga al ver la estructura de una orquídea con **un nectario extremadamente largo**.
- Décadas después, se descubrió lo que fue llamado **esfinge de Darwin**, una polilla con una **trompa de hasta 30 cm**, que puede alimentarse de la orquídea.
- Este caso es un ejemplo clásico de **coevolución**, donde dos especies evolucionan juntas debido a su interacción.

EL DESARROLLO DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN: DARWIN Y WALLACE

📌 **1. El trabajo de Darwin**

• Tras su viaje en el **Beagle**, Darwin pasó **cerca de 20 años** recopilando datos, analizando evidencias y formulando su teoría.

• Se basó en sus observaciones de la **variabilidad en las especies**, la selección artificial en criadores de animales y la adaptación al ambiente.

📌 **2. Alfred Russel Wallace y su contribución**

• Wallace realizó expediciones al **archipiélago malayo**, donde estudió su rica fauna y flora.

• De manera **independiente**, llegó a la misma conclusión que Darwin: **el motor de la evolución es la selección natural**.

📌 **3. La publicación apresurada de Darwin**

• Wallace, sin saber que Darwin tenía ideas similares, le envió un ensayo describiendo la **selección natural** y pidiendo su opinión.

• Al darse cuenta de que Wallace había llegado a la **misma teoría**, Darwin se apresuró a publicar su obra **"El Origen de las Especies" (1859)** para no perder la prioridad en el descubrimiento.

📌 **Conclusión**: Aunque Darwin es el nombre más reconocido, **Wallace jugó un papel crucial** en el desarrollo de la teoría de la evolución. Ambos naturalistas fueron presentados en una **sesión conjunta en 1858**, donde expusieron sus ideas.

- El proyecto de Darwin en su correspondencia:
- **https://www.darwinproject.ac.uk/**

LOS 4 PRINCIPIOS DE LA SELECCIÓN NATURAL DE DARWIN

La teoría de la evolución por selección natural de **Charles Darwin** se basa en **cuatro postulados clave**:

1. Variación en las poblaciones

📌 **¿Qué significa?**

• Los individuos que componen las poblaciones tienen **combinaciones únicas** de caracteres (físicos, metabólicos, fisiológicos, inmunológicos, etc.)

• Estas variaciones pueden afectar a la **supervivencia y reproducción**.

📌 **Ejemplo:**

• Algunos ciervos tienen patas más largas, lo que les permite huir mejor de los depredadores.

• Estas características pueden ser **heredables**, lo que significa que **se transmitirán a la descendencia**.

2. Sobreproducción

📌 **¿Qué significa?**

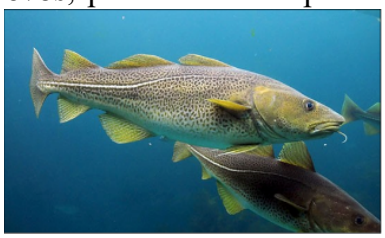
• **Las especies producen más descendientes** de los que pueden sobrevivir en un ambiente dado.

• Esto aumenta la competencia y la presión de selección.



📌 **Ejemplo:**

• Una **rana puede poner 10.000 huevos**, pero solo unos pocos sobrevivirán hasta la adultez.



• Una **hembra de bacalao puede producir hasta 40 millones de huevos**, pero la mayoría no llegará a reproducirse.

3. Crecimiento poblacional limitado (Lucha por la existencia)

📌 **¿Qué significa?**

• **El ambiente tiene recursos limitados** (comida, agua, espacio, luz).

• Como hay **más individuos de los que el ambiente puede sostener**, se genera **competencia**.



📌 **Ejemplo:**

• En una sabana con **poca agua**, los animales más fuertes o rápidos tienen más acceso a los recursos.

• Aquellos que **no pueden competir** eficientemente, **morirán antes de reproducirse**.

4. Éxito reproductor diferencial ("Supervivencia del más apto")

📌 **¿Qué significa?**

• **Los individuos con características favorables** (mejor adaptación al ambiente) tienen **mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse**.

• Esas características **se transmiten a la descendencia** y **se acumulan en la población**.

📌 **Ejemplo:**

• **Las jirafas con cuellos más largos** pueden alcanzar hojas más altas, lo que les da una ventaja en épocas de escasez. Con el tiempo, los **cuellos largos** se vuelven comunes en la población.

Aunque en las clases el profesor dijo que esto era falso, porque las jirafas comen nada más que la vegetación que se encuentra en el suelo, pero esto no es así: la dieta principal de las jirafas consiste en **hojas, arbustos y flores y frutos de árboles de acacias y mimosas** que tienen espinas y son difíciles de alcanzar**.** Pueden consumir hasta **35 kg de hojas al día**.

Solamente en épocas de escasez se inclinan pueden inclinan para comer del suelo, pero **su anatomía no está optimizada para ello** (por eso tienen un movimiento muy peculiar al beber agua).

La **hipótesis de la ventaja alimentaria** que planteó Darwin sostiene que al tener el cuello largo las permite acceder a **hojas altas**, evitando la competencia con otros herbívoros.

Existe también otra teoría complementaria que sugiere que el cuello largo está relacionado con la **selección sexual**, ya que los machos compiten entre sí golpeándose el cuello, y los más fuertes tienen más éxito reproductivo.

Conclusión:

✓ La selección de cuellos largos tiene sentido ecológico.

✓ La **competencia y la selección sexual** también han influido en la evolución del cuello largo.

✓ **No dependen de los alimentos del suelo**, aunque pueden consumirlos ocasionalmente, cuando escasea el alimento.

→ **Evolución y especiación**





📌 **Si dos poblaciones quedan aisladas, cada una puede evolucionar de manera distinta** debido a diferentes presiones ambientales.

📌 Con el tiempo, los cambios genéticos acumulados pueden **convertirlas en especies diferentes**.

Conclusión: La Evolución es un Juego de Probabilidades

📌 **La selección natural no es un proceso dirigido**, sino que funciona como **un juego probabilístico**:

✓ Los individuos con mejores adaptaciones tienen **más posibilidades de dejar descendencia**.

✓ No siempre sobrevive "el más fuerte", sino el **más adaptado al ambiente**.

EL EXPERIMENTO DE PETER Y ROSEMARY GRANT SOBRE LA EVOLUCIÓN EN ACCIÓN

📌 **1. La selección natural es una teoría científica**

• Como cualquier teoría científica, **puede ser confirmada o refutada** mediante el **método científico**.

• Un ejemplo clave que **confirma la evolución por selección natural** es el experimento de los biólogos evolutivos británicos **Peter y Rosemary Grant**.





📌 **2. Inicio del experimento**

• **Comenzó en 1973**.

• Se llevó a cabo en la isla **Daphne Mayor** (40 hectáreas) en el archipiélago de las Galápagos.

• Se estudió al **pinzón terrestre mediano (Geospiza fortis)**, una especie que se alimenta de semillas.

📌 **3. Características del estudio**

• La isla **tiene poca migración de pinzones**, lo que permite un estudio más controlado.



• Todos los individuos **han sido capturados y marcados desde 1973**.

• Se midieron características como:

• **Peso**

• **Longitud de alas y cola**

• **Tamaño del pico (altura, anchura y longitud)**.

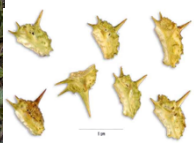
📌 **4. Descubrimientos clave: Variación y Heredabilidad**

• Se encontró que **el tamaño del pico varía entre individuos**.

• **Peter Boag** estimó la heredabilidad del tamaño del pico.

• Las crías tienden a tener picos similares a los de sus padres, lo que indica que esta característica es heredable.





📌 **Conclusión:**

✓ **La evolución es un proceso observable en tiempo real**.

✓ **El tamaño del pico es una característica heredable** y puede cambiar con la selección natural.

✓ **El estudio de los Grant es una de las mejores pruebas de la evolución darwiniana** en acción.

RESULTADOS DEL EXPERIMENTO: SELECCIÓN NATURAL EN ACCIÓN

El experimento de **Peter y Rosemary Grant** con los pinzones de las Galápagos **confirmó la evolución por selección natural** al observar cambios en el tamaño del pico como respuesta a condiciones ambientales extremas.

1. Impacto de la sequía de 1977

📌 **Sobreproducción y Crecimiento Poblacional Limitado**

• **Gran sequía en Daphne Mayor** en **1977**.

• **Desaparición del 84%** de los pinzones terrestres medianos.

• Alta correlación entre **la escasez de semillas y la mortalidad**.

📌 **Conclusión**: La población estaba **limitada por los recursos disponibles**, lo que generó **competencia por la supervivencia**.

2. Selección Natural: Picos más grandes sobrevivieron

📌 **¿La supervivencia fue al azar?**

• Se midieron **los picos de los individuos sobrevivientes**.

• Se encontró que los pinzones con los picos más altos sobrevivieron en mayor proporción.

📌 **Explicación:**

• En condiciones normales, los pinzones **comen semillas pequeñas y blandas**.

• Con la sequía, **estas semillas desaparecieron**, dejando solo **semillas grandes y duras de *Tribulus cistoides***.

• Solo los pinzones con picos más altos podían romperlas, lo que les dio ventaja evolutiva.

📌 **Conclusión**:

• La sequía actuó como una presión selectiva favoreciendo picos más grandes.

• Los pinzones con esta característica sobrevivieron y dejaron más descendencia.

3. Cambio Ambiental y Selección Natural Dinámica (1983)

📌 **Un cambio en la presión evolutiva**

• En **1983**, ocurrió una temporada extremadamente húmeda con lluvias intensas.

• Las semillas pequeñas y blandas volvieron a ser abundantes.

📌 **Nuevo resultado:**

• Ahora, los pinzones con picos más pequeños tenían ventaja porque podían capturar rápidamente las semillas blandas.

• Los picos grandes ya no eran la mejor adaptación, mostrando que la selección natural cambia según el ambiente.

📌 **Conclusión**:

• La selección natural no es fija, es dinámica.

• Un carácter puede ser ventajoso o desventajoso dependiendo del ambiente.

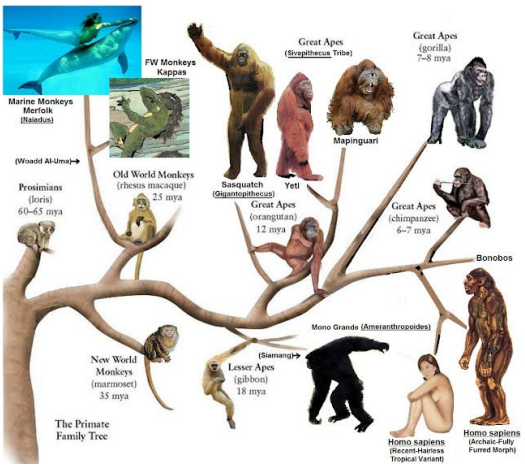
Conclusión General:

✓ La selección natural es un proceso observable en solo unas pocas generaciones.

✓ Las condiciones ambientales determinan qué características son ventajosas en cada momento.

✓ Este estudio es una de las pruebas más sólidas de la evolución en acción.

EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN SEGÚN DARWIN Y LA CIENCIA MODERNA



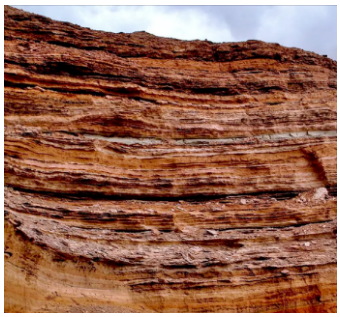
La evolución sostiene que **toda forma de vida comparte un ancestro común**. Para demostrarlo, existen múltiples evidencias científicas reconocidas tanto por **Darwin** como por la comunidad científica actual.

Sin embargo, a Darwin no se le entendió bien. En su obra “El origen de las especies” nunca dijo literalmente que el hombre viniera del mono. Eso es una interpretación errónea de sus ideas. Pero a partir de la publicación de su libro comenzaron a salir caricaturas ridiculizándole. Una de las más famosas salió en la portada de la revista francesa "*La Petite Lune*" en 1880, mostrando a Darwin con rasgos simiescos.

Lo que dice en su obra: *"Es altamente probable que los ancestros de los humanos hayan vivido en África", s*e confirmó con el hallazgo de fósiles de **Australopithecus** y otros homínidos africanos.

Otra de sus afirmaciones fue: *"La diferencia entre el hombre y los animales superiores, aunque grande, es de grado y no de tipo". E*s decir, las diferencias entre los humanos y otros animales **son cuantitativas, no cualitativas**.

Lo que sucedió fue que en esa época su teoría **contradecía el fuerte arraigo popular del creacionismo.**



1. El Registro Fósil: Evidencia Directa de la Evolución

📌 ¿Qué es el registro fósil?

• Son los restos o señales de **organismos pasados**, conservados en **rocas sedimentarias**

• Permiten reconstruir la historia de la vida en la Tierra.



📌 Tipos de fósiles:

✓ **Estromatolitos**: Formaciones creadas por bacterias hace miles de millones de años.

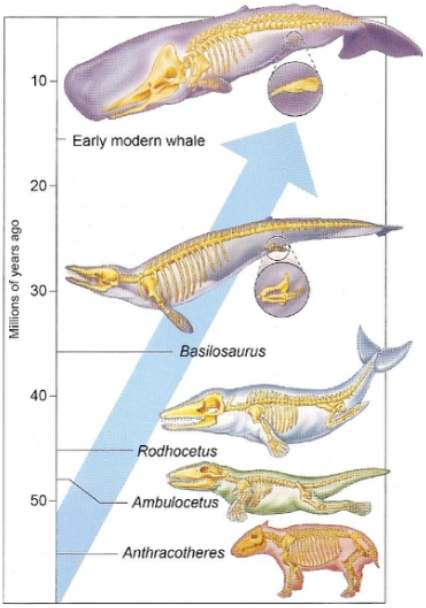


✓ **Icnofósiles**: Huellas y marcas de actividad biológica (ej. huellas de dinosaurios).

✓ **Resina fósil (ámbar)**: Insectos atrapados en resina prehistórica.

✓ **Nanofósiles, microfósiles y macrofósiles**: Dependiendo del tamaño de los restos.

📌 ¿Qué nos dicen los fósiles?



• Muestran **cambios evolutivos** a lo largo del tiempo.

• Confirman el aumento progresivo de la complejidad biológica desde organismos simples hasta los actuales.

• **Ejemplo bien documentado**: La evolución de las ballenas, que pasaron de ser mamíferos terrestres, a adaptarse al medio acuático.

2. Anatomía Comparada: Semejanzas y Diferencias entre Especies

📌 ¿Qué es la anatomía comparada?

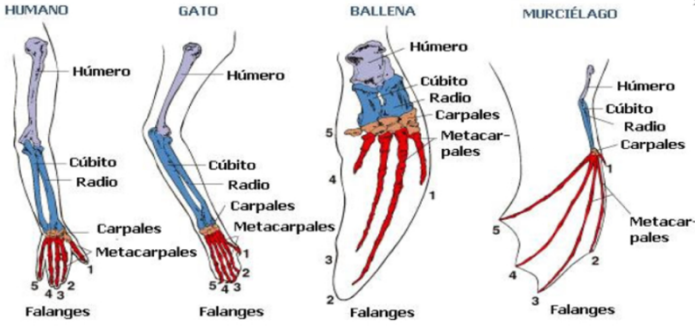
• Estudia y compara **las estructuras corporales de diferentes seres vivos** para identificar similitudes y diferencias.

📌 Tipos de estructuras anatómicas:

⇒ 1- **Homologías**:

✓ **Estructuras con el mismo origen evolutivo**, aunque pueden tener funciones diferentes.

Ejemplo: **Las extremidades de los mamíferos** (alas de murciélagos, brazos humanos, patas de caballos) tienen la misma estructura ósea porque **provienen de un ancestro común**.



⇒ 2-**Analogías u homoplasias**:

✓ **Estructuras con funciones similares, pero con orígenes evolutivos diferentes**.




Ejemplo: **Las alas de insectos y las de aves**. Ambas sirven para volar, pero evolucionaron de manera independiente.

📌 **Evolución convergente**:

• Ocurre cuando organismos no relacionados desarrollan estructuras similares debido a presiones ambientales parecidas.

• Ejemplo: Los delfines (mamíferos) y los tiburones (peces) tienen cuerpos hidrodinámicos similares, pero no comparten un ancestro común cercano.

Conclusión:

✓ El registro fósil y la anatomía comparada confirman la evolución.

✓ Las homologías indican descendencia común, mientras que las analogías reflejan evolución convergente.

✓ La evolución es un proceso continuo que puede observarse en múltiples líneas de evidencia.

ESTRUCTURAS VESTIGIALES: EVIDENCIA DE LA EVOLUCIÓN

📌 **1. ¿Qué son las estructuras vestigiales?**

• Son órganos o partes de órganos degenerados y sin función en la actualidad.

• Reflejan restos de estructuras que fueron útiles en ancestros, pero que, debido a cambios ambientales, fue ventajoso perder.

📌 **Ejemplos en humanos:**

✓ **Apéndice**: En ancestros herbívoros ayudaba a digerir celulosa; hoy su función es mínima y es un resto vestigial. Esto lo ha dicho el profesor, pero hoy está superado. Antes se pensaba que el apéndice era **vestigial**, ahora se sabe que tiene funciones en el sistema inmunológico y digestivo. Es verdad que se puede vivir sin él, pero **su presencia ayuda a la salud intestinal**.

✓ **Coxis**: Resto de la cola que tenían nuestros ancestros primates.

✓ **Músculos de las orejas**: Algunos humanos pueden moverlas, pero ya no tienen una función clara.

📌 **Ejemplos en animales:**

✓ **Patas vestigiales en serpientes** (*boa y pitón*) muestran que descendieron de reptiles con extremidades.

✓ **Huesos de patas en ballenas** sugieren su evolución a partir de mamíferos terrestres.

✓ **Ojos en peces y salamandras ciegas** que viven en cuevas oscuras.

2. ¿Por qué no desaparecen por completo?

📌 **Presión selectiva débil**

• Si la estructura **no es dañina**, la selección natural no actúa fuertemente para eliminarla.

📌 **Limitaciones del desarrollo**

• Algunas estructuras **no pueden eliminarse completamente** porque están relacionadas con otros procesos del desarrollo.

📌 **Ejemplo:** Aunque las ballenas no necesitan patas, los genes que regulan su desarrollo aún pueden producir restos óseos de patas.

Conclusión:

✓ Las estructuras vestigiales son evidencia de la evolución, mostrando cómo los organismos han cambiado con el tiempo.

✓ No desaparecen por completo porque su eliminación no siempre es necesaria o posible.

✓ Ejemplos en humanos y animales confirman que compartimos ancestros con especies pasadas.

BIOGEOGRAFÍA Y EVOLUCIÓN: EVIDENCIAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

📌 **1. ¿Qué es la biogeografía?**

• Es el estudio de la **distribución geográfica de los seres vivos**, tanto en el presente como en el pasado.

• Darwin observó que la fauna de las islas se parecía más a la del continente más cercano que a la de otras islas con climas similares.

• Esto sugiere que las especies colonizaron las islas desde el continente y evolucionaron de forma independiente.

📌 **Ejemplo:**

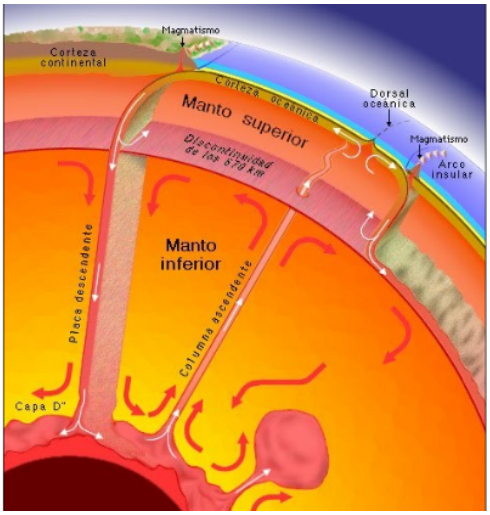
• **Pinzones de las Galápagos**: Presentan variaciones en el tamaño y forma del pico según la isla, mostrando **adaptación a diferentes fuentes de alimento.**

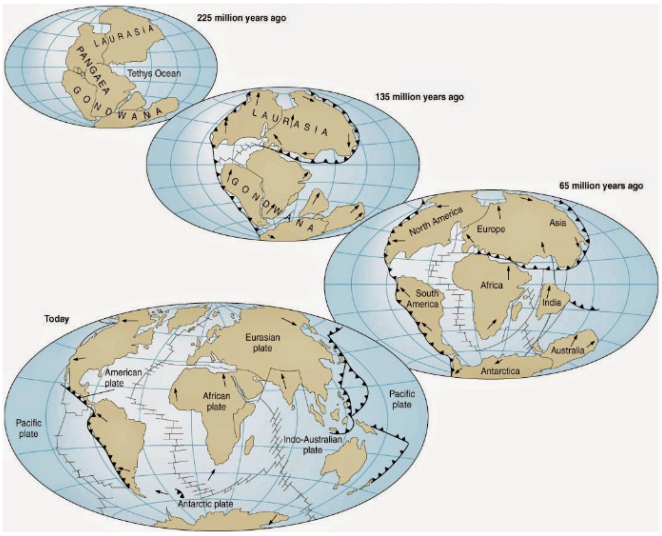
2. Deriva Continental y la Distribución de Especies

📌 **Alfred Wegener y la Teoría de la Deriva Continental (1915)**

• Wegener propuso que todos los continentes estuvieron unidos en un solo supercontinente llamado Pangea.

• No pudo explicar cómo se movían los continentes, por lo que su teoría no fue aceptada de inmediato.





📌 **La Explicación Moderna: Tectónica de Placas (1960 - Biogeografía y Deriva Continental**

La evolución y la distribución de los organismos están relacionadas con los cambios geológicos de la Tierra.

3. Deriva Continental y Evolución

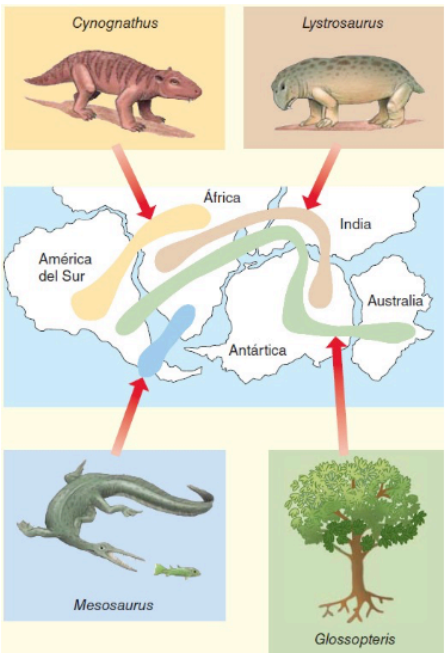
📌 **Evolución de los continentes** desde hace **225 millones de años** hasta la actualidad.

• **Pangea** (el supercontinente original) se fragmentó en **Laurasia y Gondwana** hace aproximadamente **135 millones de años**.

• Hace **65 millones de años**, los continentes ya se parecían a su disposición actual, pero todavía en movimiento.

• Hoy, los continentes siguen desplazándose debido a la **tectónica de placas**.

📌 **Impacto en la evolución**



✔ **El aislamiento geográfico** generado por la fragmentación de los continentes promovió la evolución de especies distintas en cada región.

✔ Explica por qué existen especies relacionadas en continentes separados, como marsupiales en Australia y América del Sur.

✔ La separación de hábitats impulsó la **especiación** y el desarrollo de nuevas formas de vida.

4. Biogeografía y Evidencias de la Deriva Continental

📌 **La distribución de fósiles idénticos en continentes hoy separados**.

• Esta es una de las principales **evidencias de la deriva continental y de la evolución**.

📌 **Ejemplos de fósiles compartidos en diferentes continentes:**

🔷 **Cynognathus** (reptil terrestre): Encontrado en **Sudamérica y África**, demostrando que estos continentes estaban unidos.

🔷 **Lystrosaurus** (reptil herbívoro): Sus fósiles se encuentran en **África, India y Antártida**, lo que indica que estas regiones estaban conectadas en el pasado.

🔷 **Mesosaurus** (reptil acuático): Hallado en **Sudamérica y África**, pero **incapaz de cruzar océanos**, lo que prueba que ambos continentes estaban unidos.

🔷 **Glossopteris** (planta fósil): Sus restos han sido encontrados en **Sudamérica, África, India, Antártida y Australia**, lo que sugiere una distribución amplia antes de la fragmentación de Pangea.

📌 **Conclusión:**

✔ La biogeografía explica cómo la evolución ha sido influenciada por los cambios geológicos.

✔ Los fósiles en diferentes continentes prueban que estos estuvieron conectados en el pasado.

✔ La fragmentación de Pangea promovió la diversificación de las especies en distintos continentes.

TEMA 8: LA EVOLUCIÓN DESPUÉS DE DARWIN

⇒ CONCEPTOS DE DARWIN Y MENDEL

• Darwin publicó *El origen de las especies* en 1859, donde propuso la selección natural como mecanismo de cambio biológico.

• Sin embargo, no pudo explicar cómo se transmiten las características ventajosas de una generación a otra.

• Gregor Mendel, en su monasterio en la actual República Checa, proporcionó la respuesta con sus leyes de la herencia genética.

• Aunque Darwin leyó sobre los experimentos de Mendel, no se pusieron en contacto.

1. La Síntesis Moderna de la Evolución:

• Se logró en las décadas de 1930 y 1940, combinando la teoría darwiniana con la genética mendeliana.

• Científicos clave en esta síntesis fueron:

• Theodosius Dobzhansky (genetista)

• Ronald Fisher (genetista y estadístico)

• J.B.S. Haldane (genetista)

• Julian Huxley (biólogo evolutivo)

• Ernst Mayr (biólogo evolutivo y ornitólogo)

• George Gaylord Simpson (paleontólogo)

• G. Ledyard Stebbins (botánico).

2. Aspectos clave de la evolución según la Síntesis Moderna:

• La evolución es la acumulación de cambios genéticos dentro de las poblaciones a lo largo del tiempo.

• Se basa en dos principios fundamentales:

• **Mutaciones**: Son cambios en las secuencias del ADN que introducen variabilidad en las poblaciones.

• **Leyes de Mendel**: Explican cómo se transmiten los alelos a la descendencia.

⇒ INTRODUCCIÓN A LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA

• La **biología evolutiva** estudia el origen y cambios de los seres vivos a través del tiempo.

• Preguntas clave:

• ¿Cómo participa el azar en la evolución?

• ¿Cómo se originan las especies?

• ¿Por qué la evolución es más rápida en unas especies que en otras?

• ¿Existen tasas de especiación y extinción?

• ¿Por qué prevalecen caracteres aparentemente inútiles en poblaciones?

3. Mecanismos Evolutivos

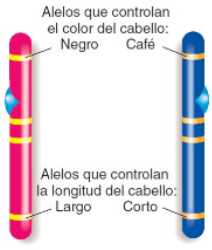
• Son factores que influyen en las características genéticas de una población a lo largo del tiempo y pueden provocar especiación.

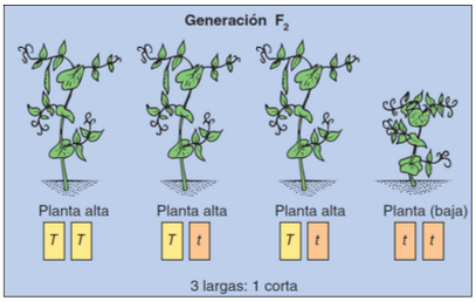
• Ejemplo: Dos poblaciones diferenciadas de **rebeco o sarrio** (*Rupicapra pyrenaica*) en la península ibérica.

4. Genética de Poblaciones y sus conceptos

• Estudia los cambios en las **frecuencias alélicas** en una población.

• Conceptos clave:





- **Alelos**: formas alternativas de un gen (dominantes y recesivos).
- **Acervo genético**: conjunto de loci[20] de una población.
- **Frecuencias genotípicas y alélicas**.

1. **Acervo genético (gene pool)**:
   • Se refiere a **todos los loci existentes** en una población.
   • Cada individuo tiene una **combinación única de genes**, lo que contribuye a la diversidad genética.

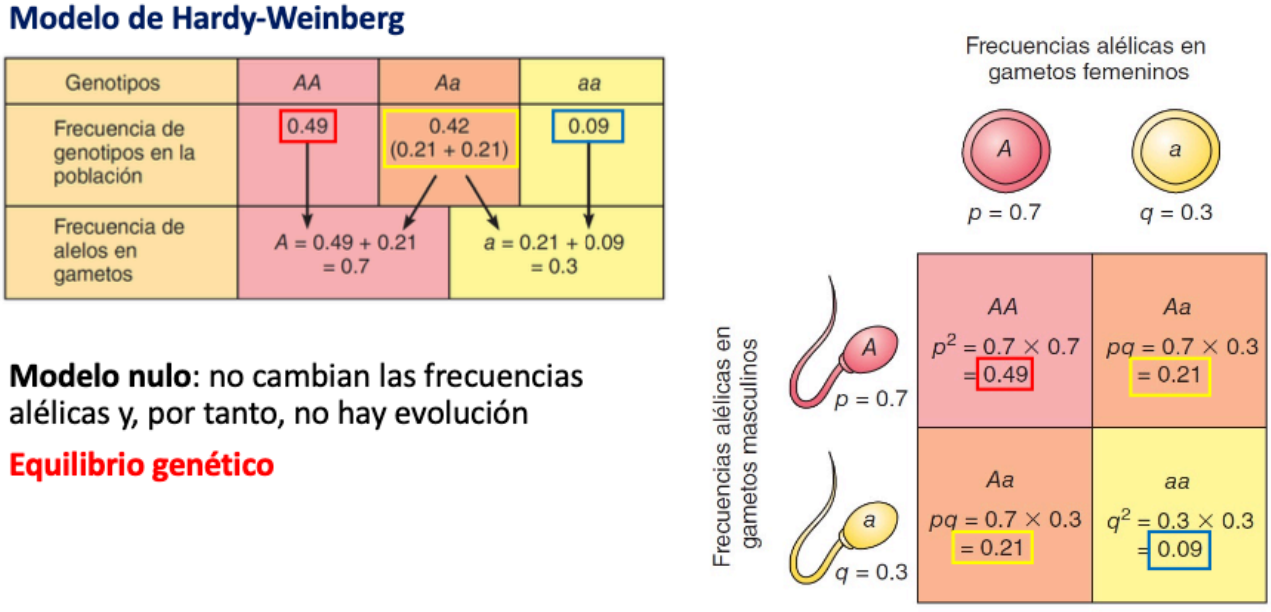
Genotipo	Número	Frecuencia genotípica
AA	490	0.49
Aa	420	0.42
aa	90	0.09
Total	1000	1.00

Alelo	Número	Frecuencia alélica
A	1400	0.7
a	600	0.3
Total	2000	1.0

2. **Frecuencias genotípicas**:
   • Es la **proporción de individuos** en una población que tienen un genotipo específico (por ejemplo, AA, Aa, o aa).
   • Se usa para estudiar la variabilidad genética en una población y predecir su evolución.
3. **Frecuencias alélicas**:
   • Representan la proporción de **cada alelo** en el acervo genético de la población.
   • Es clave para aplicar el **principio de Hardy-Weinberg**, que describe cómo las frecuencias alélicas pueden permanecer constantes si no actúan fuerzas evolutivas.

Estos conceptos son esenciales para entender **cómo evolucionan las poblaciones** y qué factores pueden alterar su equilibrio genético.

Esta imagen presenta dos conceptos clave de la genética mendeliana:



1. **Herencia de características mediante alelos en cromosomas homólogos** (izquierda):
   • Se muestran **dos cromosomas homólogos**, cada uno con genes que determinan diferentes características.
   • Un cromosoma tiene alelos que controlan el **color del cabello** (negro o café).
   • Otro cromosoma tiene alelos que controlan la **longitud del cabello** (largo o corto).

[20] Un locus, en relación con la genómica, es un sitio o ubicación físicos en un genoma (como un gen u otro segmento de ADN de interés), algo así como una dirección. El plural de locus es loci.

• Esto indica que los genes para estas características están en loci específicos dentro de los cromosomas.

2. Segunda generación filial (F_2) y Ley de la Segregación de Mendel (derecha):

• Representa el resultado de un **cruzamiento monohíbrido** en una planta con la característica de altura.

• Los alelos involucrados son:

- **T** (dominante) para plantas altas.
- **t** (recesivo) para plantas bajas.

• En la **generación F_2**, se observa la proporción mendeliana clásica **3:1**:

- 3 plantas altas con genotipos **TT** o **Tt**.
- 1 planta baja con genotipo **tt** (expresión del rasgo recesivo).

• Este resultado es una aplicación de la **primera ley de Mendel**, que establece que los alelos de un gen se separan en la formación de gametos y luego se combinan al azar en la descendencia.



3. Modelo de Hardy-Weinberg (H.-W.)

• Supone que, en poblaciones ideales, sin influencias externas, las **frecuencias alélicas se mantienen constantes**.

• Condiciones para el equilibrio de H.-W.:

1. Apareamientos aleatorios
2. No mutaciones
3. Tamaño poblacional grande
4. No migración
5. No selección natural.

• En la naturaleza, el equilibrio de H.-W. no se cumple, pero sirve para detectar qué factores afectan la evolución.

4. Factores que Alteran el Equilibrio de H.-W.

• **Selección natural**: favorece ciertos alelos.
• **Mutación**: introduce nuevas variantes genéticas.
• **Migración (flujo génico)**: entrada o salida de alelos de una población.
• **Deriva genética**: cambios aleatorios en las frecuencias génicas.

En esta imagen vemos la representación del **Modelo de Hardy-Weinberg**, una herramienta fundamental en genética de poblaciones para entender cómo las frecuencias alélicas se mantienen constantes en una población ideal, es decir, en **equilibrio genético**.

Explicación del modelo en la imagen:

1. **Frecuencias alélicas y genotípicas**:
   • Se consideran dos alelos en la población: **A** (dominante) y **a** (recesivo).
   • Las frecuencias de los alelos son:
     - **p (A) = 0.7**
     - **q (a) = 0.3**
   • Como la suma de las frecuencias alélicas siempre debe ser **1**, se cumple que:
2. **Distribución de los genotipos**:
   • Se aplica la ecuación de Hardy-Weinberg:
   • Esto da las siguientes proporciones genotípicas:
     - **AA ($p^2 = 0.7 \times 0.7 = 0.49$)**
     - **Aa ($2pq = 2 \times 0.7 \times 0.3 = 0.42$)**
     - **aa ($q^2 = 0.3 \times 0.3 = 0.09$)**

3. **Significado del equilibrio genético**:

• El **modelo nulo** establece que, si no hay factores evolutivos actuando (selección, mutación, deriva, migración o apareamiento no aleatorio), **las frecuencias alélicas y genotípicas se mantendrán constantes a lo largo de las generaciones**.

• Esto significa que **no hay evolución** en la población.

4. **Importancia del modelo**:

• Aunque en la naturaleza rara vez se cumplen las condiciones ideales de Hardy-Weinberg, el modelo sirve como referencia para identificar qué **factores evolutivos** están afectando una población.

SELECCIÓN NATURAL Y SU IMPACTO EN LA EVOLUCIÓN

1. **Definición**:

• La selección natural es el **principal motor de la evolución**, permitiendo la adaptación de las especies a su entorno y explicando la diversidad biológica. Por este proceso **ciertos fenotipos** tienen una mayor probabilidad de **sobrevivir y reproducirse** que otros en un ambiente determinado.

2. **Éxito Reproductivo Diferencial**:

• No todos los individuos contribuyen por igual a la siguiente generación.

• Aquellos con características mejor adaptadas al ambiente tienen más descendencia, transmitiendo sus alelos en mayor proporción.

3. **Presiones Evolutivas**:

• Factores ambientales como depredadores, competencia, disponibilidad de recursos o cambios climáticos afectan la **frecuencia de alelos** en la población.

• Alelos ventajosos aumentan con cada generación, mientras que otros pueden **disminuir o desaparecer completamente**.

Ejemplo Práctico:

Un caso clásico es la **polilla del abedul** (*Biston betularia*) en Inglaterra:

• Antes de la Revolución Industrial, la forma clara de la polilla era más común.

• Con la contaminación, los árboles oscurecieron y las polillas oscuras (melánicas) pasaron a tener ventaja al camuflarse mejor.

• Como resultado, la frecuencia del alelo para el color oscuro **aumentó drásticamente** en la población.



Biston betularia f. typica, la forma clara de la polilla moteada.



Biston betularia f. carbonaria, la forma oscura de la polilla moteada.

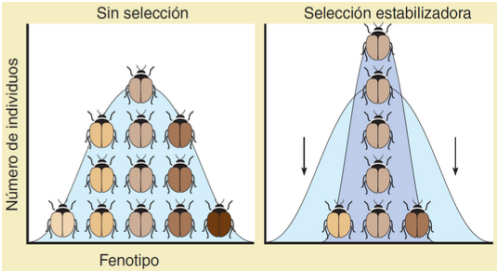
SELECCIÓN NATURAL

Modelo de estudio sin selección o selección natural

• Se usa una población de escarabajos con **cinco colores de élitros diferentes**.

• Sin selección, la distribución de fenotipos sigue una **curva normal**, donde la mayoría de los individuos tienen un color intermedio y pocos tienen colores extremos.

SELECCIÓN ESTABILIZADORA



• **Definición**: Favorece los **fenotipos intermedios** y elimina los extremos tras la selección:

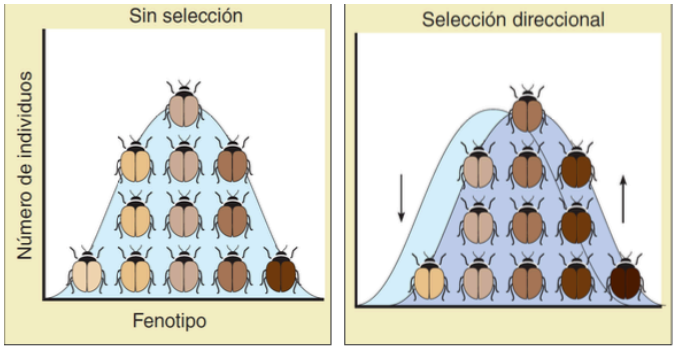
- Los escarabajos de colores intermedios son más abundantes.
- Los de colores extremos son eliminados.
- La variabilidad de la población con otros colores disminuye, pero no desaparece por completo.

3. Ejemplo en humanos

- **Peso de los bebés al nacer**:
  - Los bebés con peso **intermedio** tienen más probabilidades de sobrevivir.
  - Pesos **muy bajos o muy altos** están asociados con mayor mortalidad (curva roja).
  - La distribución poblacional de pesos sigue una **curva normal**, reflejando la selección estabilizadora.



Conclusión: La selección estabilizadora es **el tipo más común de selección natural** y mantiene la estabilidad de los rasgos en una población. **Disminuye la variabilidad genética**, pero no la elimina por completo.



SELECCIÓN DIRECCIONAL

- **Favorece un fenotipo extremo** sobre el resto, desplazando la distribución genética de la población en una sola dirección.

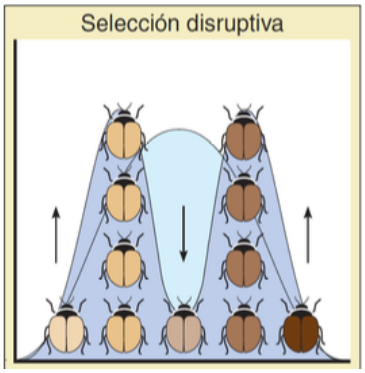
Ejemplo:

- En una población de ratones con pelaje claro, medio y oscuro, si el ambiente se oscurece debido a cenizas volcánicas), los ratones oscuros tienen una ventaja. Con el tiempo, la mayoría de la población será de **ratones oscuros**, desplazando la media hacia ese fenotipo.

Ejemplo en humanos:

- Resistencia a antibióticos en bacterias: las bacterias resistentes sobreviven y se reproducen más, desplazando la población hacia la resistencia.

SELECCIÓN DISRUPTIVA



- Se favorecen **los fenotipos extremos**, eliminando los fenotipos intermedios.
- En una población de pájaros con **picos pequeños, medianos y grandes**, si el alimento disponible es **solo semillas muy duras o muy blandas**, los pájaros con picos medianos no pueden alimentarse bien.
- Con el tiempo, los **picos grandes y pequeños serán más frecuentes**, y los picos medianos desaparecerán.

Efecto en la población:

- La distribución se **bifurca**, favoreciendo dos extremos y generando **dos grupos diferenciados**.
- Puede llevar a la **especiación**, si los grupos dejan de cruzarse entre sí.
- **Coloración en animales**: En hábitats con fondos claros y oscuros, los individuos oscuros y claros tienen ventajas, pero los de tonos intermedios son más visibles para los depredadores.

RESUMEN COMPARATIVO:

TIPO DE SELECCIÓN	EFECTO EN LA VARIABILIDAD	RESULTADO
Estabilizadora	Disminuye	Favorece los fenotipos intermedios, eliminando los extremos.
Direccional	Disminuye	Favorece un solo fenotipo extremo, desplazando la media.
Disruptiva	Aumenta	Favorece los extremos, eliminando los intermedios (puede llevar a especiación).

⇒ DERIVA GENÉTICA

✅ **Definición**:

• Se llama así al cambio **aleatorio** en las frecuencias alélicas de una población **de una generación a otra**.

• No depende de la selección natural, sino del azar.

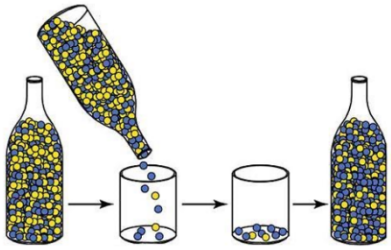
• Puede provocar la **pérdida de diversidad genética** en poblaciones pequeñas.

Ejemplos de Deriva Genética

Cuello de Botella:

• Se produce cuando un **evento drástico** (desastres naturales, enfermedades, caza excesiva) **reduce drásticamente el tamaño de la población**.

• Como resultado, algunos alelos pueden desaparecer, mientras que otros se vuelven más frecuentes **por casualidad**.



📌 **Ejemplo: Guepardo (Acinonyx jubatus)**:



• La población actual tiene **baja variabilidad genética** debido a un cuello de botella hace unos 10.000 años, posiblemente causado por la caza humana y cambios climáticos.

• **Curiosidad**: Se pueden hacer **injertos de piel entre individuos no emparentados sin rechazo**, algo muy raro en mamífero.

📌 **Ejemplo: Bisonte Europeo (Bison bonasus)**:

• Se extinguió en estado salvaje en el siglo XX:

- **1919 en Polonia**.
- **1927 en el Cáucaso**.



• Todos los **3.600 bisontes actuales** descienden de solo **12 individuos** criados en zoológicos.

• Debido a su **baja diversidad genética**, son **altamente vulnerables** a enfermedades como la fiebre aftosa.

Consecuencias de la Deriva Genética

• **Pérdida de alelos** en la población.

• **Menor capacidad de adaptación** a cambios ambientales.

• **Efecto fundador**: Cuando una pequeña parte de la población migra y forma una nueva población con menos diversidad.

COMPARACIÓN SELECCIÓN NATURAL CON DERIVA GENÉTICA:

MECANISMO EVOLUTIVO	CAUSA	EFECTO EN LA POBLACIÓN
Selección Natural	Los factores ambientales favorecen ciertos rasgos	Aumenta la adaptación y la diversidad
Deriva Genética	Cambios aleatorios en la frecuencia de alelos	Puede reducir la variabilidad genética y aumentar la endogamia

⇒ EFECTO FUNDADOR

✅ **Definición**:

• Ocurre cuando **uno o pocos individuos** de una población más grande forman una **nueva colonia**.

• Este grupo inicial tiene solo una **parte de la diversidad genética** de la población original, lo que puede afectar la evolución de la nueva población.

• Es un fenómeno frecuente en **islas** y poblaciones aisladas.



Ejemplos de Efecto Fundador:

1. **Población Finlandesa**:

• Tiene una **variabilidad genética menor** en comparación con otras poblaciones europeas.

• Esto es resultado de una pequeña cantidad de individuos fundadores que poblaron la región hace siglos.

2. **Síndrome de Ellis-van Creveld en los Amish de Pensilvania**:



• **Colonia Amish** fundada en 1770 por **200 colonos**, uno de los cuales era portador de la mutación causante del **síndrome de Ellis-van Creveld**.

• **Frecuencia del alelo en Amish**: **0,07** (un 13% de la población es portadora o tiene la enfermedad).

• **Frecuencia del alelo en el mundo**: **0,001** (1 de cada 60.000 a 200.000 personas).



• Esto demuestra cómo un **alelo raro puede volverse común** en poblaciones pequeñas y aisladas.

3. **Acromatopsia en el Atolón de Pingelap**:

• En 1775, un **tifón** arrasó la isla, dejando **20 supervivientes**, uno de los cuales portaba un **alelo recesivo** del gen **CNGB3**, causante de la **acromatopsia** (solo distinguen el blanco y negro).

• **Actualmente**:

- **1 de cada 20 pingelapeses** tiene la enfermedad.
- En el resto del mundo, la frecuencia es **1 en 30.000**.
- La baja diversidad genética hace que ciertos trastornos hereditarios sean más frecuentes.

DIFERENCIA ENTRE CUELLO DE BOTELLA Y EFECTO FUNDADOR:

FENÓMENO	CAUSA	EFECTO EN LA POBLACIÓN
Cuello de Botella	Drástica reducción en el número de individuos (desastre natural, caza excesiva)	Se pierden alelos y la población tiene baja diversidad genética
Efecto Fundador	Un pequeño grupo se separa de la población original y funda una nueva	La nueva población tiene menos diversidad y algunos alelos pueden ser más comunes

DERIVA GENÉTICA: Con esto nos damos cuenta del peligro que conlleva la deriva genética para una especie ya que la población no será capaz de recuperar la variabilidad genética original por, lo que es más vulnerable a futuras hostilidades

SELECCIÓN NATURAL Y ADAPTACIÓN

La adaptación es un concepto fundamental en evolución, ligado a la selección natural. No todos los caracteres que vemos en los organismos actuales son adaptaciones, y algunos pueden haber surgido por otros procesos evolutivos.

1. ¿Qué es una Adaptación?

Una **adaptación** es un rasgo heredable que proporciona una ventaja a sus portadores y, por ello, es mantenido por la selección natural.

Fitness o Eficacia Biológica

• Se mide en términos de **éxito reproductor**, no solo de supervivencia.
• Cuanto más descendientes tiene un individuo, mayor es su fitness.
• Las adaptaciones incrementan el fitness al mejorar la probabilidad de dejar descendencia viable.

2. ¿Todos los Caracteres son Adaptaciones?

No. Hay caracteres en los organismos que **no son adaptativos** y no surgieron directamente por selección natural.

Ejemplos de Caracteres No Adaptativos

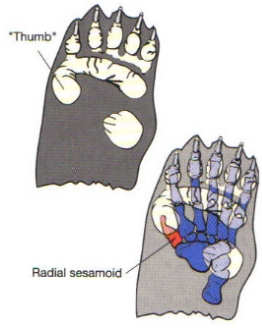
1. **Límites físicos y químicos**
• No todo lo que observamos es resultado de la selección.
• Ejemplo: El pez volador planea fuera del agua, pero su regreso al agua no es una adaptación, sino un efecto de la gravedad.
2. **Caracteres vestigiales**
• Eran adaptativos en el pasado, pero ya no cumplen una función relevante.
• Ejemplo: Apéndice en humanos, huesos de patas en ballenas.
3. **Caracteres secundarios**
• Algunos rasgos pueden aparecer como consecuencia del desarrollo de otros, sin ser adaptaciones en sí mismos.

3. Preadaptación

Una **preadaptación** es una estructura heredada de un ancestro que posteriormente se modifica para cumplir una función diferente.

Ejemplo: El Pulgar del Panda

• Los pandas tienen un **"pulgar"** formado por una modificación de un hueso de la muñeca, que les permite sujetar mejor el bambú.



• Este pulgar no surgió con la función de agarrar, sino que es una modificación de una estructura preexistente.
• La evolución no genera **estructuras nuevas desde cero**, sino que trabaja con lo que ya existe.



4. Conclusión:

La selección natural favorece adaptaciones, pero no todos los rasgos son adaptativos. La evolución es un proceso basado en la modificación de estructuras preexistentes, sin un objetivo de perfección.

EXAPTACIÓN Y LIMITACIONES DE LA EVOLUCIÓN

La evolución no solo genera adaptaciones, sino que también reutiliza estructuras existentes para nuevas funciones. Además, ciertos rasgos heredados pueden limitar la capacidad de adaptación de una especie.

1. Exaptación

Una **exaptación** es una estructura o carácter cuya función ha cambiado a lo largo del tiempo debido a nuevas presiones ambientales.

Ejemplo: Alas de los Pájaros

• No evolucionaron originalmente para el vuelo, sino que derivan de estructuras previas con otras funciones.

• Por lo que se puede decir que: "los pájaros no tienen alas para volar… los pájaros vuelan porque tienen alas". Esto enfatiza que la evolución **no trabaja con un propósito**, sino que reutiliza características existentes.

2. Limitaciones Evolutivas y Lastre Filogenético

Cada especie hereda ciertos rasgos de sus antepasados, lo que puede condicionar su evolución.

⇒ **Lastre Filogenético**

• La **filogenia** de un grupo limita la adaptación porque una especie **no puede modificar cualquier rasgo libremente**.

• Ejemplo: Los mamíferos no pueden desarrollar branquias porque su historia evolutiva no lo permite.

3. Ley de Dollo: La Evolución No Puede Retroceder

La **Ley de Dollo** establece que la evolución no puede regresar exactamente a un estado anterior, incluso si el ambiente vuelve a ser el mismo.

Ejemplo: La Pérdida de la Cola en los Humanos

• Los ancestros de los primates tenían cola, pero en los humanos se perdió.

• Aun si un ambiente favoreciera tener cola de nuevo, la evolución no "recuperaría" la misma estructura exacta.

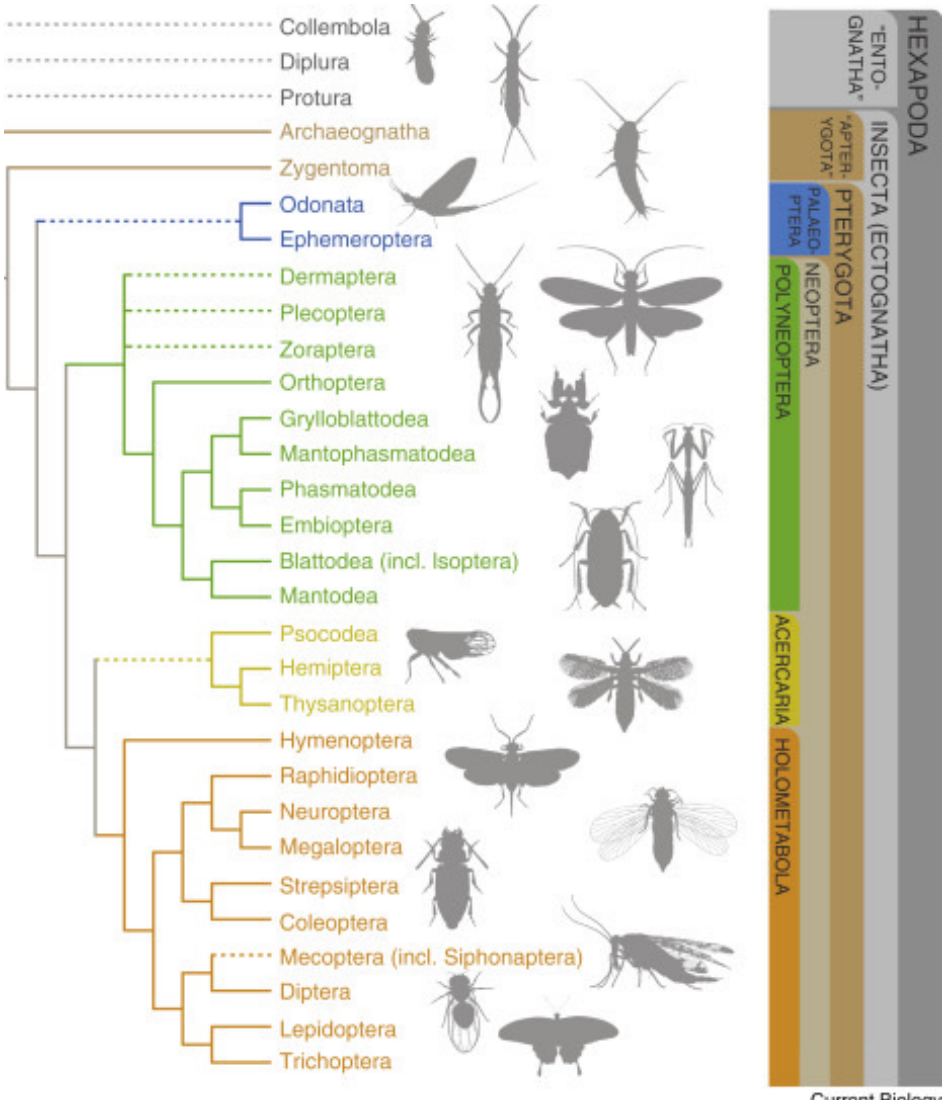
RESUMEN:

CONCEPTO	DEFINICIÓN	EJEMPLO
Exaptación	Una estructura cambia de función con el tiempo.	Alas de los pájaros (no evolucionaron originalmente para volar).
Lastre filogenético	Rasgos heredados que limitan la adaptación.	Los mamíferos no pueden desarrollar branquias.
Ley de Dollo	La evolución no regresa a estados anteriores.	Los humanos no pueden "recuperar" su cola ancestral.

La evolución no es un proceso dirigido, sino un conjunto de modificaciones basadas en lo que ya existe.

PÉRDIDA SECUNDARIA DE LAS ALAS EN COLEÓPTEROS TERRESTRES

La evolución no solo crea estructuras nuevas, sino que también puede llevar a la pérdida de características cuando dejan de ser ventajosas. Un ejemplo de esto es la **pérdida secundaria de las alas en los coleópteros terrestres**.



1. ¿Qué es la Pérdida Secundaria de las Alas?

• Se llama **pérdida secundaria** porque los antepasados de estos insectos sí tenían alas funcionales, pero con el tiempo, algunos linajes las han perdido o reducido.

• Ocurre cuando **tener alas deja de ser una ventaja adaptativa**.

2. Razones Evolutivas de la Pérdida de Alas

La selección natural favorece la pérdida de alas en ciertos ambientes, principalmente en estos casos:

1. **Vidas subterráneas o bajo corteza**

• Algunos coleópteros viven en el suelo o en la hojarasca y no necesitan volar.

• Las alas pueden volverse una desventaja porque pueden dañarse fácilmente en estos entornos.

2. **Ambientes insulares (Islas y ecosistemas aislados)**

• En islas con vientos fuertes, muchos insectos pierden la capacidad de volar para evitar ser arrastrados al mar.

• Ejemplo: Muchos escarabajos de islas han evolucionado hacia una forma terrestre sin vuelo.

3. **Estrategias de defensa y camuflaje**

• Algunos coleópteros desarrollan un caparazón más resistente en lugar de alas funcionales, lo que les permite evitar depredadores sin necesidad de huir volando.

4. **Ahorro energético**

• Volar es una actividad que requiere mucha energía.

• Si un coleóptero encuentra suficiente alimento y tiene pocos depredadores, puede ser más eficiente evolutivamente perder las alas.

3. Ejemplo de Coleópteros con Pérdida de Alas

• **Escarabajos del género Carabus**: Terrestres y sin capacidad de vuelo.

• **Escarabajos de la familia Tenebrionidae**: Muchas especies han reducido o eliminado sus alas.

• **Escarabajos de islas volcánicas**: En lugares como Hawái o las Galápagos, muchos han perdido el vuelo debido a los fuertes vientos y la estabilidad del hábitat.

4. Conclusión

La pérdida de alas en coleópteros terrestres es un **ejemplo de adaptación a diferentes ambientes**. Aunque pueda parecer una "desventaja", en ciertos contextos ecológicos se convierte en un rasgo favorable.

CÓMO DETERMINAR SI UN CARÁCTER ES ADAPTATIVO

Un rasgo es considerado una **adaptación** si aporta una ventaja evolutiva que aumenta el **fitness biológico** de los individuos que lo poseen.

1. Métodos para Identificar una Adaptación

Existen dos formas principales de determinar si un carácter es adaptativo:

1. **Analizando su función**

• Se estudia cómo el rasgo contribuye a la supervivencia o reproducción del organismo.

• Ejemplo: La coloración del camuflaje en insectos que evita la depredación.

2. **Comparando el fitness biológico de los individuos con y sin el rasgo**

• Si los individuos con el rasgo tienen **más descendientes** que aquellos sin él, se considera que el carácter es adaptativo.

• Ejemplo: En un ambiente frío, los osos con más grasa sobreviven mejor y tienen más crías.

2. Uso del Método Científico

Para probar si un rasgo es adaptativo, se emplean distintas estrategias:

• **Observación**: Se examinan poblaciones en su entorno natural para detectar patrones.

• **Comparación**: Se analizan diferentes especies o poblaciones para ver si un rasgo es consistente en ambientes similares.

• **Experimentos**: Se modifican o eliminan rasgos en organismos y se mide su impacto en la supervivencia y reproducción.

Coleópteros de la familia Carabidae que habitan el medio subterráneo



Troglobiomorfismo



EL SIGNIFICADO ADAPTATIVO DE LOS SUEÑOS

En este punto hablamos de la relación entre la fase **REM (Rapid Eye Movement)** del sueño y la posible existencia de un **significado adaptativo** de los sueños.

1. Características del Sueño REM

• Se produce una **actividad cerebral intensa**, similar a la vigilia.

• **Alto costo energético**, ya que el cerebro está muy activo.

• **Atonía muscular generalizada**, es decir, una parálisis de los músculos para evitar movimientos involuntarios.

• **Movimientos oculares rápidos**, que han sido correlacionados con el contenido de los sueños.

2. ¿Tienen los Sueños un Propósito Evolutivo?

A pesar de su alto gasto energético, los sueños han persistido en la evolución. Existen varias hipótesis sobre su posible función adaptativa:

1. **Hipótesis de Simulación de Amenazas**

• Los sueños podrían ser un mecanismo para **ensayar respuestas a situaciones peligrosas** en un entorno sin riesgo real.

• Esto ayudaría a los individuos a reaccionar mejor ante depredadores o eventos inesperados.

2. **Hipótesis del Procesamiento de Información**

• Durante el sueño REM, el cerebro **organiza y consolida recuerdos**.

• Podría mejorar el aprendizaje y la memoria a largo plazo.

3. **Hipótesis del Equilibrio Emocional**

• Los sueños podrían ayudar a **procesar emociones intensas** y reducir el impacto del estrés en la vigilia.

4. **Hipótesis del Desarrollo Neurológico**

• Se ha observado que los bebés y los animales jóvenes pasan más tiempo en sueño REM, lo que sugiere que podría ser crucial para el desarrollo del sistema nervioso.

3. ¿Es el Sueño REM una Adaptación?

Para que el sueño REM sea considerado una **adaptación**, debería cumplir estos criterios:

• **Aumentar la supervivencia o el éxito reproductivo**.

• **Tener una base genética que pueda ser seleccionada por la evolución**.

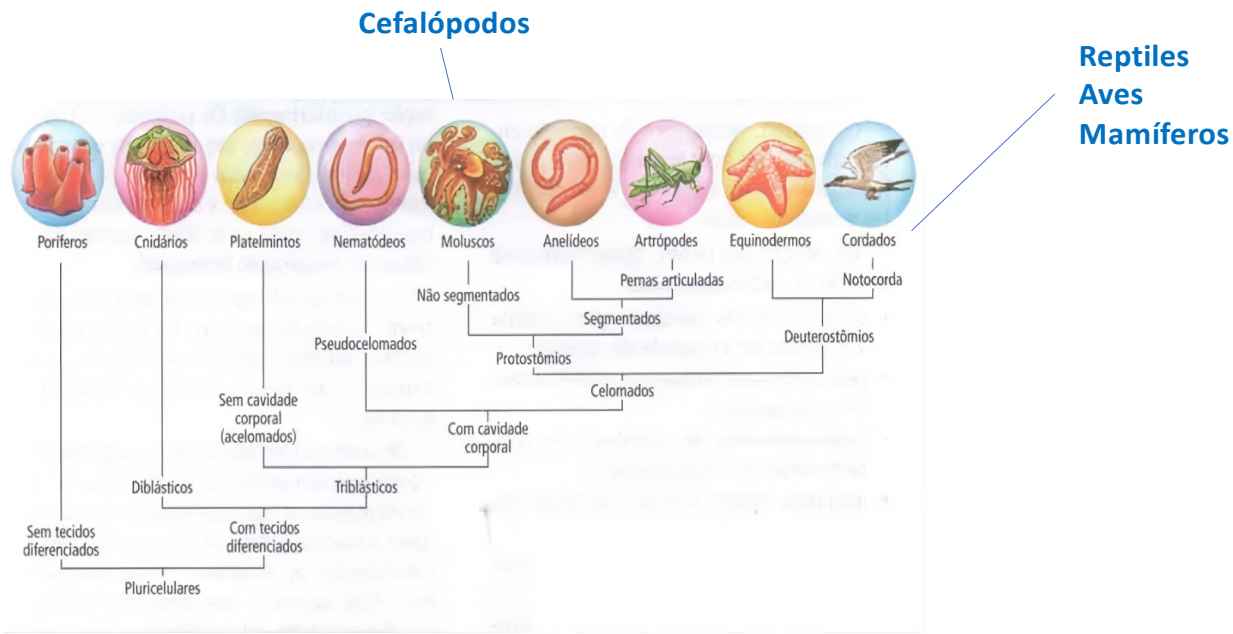
• **No ser simplemente un subproducto de otros procesos biológicos**.

Aunque hay fuertes indicios de su función adaptativa, no hay un consenso absoluto. Algunos científicos consideran que es un **subproducto del funcionamiento del cerebro**, mientras que otros defienden su papel en la supervivencia.

4. Conclusión

El sueño REM es un fenómeno complejo con varias teorías sobre su utilidad evolutiva. Si bien su alto gasto energético sugiere que debe tener un propósito importante, su función exacta sigue siendo objeto de investigación.

ADAPTACIONES EN REPTILES, AVES, MAMÍFEROS Y CEFALÓPODOS



Con ayuda de esta imagen se puede analizar cómo la selección natural ha modelado sus adaptaciones a lo largo de la evolución.

1. Adaptaciones en Reptiles

• **Escamas queratinizadas**: Protegen contra la deshidratación en ambientes secos.

• **Huevo amniótico**: Permite la reproducción en tierra sin depender del agua.

• **Ectotermia**: Regulan su temperatura mediante el ambiente, lo que reduce su gasto energético.

• **Mandíbulas y dientes especializados**: Adaptaciones para distintas dietas, desde insectívoros hasta depredadores de gran tamaño.

Ejemplo Adaptativo:

• Las serpientes han desarrollado mandíbulas flexibles para tragar presas enteras.

2. Adaptaciones en Aves

• **Plumas**: Aislamiento térmico y aerodinámica para el vuelo.

• **Huesos huecos**: Disminuyen el peso sin perder resistencia.

• **Sistema respiratorio eficiente**: Bolsas de aire que permiten una oxigenación constante.

• **Pico especializado**: Adaptado a diferentes tipos de alimentación.

Ejemplo Adaptativo:

• Los colibríes han desarrollado picos largos y delgados para alimentarse del néctar de las flores.

3. Adaptaciones en Mamíferos

• **Endotermia**: Regulación interna de la temperatura corporal.

• **Pelo o pelaje**: Aislamiento térmico en climas fríos.

• **Glándulas mamarias**: Permiten la alimentación de las crías con leche materna.

• **Dientes diferenciados**: Adaptación a dietas variadas (carnívoros, herbívoros y omnívoros).

Ejemplo Adaptativo:

• Los murciélagos han desarrollado ecolocalización para cazar insectos en la oscuridad.

4. Adaptaciones en Cefalópodos

• **Cambio de color y textura**: Camuflaje mediante células especializadas (cromatóforos).

• **Sistema nervioso avanzado**: Altamente inteligente, con capacidades de aprendizaje y resolución de problemas.

• **Propulsión a chorro**: Movimiento rápido mediante expulsión de agua.

• **Visión desarrollada**: Ojos complejos con una estructura similar a la de los vertebrados.

Ejemplo Adaptativo:

• Los pulpos pueden modificar la textura de su piel para imitar rocas y evitar depredadores.

5. Conclusión: Cada uno de estos grupos ha desarrollado adaptaciones únicas según su entorno y forma de vida. La evolución ha moldeado sus características para mejorar su supervivencia y éxito reproductivo.

FITNESS BIOLÓGICO Y ESTRATEGIAS PARA AUMENTARLO

El concepto de **fitness biológico** se refiere a la eficacia con la que un organismo transmite sus genes a la siguiente generación. La selección natural favorece aquellas estrategias que optimizan esta transmisión.

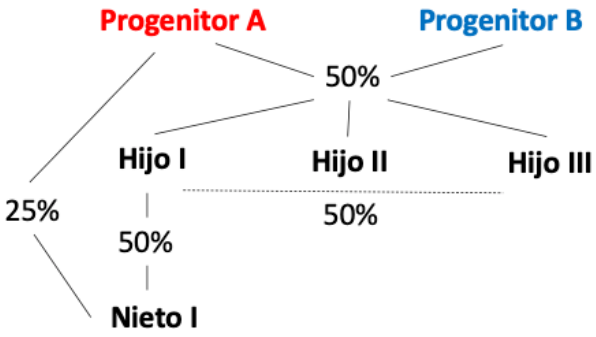
1. Fitness y Transmisión de Genes

• En la **reproducción sexual**, cada progenitor transmite **el 50% de su material genético** a su descendencia.

• En términos de herencia:

• Un hijo hereda el **50% de los genes** de cada progenitor.

• Un nieto hereda aproximadamente el **25%** de los genes de cada abuelo.



La selección natural promueve principalmente **las adaptaciones que maximizan la reproducción**, pero existen otras formas de mejorar el fitness.

2. Fitness Inclusivo en Animales Sociales

• No solo la descendencia directa contribuye a la propagación de los genes.

• En especies sociales, ayudar a los parientes cercanos también **aumenta la probabilidad de que tus genes se transmitan**.

⇒ Los grupos sociales de **suricatas** (*Suricata suricatta*), son un excelente ejemplo de **fitness inclusivo** ya que forman **grupos sociales organizados** en los que los individuos colaboran de distintas maneras para asegurar la supervivencia del grupo:

1. **Vigilancia Grupal**



• Mientras algunos miembros del grupo se alimentan, otros actúan como **centinelas**, observando el entorno en busca de depredadores.

• Si detectan una amenaza, emiten una **señal de alarma** para que el grupo se refugie.

• Aunque el centinela corre más riesgo, incluso de morir, esta estrategia protege a sus parientes y aumenta la supervivencia del grupo.

2. **Cuidado Cooperativo de Crías**

• No solo los padres cuidan de los cachorros, sino también otros adultos del grupo.

• Algunos individuos "adoptan" temporalmente a las crías y las protegen mientras los progenitores buscan alimento.

• Esto mejora las posibilidades de que las crías lleguen a la edad adulta y continúen reproduciéndose.

3. **Distribución del Alimento**

• En ocasiones, los adultos comparten alimento con individuos más jóvenes, asegurando su crecimiento y desarrollo.

Ventaja Evolutiva del Fitness Inclusivo en Suricatas

• Un individuo que ayuda a sus parientes está favoreciendo la **transmisión de sus propios genes**, ya que comparten una parte de su material genético.

• En poblaciones donde la cooperación es clave, los grupos con mayor colaboración tienen **más éxito en la supervivencia y reproducción**.

Esto también supone un ejemplo Numérico del Fitness Inclusivo, ya que, si un suricata ayuda a su hermano a criar crías, aunque él no tenga descendencia directa, sigue transmitiendo genes:

• Un hermano comparte **50% de los genes**.

• Un sobrino comparte **25% de los genes**.

• Esto hace que, aunque un individuo no se reproduzca directamente, si ayuda a que sus parientes sobrevivan, **su material genético sigue pasando a la siguiente generación**.

Otro ejemplo es el de las colonias de hormigas o abejas, muchas obreras no se reproducen, pero cuidan de sus hermanas, que comparten gran parte de su material genético.

3. La Hipótesis de la Abuela

• Explica la existencia de la **menopausia en los humanos** como una estrategia evolutiva.

• En lugar de seguir teniendo hijos en edades avanzadas, las mujeres mayores pueden **mejorar su fitness ayudando a sus hijos a criar a sus nietos**.

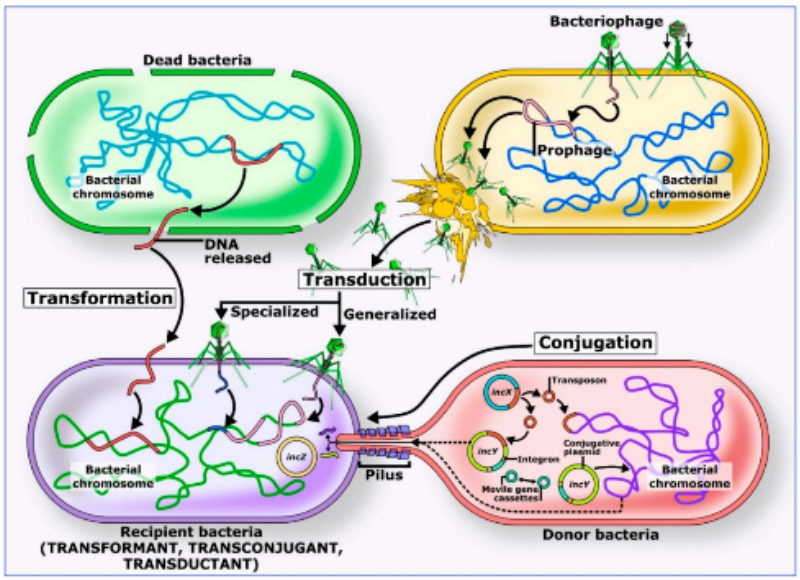
• Un hijo lleva el **50% de los genes** de su madre, pero un nieto aún conserva el **25%**.

• En sociedades humanas, esta cooperación mejora la supervivencia de la descendencia y refuerza la transmisión de genes a generaciones futuras.

4. Conclusión: El éxito evolutivo no se limita a la cantidad de hijos que un individuo tiene, sino que también incluye estrategias indirectas, como la cooperación en grupos sociales y la inversión en descendientes más alejados.

TEMA 9: LA SELECCIÓN SEXUAL

⇒ EL ORIGEN DEL SEXO



Este esquema nos muestra los mecanismos de intercambio genético en bacterias, a pesar de que su reproducción es asexual.

Se producen tres procesos principales:

1. **Conjugación**: Es el proceso por el cual una bacteria transfiere material genético a otra a través de un pilus. En la imagen, se ve cómo una bacteria donadora transfiere plásmidos con genes específicos (como los de resistencia a antibióticos) a una bacteria receptora.

2. **Transformación**: En este mecanismo, una bacteria capta fragmentos de ADN libre del ambiente, proveniente de bacterias muertas. En la imagen, se observa cómo el ADN liberado es incorporado en el cromosoma de la bacteria receptora.

3. **Transducción**: Ocurre cuando un bacteriófago (virus que infecta bacterias) transporta fragmentos de ADN de una bacteria a otra. Se representan dos tipos:

- **Generalizada**: Cuando cualquier fragmento del ADN bacteriano es transferido.
- **Especializada**: Cuando el fago transfiere fragmentos específicos del ADN de la bacteria.

Estos procesos son fundamentales para la diversidad genética de las bacterias y su adaptación a diferentes ambientes, como la adquisición de resistencia a antibióticos.

HIPÓTESIS DEL ORIGEN DE LA REPRODUCCIÓN SEXUAL

1. **Origen primitivo:**

• Hace al menos unos **1.200 millones de años**, aparecieron los primeros organismos **diploides** (con dos conjuntos de cromosomas), como resultado de la **fusión de organismos haploides** (que tienen solo un conjunto de cromosomas).

2. **Primeras formas de reproducción:**

• Estos organismos diploides inicialmente podrían haberse reproducido por simple copia de sí mismos, mediante **reproducción asexual** (sin intercambio genético).

• Otra posibilidad era dividirse nuevamente en dos células haploides, conservando así su capacidad original de vivir como células haploides. Estas células haploides posteriormente podrían volver a fusionarse, recordando así su pasado haploide.

3. **Ventajas de la reproducción sexual:**

• Los organismos obtenidos mediante la reproducción sexual, debido al intercambio genético, habrían resultado en promedio más **eficaces o exitosos** evolutivamente que aquellos que eran simples copias (clones), al aumentar la variabilidad genética.

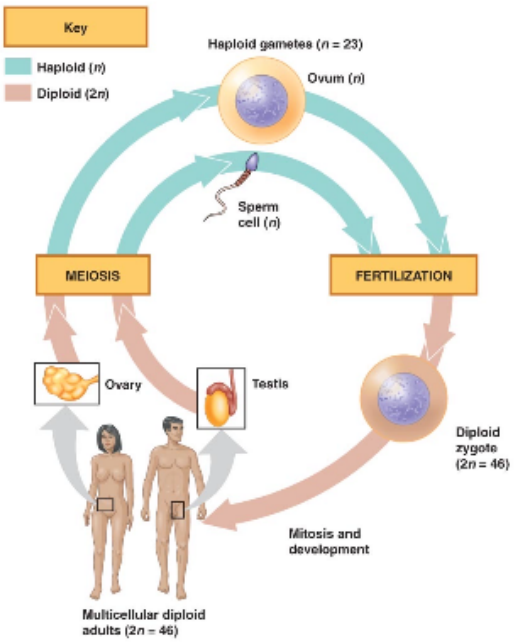
• Esta variabilidad genética permite adaptarse mejor a los cambios del entorno y resistir mejor enfermedades o condiciones adversas.

Por todo ello, la reproducción sexual surgió probablemente por la ventaja evolutiva que representó mezclar los genes de dos organismos diferentes, aumentando así la diversidad genética y la capacidad adaptativa.

ORGANISMOS MULTICELULARES: PRODUCCIÓN DE GAMETOS

Los gametos son células especializadas para la reproducción sexual:

- **Óvulos (gametos femeninos)**
- **Espermatozoides (gametos masculinos)**



¿Cómo se forman los gametos en organismos multicelulares?

• Los gametos se producen mediante un proceso especial llamado **meiosis**:

• Este proceso reduce a la mitad el número de cromosomas (de diploide a haploide).

• Así, cuando dos gametos (cada uno haploide) se unen durante la fecundación, restablecen el número diploide original del organismo.

Importancia biológica de este proceso:

• La producción de gametos mediante meiosis es crucial porque:

• **Aumenta la variabilidad genética**, ya que mezcla los genes de los progenitores.

• Permite que las especies puedan adaptarse mejor a cambios ambientales y sobrevivir a largo plazo.

Diferencias entre gametos masculinos y femeninos:

• Generalmente:

• Los **espermatozoides** son numerosos, pequeños, móviles, y destinados a desplazarse hasta encontrar el gameto femenino.

• Los **óvulos** suelen ser menos numerosos, más grandes, con abundantes nutrientes y normalmente inmóviles, ya que proporcionan reservas nutritivas para el embrión en formación.

Isogamia y Anisogamia:

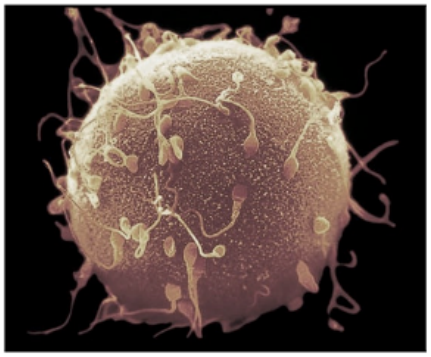
• Isogamia (condición ancestral):

Es cuando los gametos son **iguales en tamaño y forma**. No existe una diferenciación clara entre gametos masculinos y femeninos, como sucede en algunas algas. En el gameto de alga ambos gametos son prácticamente idénticos.



• Anisogamia (condición derivada):

Es cuando los gametos son claramente **diferentes en tamaño y forma**. Por ejemplo, en humanos:



Gametos humanos

• El **óvulo** es grande, inmóvil, y con muchas reservas nutricionales.

• Los **espermatozoides** son pequeños, numerosos, móviles, y destinados a desplazarse hacia el óvulo para fecundarlo.

La **anisogamia** por tanto, representa una adaptación evolutiva que facilita la reproducción sexual eficaz y contribuye a la diferenciación funcional entre sexos, resultando ser una ventaja evolutiva al especializar funciones entre ambos tipos de gametos.

ESTRATEGIAS EN LA ANISOGAMIA

En la anisogamia, los gametos evolucionaron en dos direcciones diferentes:

• **Gametos grandes (óvulos)**:

• Son **poco móviles,** pero poseen **muchos recursos nutricionales**.

• Su ventaja es que pueden sobrevivir durante mucho tiempo, esperando a encontrarse con otro gameto.

• **Gametos pequeños (espermatozoides)**:

• Son muy móviles y numerosos.

• Contienen pocos recursos nutritivos.

• Viven poco tiempo, pero pueden recorrer grandes distancias para encontrar al gameto grande.

Estas dos estrategias diferentes aumentan la probabilidad de que los gametos puedan encontrarse y realizar la fecundación, mejorando así el éxito reproductivo y la supervivencia de las especies.

⇒ PROPORCIÓN DE SEXOS Y SELECCIÓN SEXUAL

1. Proporción sexual habitual

• Habitualmente, la proporción entre machos y hembras en la mayoría de las especies es cercana a **1:1**.

• Esto se explica por la **selección dependiente de frecuencia**, que favorece este equilibrio debido a que desviarse demasiado resulta desfavorable evolutivamente.

2. Coste energético diferente para machos y hembras

• Aunque cada progenitor aporta genéticamente un 50% a cada descendiente, el esfuerzo energético no es simétrico:

• **Hembras**: suelen invertir muchos más recursos que los machos en la reproducción, especialmente en organismos que producen pocos descendientes.

• **Machos**: su inversión suele ser limitada, principalmente produciendo numerosos gametos, menos costosos energéticamente.

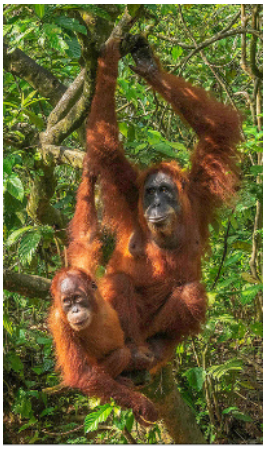
2.1 Ejemplo de inversión energética dispar

• La diferencia en esfuerzo parental es clara:

• **Gametos femeninos** (óvulos): tienen mucha energía almacenada (citoplasma, nutrientes, organelos).

• **Gametos masculinos**: esencialmente solo aportan ADN y movilidad, siendo pequeños y numerosos.

2. Ejemplo ilustrativo (orangutanes)



• Dos orangutanes copulan (± 15 min), y la hembra queda preñada.

• **Hembra** (50 kg aprox.):

• Embarazo de 8 meses, parto de una cría que pesa aproximadamente 1 kg.

• Cuidado prolongado (hasta 7-8 años).

• **Macho** (70 kg aprox.):

• Su esfuerzo parental es extremadamente bajo, limitado prácticamente al aporte inicial del esperma, sin cuidado posterior.

3. Potencial reproductivo

• **Potencial reproductivo femenino**: limitado por la cantidad de óvulos producidos, embarazos posibles, y tiempo invertido en la crianza.

• **Potencial reproductivo masculino**: muy elevado, limitado únicamente por la disponibilidad de hembras con las que aparearse.

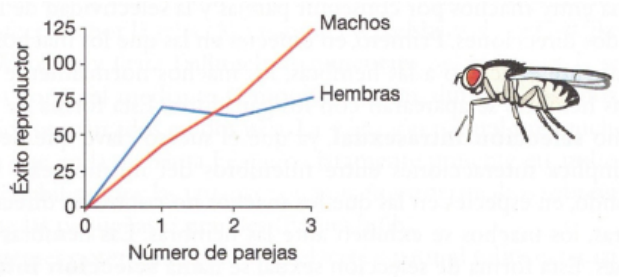
4. Experimento (Moscas del vinagre: Drosophila)

• **Angus John Bateman** (1919-1996), fue un genetista inglés que realizó una investigación con la mosca del vinagre; utilizó moscas de distintas líneas genéticas endogámicas. Realizó un total de seis series de experimentos, usando igual número de individuos de cada sexo (3 ♀ vírgenes, 3 ♂).



• El objetivo del experimento era medir quién tenía más éxito reproductivo según la disponibilidad de parejas.

• Se confirmó que, para los machos, la **disponibilidad de parejas es el factor limitante principal**. Cuantas más hembras tengan disponibles, mayor será su éxito reproductivo. **Los machos son competitivos**.



• Para las hembras, este factor no es el limitante, ya que ellas tienen un número limitado de óvulos o embarazos posibles. **Las hembras son selectivas.**

En resumen:

La proporción sexual equilibrada (aproximadamente 1:1) es mantenida por la selección natural dependiente de frecuencia. Sin embargo, la inversión energética es mucho mayor en las hembras, lo que limita su potencial reproductivo. Los machos, con menos inversión, están limitados principalmente por el número de parejas disponibles, lo que establece patrones claros en la selección sexual y estrategias reproductivas diferentes entre ambos sexos.

⇒ SELECCIÓN INTRASEXUAL

Se llama así a la competencia directa entre individuos del mismo sexo, generalmente machos, para acceder a las hembras. Las hembras no intervienen activamente en la selección, sino que son objeto de monopolización.



Tipos específicos:



1. **Combate directo**:

• Favorece tamaños corporales grandes.

• Desarrollo de estructuras ofensivas o defensivas (colmillos, cuernos, etc.).

• Promueve estrategias eficaces de lucha, privilegiando la intimidación antes que la agresión física directa.

2. **Impedimento de la cópula posterior**:

• Prolongación de la cópula o vigilancia posterior de la hembra para asegurar que los huevos sean fecundados únicamente por ese macho.

• Para ello se utiliza feromonas o tapones vaginales para impedir futuras cópulas.





3. **Infanticidio**:



• Los machos matan las crías ajenas para provocar que la hembra entre nuevamente en celo y poder así reproducirse ellos mismos.

• Estrategia común entre mamíferos, especialmente cuando un nuevo macho dominante desplaza a otro.

4. **Competencia espermática**:

• En casos de fecundación interna, se favorece una producción abundante de esperma.

• Desarrollo de estructuras anatómicas capaces de retirar el esperma depositado previamente por otros machos.



• Incluye fenómenos como la impregnación hipodérmica, una forma extrema en la cual los machos "parásitos" penetran traumáticamente a la pareja para fecundarla (observado en especies como los turbelarios).

Estos mecanismos reflejan diferentes estrategias evolutivas para maximizar el éxito reproductivo en contextos donde la competencia por las hembras es intensa.

⇒ SELECCIÓN INTERSEXUAL

Este tipo de selección sexual implica que uno de los sexos, generalmente las **hembras**, elige activamente a sus parejas reproductivas en función de ciertas características que consideran atractivas o beneficiosas para la descendencia, ya que invierten muchos recursos en sus crías.

La selección intersexual se divide en:

1. Regalos nupciales:

• Las hembras seleccionan a los machos en función del regalo que ofrecen, que suelen ser **alimentos o nutrientes esenciales**.

• El objetivo es obtener beneficios directos inmediatos para las crías, incrementando el fitness (efectividad biológica) de la descendencia.

2. Beneficios genéticos:

Las hembras seleccionan a los machos que ofrecen mejores genes para sus descendientes, lo que aumenta su eficacia biológica (fitness). Estas dos hipótesis principales pueden aclarar estos conceptos:

a) Hipótesis de la Reina Roja:

• Basada en la idea evolutiva de que las especies deben estar continuamente adaptándose para sobrevivir frente a la presión de patógenos y competidores.

• Los machos que demuestran resistencia a estos patógenos aportan una ventaja genética considerable a su descendencia.

• Frase clave: "Para quedarte donde estás tienes que correr lo más rápido que puedas" "Si quieres ir a otro sitio, deberás correr, por lo menos, dos veces más rápido".

b) Hipótesis del Hándicap:

• Sugiere que ciertos caracteres atractivos (**epigámicos**) para el sexo opuesto son costosos energética y potencialmente peligrosos para la supervivencia, pero precisamente por ello indican buena genética.



• Ejemplo típico: **colores llamativos** (como el naranja en aves), derivados de sustancias como **carotenoides**, que solo pueden ser metabolizadas por individuos sanos, indicando así buena salud inmunológica y ausencia de parásitos.



• Los machos que exhiben estas características están mostrando indirectamente su resistencia a enfermedades y buena condición genética, aumentando su probabilidad de reproducción.

Conceptos clave asociados:

• **Carácter epigámico**: característica atractiva pero costosa en términos de supervivencia.

• Los parásitos y patógenos ejercen una presión evolutiva continua, haciendo imprescindible una adaptación constante (Reina Roja).

• Los machos con rasgos costosos y llamativos (colores intensos, cantos elaborados, etc.) pueden ser preferidos por las hembras debido a la señalización indirecta de su calidad genética (Hándicap).

En resumen, mientras que la selección intrasexual está relacionada con la competencia directa entre individuos del mismo sexo, la selección intersexual depende de la elección activa por parte del otro sexo (generalmente las hembras), buscando mejorar la calidad genética o recibir recursos directos beneficiosos para la descendencia.

TÉRMINOS CLAVE RELACIONADOS CON LA BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN Y ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS

1. Estrategias reproductivas:

• **Poliginia**: Sistema reproductivo donde un macho tiene acceso reproductivo a **múltiples hembras**.

• **Poliginia**: Sistema reproductivo donde un macho se aparea con varias hembras.

• **Monogamia**: Sistema en el que cada individuo tiene una única pareja reproductiva, al menos durante una temporada o toda la vida.

• **Poliandria**: Sistema en el que una hembra se reproduce con múltiples machos.

Estos dos términos de **ecología poblacional** están relacionados con estrategias reproductivas basadas en la supervivencia y reproducción:

• **Estrategia r**: Implica producir muchos descendientes con una menor inversión en cada uno, típica en ambientes inestables o impredecibles.

Estrategas *r* *(rate)*



Estrategas *k* *(Kapazitätsgrenze)*



• **Estrategia K** (del alemán *Kapazitätsgrenze*, "límite de capacidad"): Favorece la reproducción de pocos descendientes con una elevada inversión parental, adaptándose a ambientes más estables y cerca del límite de capacidad del hábitat.

TEMA 10: CONCEPTO DE ESPECIE Y MECANISMOS DE ESPECIACIÓN

Aportaciones históricas: El naturalista, explorador, geógrafo, antropólogo y biólogo británico **Alfred Russel Wallace (1854)**, (del que ya hemos hablado por haber propuesto una teoría de evolución a través de la selección natural independiente de la de Charles Darwin que motivó a este a publicar su propia teoría) viajó al archipiélago malayo y, durante ocho años, documentó aproximadamente **5.000 especies nuevas** para la ciencia.

• **La taxonomía y el concepto de especie:** La **taxonomía** es la disciplina biológica encargada de nombrar y clasificar los organismos. Los taxones (categorías de clasificación), incluido el término **"especie"**, son herramientas necesarias para organizar la diversidad biológica.

• **Concepto clave:** La **especie** se considera una categoría esencial en taxonomía, aunque su definición puede ser compleja y sujeta a debate dependiendo del enfoque (biológico, filogenético, ecológico, etc.).

Estos puntos ayudan a entender la relevancia histórica y conceptual del término "especie" como unidad básica para estudiar y organizar la diversidad de organismos vivos, así como las implicaciones evolutivas del proceso de especiación.

⇒ CONCEPTO BIOLÓGICO DE ESPECIE

🔶 **Definición de especie:** Se llama especie al grupo de organismos diferente de cualquier otro grupo y que es capaz de reproducirse y de tener descendencia fértil. Esto hace que sea la unidad de clasificación más pequeña para plantas y animales y que sus miembros puedan aparearse en condiciones naturales y generar una **descendencia fértil**, pero no se cruzan con miembros de otras especies distintas.

🔶 **Aspectos fundamentales:**

• **Aislamiento reproductor**: Es el criterio esencial que diferencia unas especies de otras, impidiendo el intercambio de genes entre especies distintas.

• **Barreras reproductivas**: Son mecanismos que evitan que organismos de diferentes especies puedan reproducirse entre sí, manteniendo así la identidad genética específica de cada especie.

• **Ernst Mayr (1904-2005)**: Fue un destacado biólogo evolutivo que popularizó esta definición de especie, enfatizando especialmente el papel del aislamiento reproductor como clave esencial del concepto biológico de especie.

🔶 **Implicaciones del concepto biológico de especie:**

Este concepto pone énfasis en la importancia del **flujo genético dentro de la misma especie**, así como en las barreras reproductivas que aseguran la **integridad genética** y evolutiva de las poblaciones.

Aunque está ampliamente aceptado este concepto, es **especialmente** aplicable a organismos de reproducción sexual y **no se ajusta bien** a organismos que se reproducen principalmente de forma asexual o que presentan hibridación frecuente. Sin embargo, la reproducción, tanto sexual como asexual, involucra la transmisión del material genético a la descendencia, asegurando la **continuidad** y **variabilidad** biológica, ya que la transmisión eficiente del ADN es clave para el mantenimiento y evolución de las especies.

El concepto de **replicación y transmisión genética** es, una piedra angular en varias disciplinas biológicas fundamentales, incluyendo:

RELACIÓN CON OTRAS DISCIPLINAS BIOLÓGICAS:

DISCIPLINA	CÓMO UTILIZA LA REPLICACIÓN Y TRANSMISIÓN GENÉTICA
Genética	Estudia cómo los genes se transmiten y cómo estas transmisiones afectan las características fenotípicas.
Biología Celular	Investiga cómo se copia y reparte el material genético durante la división celular, asegurando fidelidad en la transmisión genética.
Biología Molecular	Profundiza en los mecanismos bioquímicos y moleculares que permiten la replicación, transcripción y traducción del ADN.
Biología Evolutiva	Analiza cómo la transmisión del material genético a través de generaciones conduce a la evolución, selección natural, deriva genética y especiación.
Ecología Evolutiva	Explora cómo los patrones de transmisión genética influyen en la adaptación ecológica de las especies al entorno.

• La figura clave, como se ha dicho anteriormente, es **Ernst Mayr**, este biólogo estableció que el aislamiento reproductor es crucial en la definición del concepto biológico de especie, destacando cómo las barreras reproductivas garantizan la identidad genética y evolutiva de cada especie.

🔶 **Reproducción y evolución:**

• La reproducción sexual contribuye a la variabilidad genética esencial para la **adaptación evolutiva**.

• La reproducción asexual permite la replicación rápida, pero limita la variabilidad genética, reduciendo la capacidad adaptativa en entornos cambiantes.

🔶 **Mecanismos de transmisión genética:**

• **Replicación del ADN** (asegurando fidelidad en la transmisión genética).

• **Mecanismos de reparación del ADN** (mantienen la integridad del genoma durante la transmisión).

• **Procesos de recombinación genética y meiosis** (favorecen la variabilidad genética).

En definitiva, la replicación y transmisión genética constituyen la base de la **continuidad y diversidad** de la vida, conectando disciplinas fundamentales en Biología Celular, Genética y Biología Evolutiva.

⇒ DIFICULTADES EN LA APLICACIÓN DEL CONCEPTO BIOLÓGICO DE ESPECIE

Aunque el concepto biológico de especie es muy útil y aceptado, presenta algunos problemas prácticos importantes que dificultan su aplicación en ciertos contextos:

1. Organismos con reproducción asexual:

• **Organismos que se reproducen asexualmente**, como:

• **Bacterias**: *Lactobacillus rhamnosus*

• **Arqueas**: *Pyrolobus fumarii*

• El concepto tradicional no es aplicable, ya que no existe intercambio genético mediante la reproducción sexual.

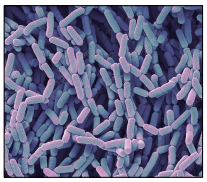
• Ejemplos mencionados:

• *Pyrolobus fumarii*

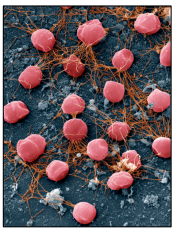
• *Lactobacillus rhamnosus*

• *Amoeba proteus*

• *Philodina roseola*



Lactobacillus rhamnosus



Pyrococus furiosus



Philodina roseola



🔶 **Aplicación en fósiles:**

• Para especies fósiles, al no existir observación directa del apareamiento, se utiliza el **concepto morfológico de especie**, clasificando según similitudes estructurales o anatómicas.

• El fósil **Seymouria baylorensis**, una especie extinta para la cual se aplica este concepto morfológico.



🔶 **Individuos que no pueden reproducirse pese a ser la misma especie:**

• A veces, individuos claramente pertenecientes a la misma especie no pueden aparearse por barreras circunstanciales o temporales.

• En estos casos, se usa el **"concepto de reconocimiento específico"**, basado en mecanismos de identificación mutua entre individuos de una misma especie.

🔶 **Casos especiales (híbridos):**

• **Híbridos fértiles**: algunas especies estrechamente relacionadas pueden producir descendencia fértil, complicando la aplicación del concepto de especie.

• Ejemplos notables: el conocido híbrido entre lobo y coyote, el "coywolf", capaz de reproducirse con ambos progenitores.



Canis lupus



Canis latrans



"Coywolf", híbrido de lobo y coyote

Estas dificultades indican que el concepto biológico clásico de especie, aunque es ampliamente útil en muchas situaciones, requiere adaptaciones y conceptos alternativos según el contexto biológico y las características reproductivas de los organismos estudiados.

⇒ MECANISMOS DE AISLAMIENTO REPRODUCTOR

Especies alejadas filogenéticamente: apareamiento absolutamente imposible.
Especies próximas filogenéticamente: apareamiento posible.

Vamos a ver cuáles son estos mecanismos que impiden el intercambio genético entre diferentes especies. Existen dos categorías principales: **precigóticos** y **postcigóticos**.


Drosophila pseudoobscura


Drosophila persimilis

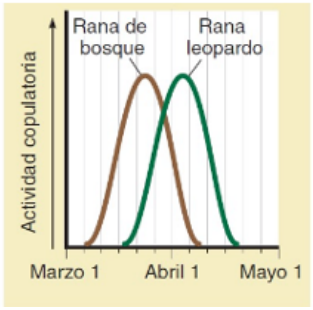
A) Mecanismos Precigóticos (impiden la fecundación):

1. **Aislamiento temporal**:

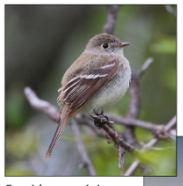
• Las especies tienen periodos reproductivos diferentes (distinto momento del día, estación o año).


Rana sylvatica


Lithobates pipiens



• Ejemplos: ciertas especies de *Drosophila* se reproducen en distintos momentos, así como especies de ranas que crían en épocas diferentes.


Empidonax minimus


Empidonax viridis



2. **Aislamiento de hábitat**:

• Las especies ocupan hábitats diferentes dentro de una misma área geográfica, limitando su interacción y reproducción.

• Ejemplo: distintas especies de anfibios o aves como *Empidonax viridis* y *Empidonax minimus*, que prefieren hábitats específicos y separados.



3. **Aislamiento conductual**:

• Diferencias en rituales de cortejo y comportamientos previos a la cópula, que impiden que individuos de diferentes especies se reconozcan como pareja reproductiva.

• Es común en aves, como en las aves del paraíso, que poseen complicadas danzas o rituales específicos.

Ejemplo de las aves del paraíso:
https://www.youtube.com/watch?v=rX40mBb8b

4. **Aislamiento mecánico:**

• Consiste en la incompatibilidad física o anatómica entre órganos reproductores, siguiendo el modelo llamado **llave-cerradura**.


Salvia mellifera


Salvia apiana

• Un ejemplo típico son las especies vegetales: **Salvia mellifera** y **Salvia apiana** que presentan una adaptación específica de sus estructuras florales que solo permiten la polinización efectiva por determinados polinizadores compatibles morfológicamente.



5. **Aislamiento gamético**:

• Aun si los gametos de especies diferentes coinciden, no se pueden fusionar debido a incompatibilidad química o física.

• Muy frecuente en especies con fecundación externa, como en peces o invertebrados marinos.



B) Mecanismos Postcigóticos (actúan después de la fecundación):

1. **Inviabilidad del embrión híbrido**:

• El embrión híbrido no logra desarrollarse adecuadamente y muere antes de nacer debido a incompatibilidades genéticas.

• Ejemplo: muchos híbridos generados por cruces entre especies muy próximas mueren en estadios tempranos del desarrollo.

2. **Esterilidad del híbrido**:

• Aunque el híbrido nazca y se desarrolle, frecuentemente es estéril debido a diferencias en el número de cromosomas de los progenitores, lo que impide la producción adecuada de gametos funcionales.



Yegua (2n= 64) Mula (2n= 63) Burro (2n= 62)

• Ejemplo clásico: la mula (que viene del cruce entre yegua con 64 cromosomas y burro con 62 cromosomas), tiene 63 cromosomas y por tanto es estéril.

3. **Degradación o baja viabilidad en generaciones sucesivas (depresión o deterioro híbridos)**:



• Si el híbrido es fértil, su descendencia (F2) presenta frecuentemente **defectos severos**.

• Ejemplo: Cruces entre diferentes especies de **girasoles**, en los que un 80% de la descendencia F2 muestra defectos importantes.

Estos mecanismos de aislamiento postcigótico aseguran que, aunque algunas barreras precigóticas sean superadas puntualmente, las especies mantengan su integridad genética a largo plazo, evitando la proliferación efectiva de híbridos entre especies diferentes.

⇒ MECANISMOS DE ESPECIACIÓN

Este es el **proceso evolutivo** mediante el cual una población de una especie se separa y evoluciona hasta formar especies diferentes. La clave para que ocurra la especiación es el establecimiento de un **aislamiento reproductor**, que impide el intercambio genético entre poblaciones.

Este proceso suele darse en tres pasos:

1) Las poblaciones se separan.
2) Los acervos genéticos de las poblaciones separadas comienzan a separarse.
3) Las diferencias genéticas son tantas que ya no puede haber intercambio genético.

🔶 Modelos principales de especiación

Existen fundamentalmente dos grandes modelos de especiación: **alopátrica** y **simpátrica**.

📌 Especiación Alopátrica:

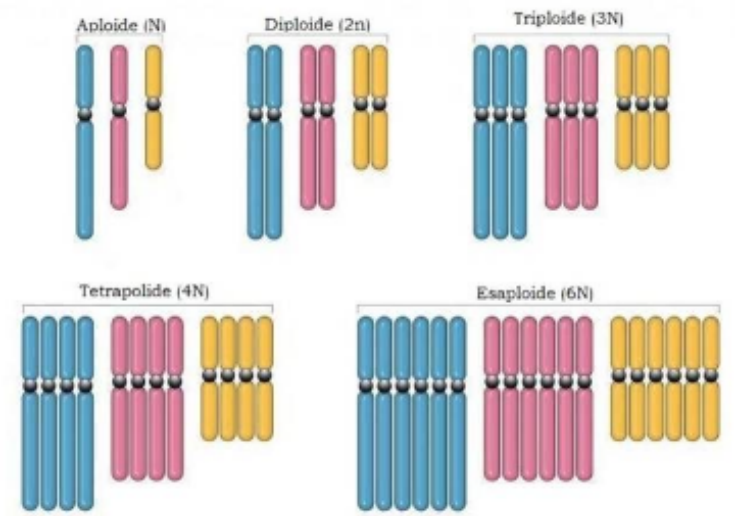
- Es el modelo más frecuente.
- Ocurre cuando una población queda **aislada geográficamente** de otras poblaciones.
- Evolucionan de manera independiente debido a:
  - **Selección natural**
  - **Deriva genética**
- Las diferencias genéticas se acumulan hasta crear mecanismos de aislamiento reproductor efectivos.

🔷 Ejemplos claros de especiación alopátrica:

- Peces del desierto de EE. UU.:
  - *Cyprinodon diabolis* y *Cyprinodon nevadensis* en el Valle de la Muerte, aislados en charcas separadas.
- Efecto fundador (**efecto fundador o founder effect**):
  - Ocurre cuando un pequeño grupo de individuos coloniza un nuevo territorio.
  - Se acelera el proceso debido a presiones selectivas diferentes y a la deriva genética incrementada por la baja variabilidad genética inicial.

📌 Especiación Simpátrica

- Es la formación de nuevas especies a partir de una población ancestral dentro de la **misma área geográfica**. A diferencia de la alopátrica, en la especiación simpátrica no hay barreras físicas que separen a las poblaciones.
- Este tipo de especiación es común en plantas y menos frecuente o difícil de demostrar en animales.



🔶 Mecanismos principales:

🟢 **1) Cambios en la ploidía (Poliploidía):**

- Implica cambios en el número de juegos cromosómicos.
- Especialmente frecuente en plantas.

• La **poliploidía** es la condición donde una célula u organismo tiene más de dos conjuntos completos de cromosomas.

Tipos de poliploidía:

• **Autopoliploidía**: duplicación cromosómica dentro de la misma especie.

• **Alopoliploidía**: resultado de la hibridación entre dos especies diferentes seguida por una duplicación cromosómica, creando organismos con múltiples juegos cromosómicos derivados de especies diferentes.

Ejemplos y características clave:

• La mayoría (aproximadamente un 80%) de las especies vegetales con flores son **poliploides**, y entre estas, predominan los **alopoliploides**.

• Proceso extremadamente rápido (puede ocurrir en una sola generación), lo que explica la alta diversidad evolutiva de las plantas con flores.

• Los alopoliploides, aunque ocupen la misma región geográfica que sus progenitores, quedan reproductivamente aislados debido a incompatibilidad genética, especialmente durante la meiosis (no tienen cromosomas homólogos que puedan aparearse correctamente).

🟢 **2) Cambios de carácter ecológico (Selección disruptiva):**

• Diferenciación de una población debido a cambios en el uso de recursos o hábitats dentro de la misma área geográfica.

• Se produce frecuentemente por selección disruptiva, en la que se favorecen individuos con características extremas o especializadas en distintos recursos.

Ejemplos claros:

• Es particularmente fácil de observar en **parásitos**, que pueden especializarse en distintos hospedadores dentro del mismo espacio geográfico.

• Así, una población inicial de parásitos puede dividirse en dos subpoblaciones, cada una adaptada específicamente a un hospedador diferente, lo que puede conducir a la especiación.

En definitiva, la especiación simpátrica permite explicar la diversidad biológica y evolutiva dentro de un mismo hábitat sin necesidad de aislamiento físico, mediante mecanismos como la poliploidía en plantas o la especialización ecológica en animales.

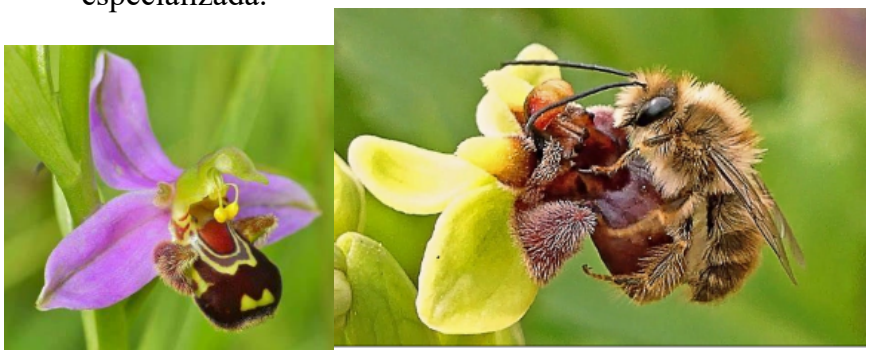
⇒ COEVOLUCIÓN

Este es un fenómeno evolutivo en el que dos o más especies interactúan tan estrechamente que evolucionan conjuntamente. Cuando una especie experimenta cambios evolutivos, impulsa simultáneamente cambios adaptativos en la otra, generando una evolución en paralelo.



Ejemplos claros:

- **Corales y zooxantelas**: Zooxantelas (algas simbióticas) y los corales donde habitan evolucionan juntos debido a su interacción simbiótica altamente especializada.



Eucera sp. Tratando de copular con *Ophris apifera*

- **Ophrys apifera** (orquídea) y **Eucera sp.** (abeja): La orquídea evoluciona imitando visual y químicamente a las hembras de la abeja Eucera para atraer machos que, al intentar copular con la flor, realizan involuntariamente la polinización.

🔶 Zonas híbridas y posibles escenarios evolutivos tras la especiación:

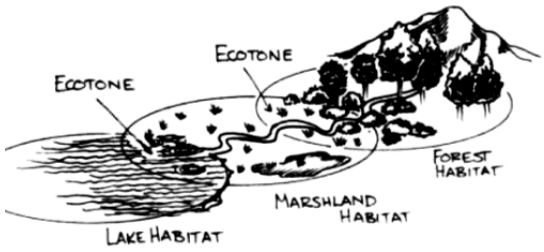
Cuando dos poblaciones inicialmente separadas geográficamente entran nuevamente en contacto antes de que se haya establecido un aislamiento reproductor completo, pueden producirse híbridos en una **zona híbrida**. Estas zonas híbridas generalmente son áreas geográficas estrechas donde se solapan dos poblaciones recientemente divergentes.

Dependiendo del **fitness** de los híbridos (su capacidad para sobrevivir y reproducirse), pueden darse tres escenarios posibles:

ESCENARIO	FITNESS HÍBRIDOS	CONSECUENCIA EVOLUTIVA
1) Reforzamiento	Menor	Las diferencias genéticas entre especies aumentan con el tiempo y la zona híbrida eventualmente desaparece, completándose así la especiación.
2) Fusión	Igual	La zona híbrida se expande y las poblaciones se mezclan de nuevo, anulando el proceso inicial de divergencia evolutiva. Las poblaciones vuelven a ser una sola especie.
3) Estabilidad	Mayor	La zona híbrida se mantiene estable o incluso podría expandirse debido al mayor éxito reproductivo de los híbridos, pudiendo eventualmente surgir una tercera especie adaptada específicamente a las condiciones intermedias de esa área híbrida.

🔷 Nota adicional sobre la estabilidad:

Este escenario ocurre típicamente en áreas llamadas **ecotonos**, que son regiones de transición entre dos ambientes diferentes, con características ambientales mixtas. En estos lugares, los híbridos pueden prosperar mejor que sus progenitores por estar adaptados precisamente a esas condiciones intermedias.



Estos procesos y mecanismos son esenciales para entender cómo las especies evolucionan juntas o cómo pueden separarse y dar lugar a nuevas formas de vida, enriqueciendo así la biodiversidad del planeta.

⇒ TASAS DE CAMBIO EVOLUTIVO

La **tasa del cambio evolutivo** o la **velocidad** ha sido objeto de debate y análisis en biología evolutiva, describen la velocidad con la que ocurren los procesos evolutivos. En biología evolutiva existen dos modelos principales que intentan explicar cómo han evolucionado las especies a lo largo del tiempo:

📌 **Modelos principales:**

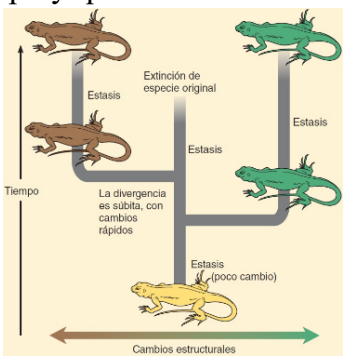
🟢 **1) Equilibrio puntuado (modelo de equilibrio interrumpido):**

• Propuesto por los paleontólogos **Stephen Jay Gould y Niles Eldredge** en el año 1971.

• Este modelo sostiene que las especies permanecen en el tiempo y que la evolución no es un proceso constante y gradual, sino que se desarrolla en momentos:

• Largos períodos de **estasis evolutiva** (sin cambios significativos).

• Breves períodos de **especiación rápida** y cambios evolutivos importantes.



🔷 **Características clave del modelo:**

• Sugiere que las formas transicionales apenas aparecen en el registro fósil no por falta de datos, sino porque realmente **son poco frecuentes** en la naturaleza.

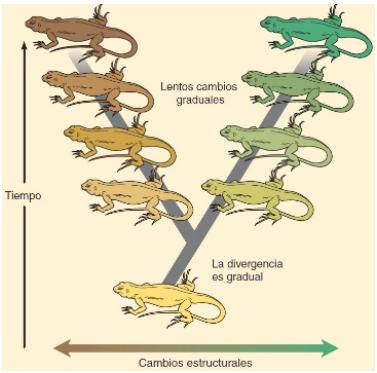
• El cambio evolutivo suele producirse en **momentos puntuales y rápidos** a nivel geológico, como respuesta a cambios ambientales bruscos o eventos aislantes.

🟢 **2. Gradualismo (o modelo gradualista):**

• Sostiene que la evolución ocurre mediante cambios lentos y continuos a lo largo del tiempo.

• Los cambios evolutivos se acumulan lentamente y de manera gradual.

• Propone que la ausencia de formas transicionales en el registro fósil se debe principalmente a la **incompletitud del registro fósil**, resultado de la dificultad del proceso de fosilización:



• Solo el 15% de las rocas tienen condiciones adecuadas para preservar fósiles.

• Aproximadamente el 99.9% de los organismos se pierden sin fosilizarse.

🔶 **Estado actual del debate científico:**

• Hoy en día, la mayoría de los científicos acepta que ambos modelos han operado en diferentes contextos históricos y biológicos, por lo que no se consideran excluyentes. El modelo

aplicable depende de las condiciones ambientales, la dinámica ecológica y el tipo de organismos involucrados.

• La historia evolutiva real probablemente haya incluido periodos donde dominó un modelo u otro, dependiendo del contexto ecológico, geológico y ambiental.

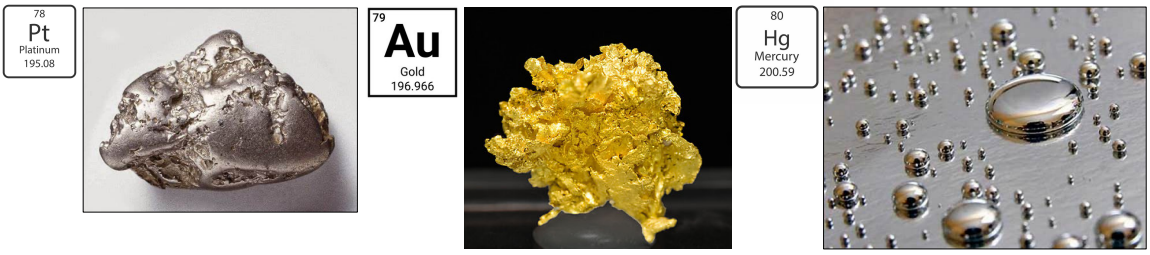
• Todo esto refleja claramente la discusión sobre cómo se da la evolución en diferentes contextos y cómo interpretamos las evidencias fósiles para entender el ritmo evolutivo.

⇒ CONCEPTO EVOLUTIVO DE ESPECIE

Según el concepto evolutivo, una **especie** se define como:

• Un **linaje (ancestro-descendiente)** que mantiene su identidad evolutiva frente a otras especies, poseyendo tendencias evolutivas únicas y su propio destino histórico.

• Constituye una población o conjunto de poblaciones que tienen una **historia evolutiva común**, manteniendo así su integridad e identidad genética frente a otras especies.



🔶 **Características clave del concepto evolutivo de especie:**

• **Linaje único e irrepetible**:

• Cada especie posee una historia evolutiva propia que no se repite, determinada por su aislamiento reproductivo y la acumulación particular de cambios genéticos a lo largo del tiempo.

• La historia evolutiva es la base para sus características morfológicas, ecológicas y reproductivas.

• **Tendencias evolutivas propias**:

• Cada especie posee un destino histórico particular definido por sus características adaptativas únicas y la interacción con su entorno.

• Estas tendencias evolutivas determinan el curso de la evolución del grupo y lo diferencian de otros grupos afines.

🔶 **Ejemplo ilustrativo:**

• El **bisonte de la estepa (Bison priscus)**, actualmente extinto en la península Ibérica desde hace unos **12.000 años**, es un ejemplo claro de aplicación del concepto evolutivo de especie, y es que este bisonte tuvo una evolución particular y una historia única que lo distingue claramente de otras especies evolucionadas.


Reconstrucción del bisonte de la estepa, *Bison priscus*, extinto en la península ibérica hace 12.000 años


Bisonte europeo actual, *Bison bonasus*


Representación del bisonte de la estepa en la cueva de Altamira

🔶 **Comparación con otros conceptos de especie:**

Este concepto evolutivo amplía el concepto biológico tradicional (basado principalmente en la capacidad reproductiva), al considerar también la dimensión temporal, histórica y adaptativa de las especies:


eldiariocantabria

CANTABRIA

Cantabria vuelve a ser el hogar de los bisontes

Existe una vinculación histórica entre los bisontes y Cantabria. Buena muestra de ello son las alusiones que hay a este animal en las cuevas de Altamira. Esto llevó a **Rubén Matanza** a poner en marcha una iniciativa particular para **recuperar la presencia de esta especie en la tierruca.**

"Siempre he sido un apasionado de la naturaleza y los animales y por eso me gustó la idea de poder formar parte de un proyecto para la recuperación de esta especie en un marco medioambiental muy apropiado para él como es Cantabria", asegura el propio Rubén.

CONCEPTO	CRITERIO PRINCIPAL	APLICACIÓN PRINCIPAL / EJEMPLO
Biológico	Aislamiento reproductor; capacidad para reproducirse y producir descendencia fértil	Especies con reproducción sexual (Ej.: humanos, perros, caballos)
Evolutivo	Historia común; linaje evolutivo único; destino histórico y tendencias propias	Especies con registros históricos conocidos (Ej.: bisonte de la estepa *Bison priscus*)
Morfológico	Estructura o forma corporal como criterio principal	Organismos fósiles (Ej.: *Seymouria baylorensis*)

🔶 **Comentario sobre cada concepto:**

• **Concepto Biológico**: Se centra en la capacidad reproductiva y en la existencia de barreras reproductivas que mantienen aisladas genéticamente a las especies. Muy aplicable a animales, pero presenta limitaciones importantes en organismos que se reproducen asexualmente, fósiles y especies con hibridación frecuente.

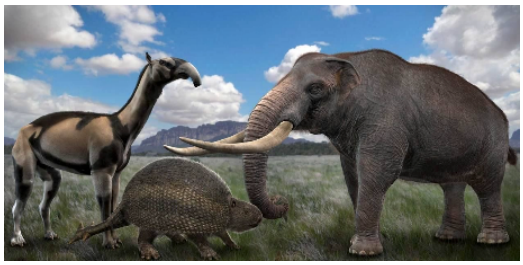
• **Concepto Evolutivo**: Amplía el enfoque biológico añadiendo una dimensión temporal y evolutiva. Se basa en la identidad histórica y la trayectoria evolutiva propia de cada especie, integrando aspectos genéticos, morfológicos y ecológicos.

• **Concepto Morfológico**: Se emplea principalmente cuando no hay información genética ni reproductiva disponible, como sucede con los fósiles. Su criterio básico es la similitud en forma y estructura anatómica.

En definitiva, el **concepto evolutivo de especie** enfatiza la importancia de entender a cada especie como un linaje evolutivo singular con una trayectoria histórica y adaptativa particular, complementando los enfoques más tradicionales basados solo en la reproducción o morfología.

⇒ LA EXTINCIÓN

🔶 **Concepto de Extinción:**



• Se define de esta manera a la **desaparición permanente** de una especie o linaje evolutivo.

• Esto ha sido un fenómeno recurrente desde el origen mismo de la vida.

• Es un mecanismo fundamental en la evolución, ya que abre oportunidades para nuevas especies. como fenómeno evolutivo, así como su relación con otros conceptos importantes, como el **nicho ecológico** y la **radiación adaptativa**.

🔸 Nicho Ecológico y Extinción:

• El **nicho ecológico** es el padrón que una especie desempeña en su ecosistema (lo que come, cómo se reproduce, interacciones con otras especies, etc.).

• Cuando una especie se extingue, su nicho ecológico queda vacío y puede ser ocupado por otra especie que evolucione o adapte su papel para aprovechar esa oportunidad ecológica.

🔸 Radiación Adaptativa o Radiación Evolutiva:



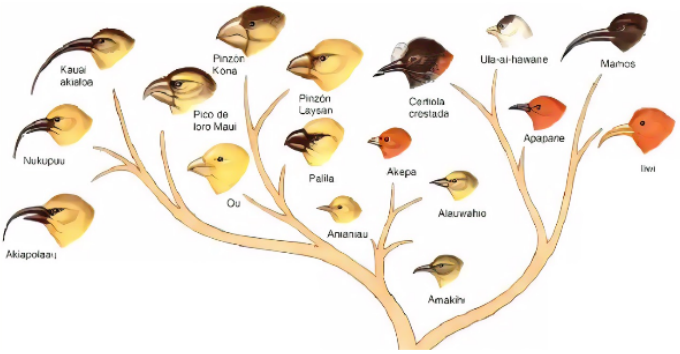


• Es el proceso evolutivo rápido en el que una especie ancestral da lugar a múltiples especies nuevas, cada una adaptada a explotar un nicho ecológico diferente.

• Este proceso ocurre a menudo cuando se producen extinciones masivas que dejan numerosos nichos disponibles para ser ocupados por nuevos organismos.

🔸 Tipos de extinción según su magnitud y contexto:

🟢 1. Extinción de fondo:



• Es la **extinción gradual** de especies individuales debido a causas normales y constantes como cambios ambientales leves, depredación o competencia entre especies.

🟢 2. Extinciones en masa:

• Son eventos puntuales en el tiempo geológico donde una gran proporción de especies desaparece en un breve período debido a fenómenos catastróficos.

Las cinco grandes **extinciones masivas** reconocidas por la comunidad científica y probadas por el registro fósil son:

EXTINCIÓN MASIVA	FECHA APROXIMADA	CONSECUENCIAS PRINCIPALES
Ordovícico-Silúrico	Hace ~444 millones de años	Desaparición de aproximadamente el 85% de las especies, causada por enfriamiento global, glaciaciones y descenso del nivel del mar.
Devónico tardío	Hace ~372 millones de años	Eliminó aproximadamente al 75% de las especies. Se relaciona con cambios climáticos, fluctuaciones en niveles oceánicos, anoxia marina y vulcanismo.
Pérmico-Triásico (Gran Extinción)	Hace ~252 millones de años	Extinción más grave conocida, eliminando aproximadamente al 95% de las especies marinas y al 70% de las terrestres, posiblemente por vulcanismo masivo en Siberia.
Triásico-Jurásico	Hace ~201 millones de años	Afectó a cerca del 80% de las especies, facilitando el dominio posterior de los dinosaurios. Probablemente causada por actividad volcánica y cambios climáticos importantes.
Cretácico-Paleógeno (K-T)	Hace ~66 millones de años	Famosa extinción de los dinosaurios (excepto aves), con pérdida del 75% de las especies. Vinculada al impacto de un meteorito en Chicxulub, México.

• Actualmente, existen científicos que hablan de una **“Sexta Extinción Masiva”**, provocada principalmente por las actividades humanas (pérdida de hábitats, cambio climático, contaminación, sobreexplotación de especies, etc.).

🔶 **Importancia evolutiva de las extinciones:**

• Las extinciones, especialmente las masivas, permiten un reajuste importante de los ecosistemas, facilitando la evolución de nuevas especies mediante procesos de especiación rápida. Tras estos eventos de extinción, suelen ocurrir fenómenos de **radiación adaptativa**, que incrementan notablemente la biodiversidad a corto plazo.

TEMA 11: LA HISTORIA DE LA VIDA

Conocer el origen de la vida ha acompañado a la especie humana durante miles de años, y es una de las preguntas más fundamentales y persistentes de la ciencia. A pesar de los grandes avances en biología y química, aún no tenemos una respuesta definitiva. Sin embargo, existen varias teorías e hipótesis que intentan explicar cómo pudo surgir la vida en la Tierra.

⇒ HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DE LA VIDA

1. Ideas generales

• La vida surge a partir de **materia no viva**.

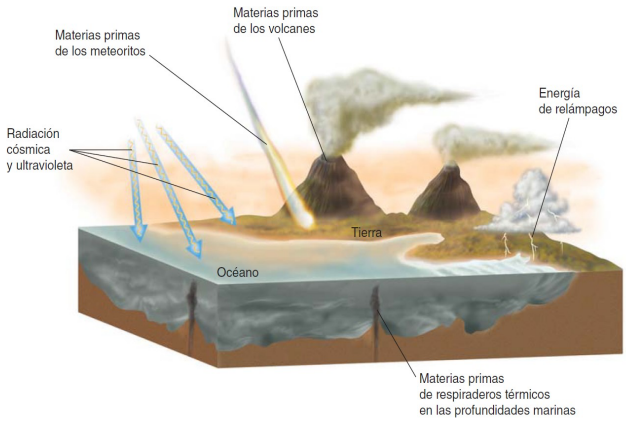
• Las primeras moléculas orgánicas se formaron de manera **espontánea**.

• Estas moléculas se agregaron y combinaron para formar **macromoléculas** (proteínas, ácidos nucleicos, etc.).

• Las interacciones químicas continuaron hasta formar **estructuras autorreplicantes** con **metabolismo**.

• Aparecen las **células procariotas** y luego las **eucariotas**, lo que conduce a la **pluricelularidad**.

2. La Tierra primigenia



• Edad: **4.600 millones de años**.

• Atmósfera sin oxígeno libre (O_2), rica en **CO_2, H_2O, NH_3**, etc.

• Energía abundante: tormentas eléctricas, vulcanismo, meteoritos, radiación intensa.

• Existencia de **"ladrillos químicos"** como agua y minerales.

• El **tiempo geológico** favoreció la evolución química.

3. Evolución química antes que biológica

• Casi todos los científicos coinciden en que **la evolución química precedió a la biológica**.

4. Hipótesis sobre el origen de las moléculas orgánicas

• **Sopa prebiótica**: formación de moléculas cerca de la superficie terrestre.

• **Mundo hierro-azufre**: formación en las grietas del lecho marino, con condiciones reductoras y alta temperatura, que sitúa el origen de las moléculas orgánicas en esas **grietas del fondo marino** cerca de **chimeneas hidrotermales** con altas temperaturas y presencia de minerales como sulfuro de hierro y níquel.

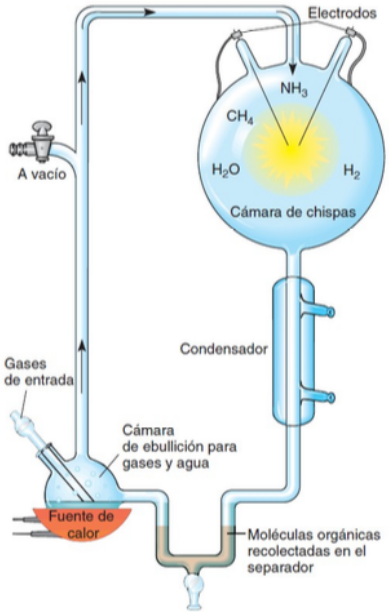
• La **hipótesis extraterrestre**, plantea que **compuestos orgánicos** (como aminoácidos) llegaron del espacio a través de **meteoritos**, como el caso documentado de una **condrita carbonácea** encontrada en Australia, de unos 4.500 millones de años.

5. Aportaciones clave

• **Oparin** y **Haldane** (1920): Estos científicos mantuvieron que en la Tierra primitiva existieron determinadas condiciones de temperatura, así como radiaciones del Sol que afectaron a las sustancias que existían entonces en los mares primitivos. Estas sustancias se combinaron de tal manera que dieron origen a los seres vivos.

• **Stanley Miller y Harold Clayton Urey,** científicos de la **Universidad de Chicago.** (1950): recrearon las condiciones primitivas de la Tierra en un experimento y lograron sintetizar:

- 20 **aminoácidos**
- **Azúcares**
- **Lípidos**
- **Bases nitrogenadas** del ADN, ARN y ATP.



6. Evidencias posteriores

• Oparin habló de un **"caldo primigenio"** (sopa prebiótica) en mares poco profundos.

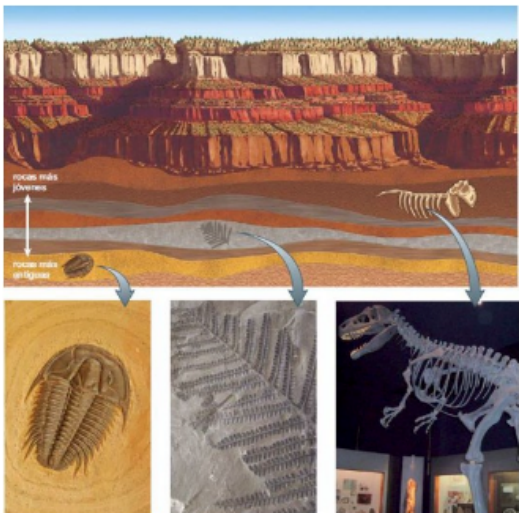
• Nuevas evidencias señalan que las reacciones químicas también pudieron darse sobre **superficies rocosas**, especialmente **arcilla**.

7. Formación espontánea de polímeros



• Se ha demostrado que **los polímeros se pueden formar sin enzimas**, gracias a la estructura y carga de las partículas de **arcilla caliente**.

⇒ DATACIÓN DE LA HISTORIA DE LA VIDA



1. Métodos de datación

• Datación relativa

• Basada en los **estratos geológicos**: los más jóvenes se superponen a los más antiguos.

• Permite inferir la **edad relativa** de los fósiles.

• Útil en el estudio de **extinciones masivas** y la **distribución de fósiles** en capas.

• Datación absoluta

• **Radiometría**: se calcula la edad midiendo la desintegración de **isótopos radiactivos**, como **Carbono-14**, **Uranio-238**, **Potasio-40**, etc.

• **Reloj molecular**: se basa en el **ritmo de mutación** de fragmentos de ADN comunes (mitocondrial, ribosómico) para estimar el **tiempo de divergencia evolutiva**.



2. Escala temporal geológica

• La historia de la Tierra se divide en **EONES** y **ERAS**.

○ EÓN ARQUEOZOICO

• Aparición de los primeros **procariontes**.

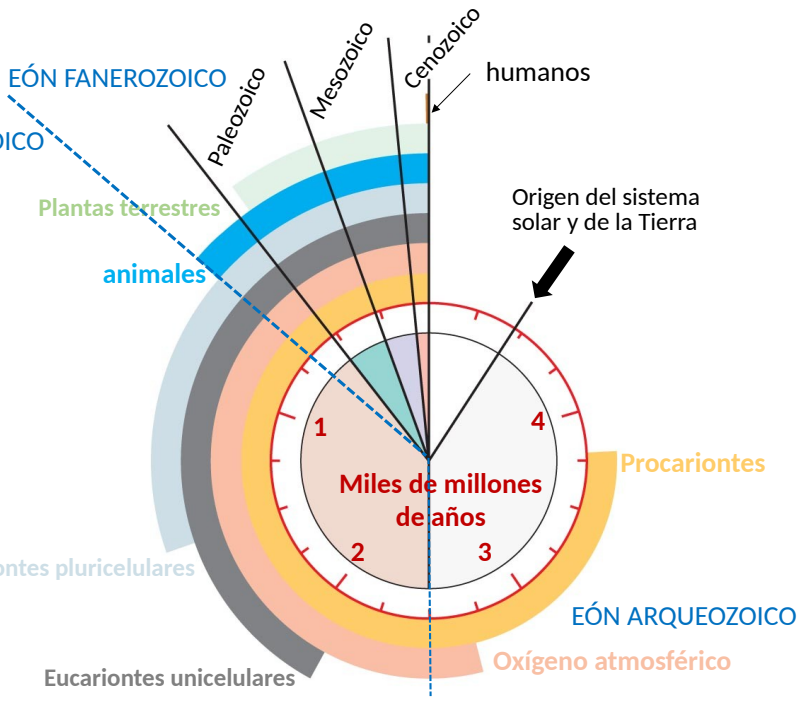
○ EÓN PROTEROZOICO

• Oxígeno atmosférico

• Primeros **eucariontes unicelulares y pluricelulares**

- **EÓN FANEROZOICO**
  - **Era Paleozoica**: plantas terrestres, primeros animales
  - **Era Mesozoica**: dinosaurios, reptiles marinos y aéreos
  - **Era Cenozoica**: mamíferos, aves, y finalmente **seres humanos**

EON	ERA	PERIODO	Duración (m.a.)
FANEROZOICO	Cenozoico	Cuaternario	1,8....
		Terciario	63
	65 m.a.	Cretácico	75
	Mesozoico	Jurásico	70
		Triásico	40
	250 m.a.	Pérmico	40
		Carbonífero	70
		Devónico	50
	Paleozoico	Silúrico	30
		Ordovícico	60
		Cámbrico	90
	542 m.a.		
PROTEROZOICO	Precámbrico		4.050
ARQUEOZOICO			
	4600 m.a.		



⇒ EVOLUCIÓN DE LOS PROCARIONTES

1. Formación de los primeros sistemas precelulares

Los científicos han logrado sintetizar **protobiontes** (estructuras orgánicas complejas que se consideran precursores de la vida celular). Representan un paso crucial en la transición de la materia no viva a los primeros organismos vivos. Estas estructuras presentan algunas propiedades de las células vivas:

- Crecen y se dividen por fisión binaria.
- Mantienen homeostasis.
- Algunos muestran principios de metabolismo.

2. Microesferas: estructuras precelulares

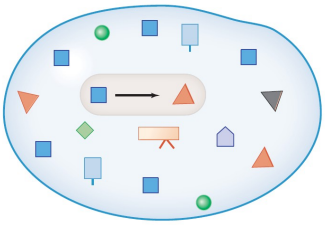
Al añadir agua a ciertos polipéptidos se forman **microesferas**, que tienen propiedades interesantes:

- Algunas presentan **potencial eléctrico** en su superficie.
- Tienen **permeabilidad selectiva**.
- Responden a cambios de presión osmótica **sin tener membrana**.

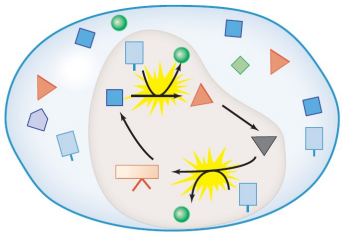
También se han generado estructuras similares a **vesículas** al agitar agua, imitando el oleaje marino. En 2008 se sintetizaron **protobiontes con membranas de ácidos grasos y monoglicéridos** que rodeaban moléculas parecidas al ADN y permitían la entrada de nutrientes.

3. Hipótesis del primer metabolismo

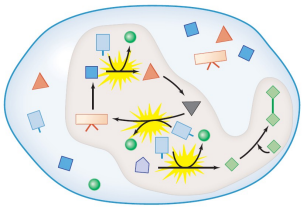
Propone que la vida comenzó como un sistema **autosustentable y organizado**, compuesto por reacciones químicas entre moléculas simples, encerradas dentro de una frontera aislante.



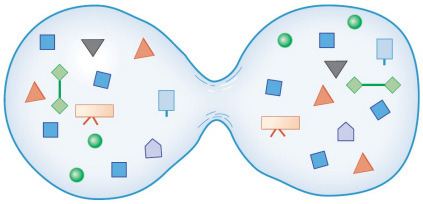
(a) Dentro de una frontera membranosa ocurren reacciones químicas entre moléculas simples.



(b) Una fuente de energía se acopla a la secuencia de reacciones químicas.



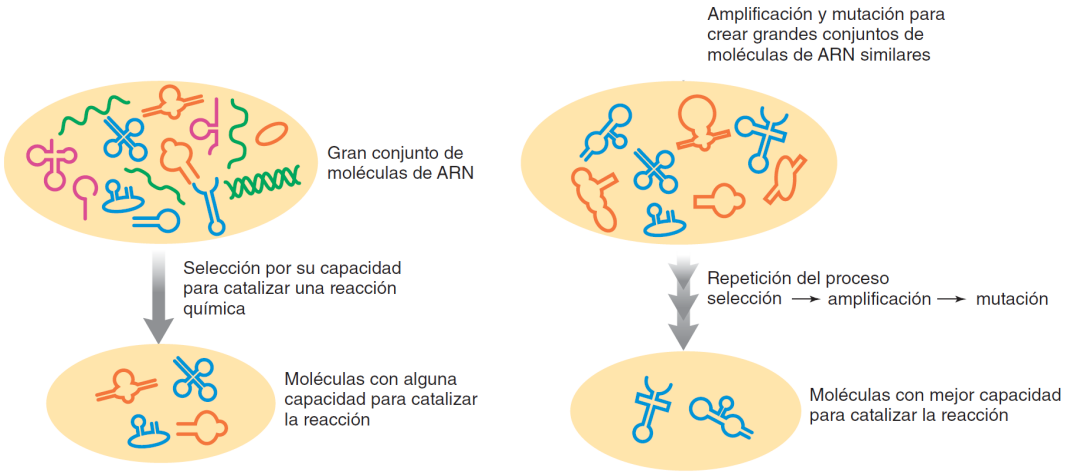
(c) Conforme el sistema precelular continúa evolucionando, su tamaño y organización aumentan.



(d) El sistema precelular desarrolla la capacidad para reproducirse.

La energía necesaria para esas reacciones vendría del **ATP**. Esta idea fue desarrollada por **Robert Shapiro**.

4. Hipótesis del mundo de ARN



Sugiere que el **ARN** fue la primera molécula informativa capaz de **formarse espontáneamente** y **autorreplicarse**.

Características clave:

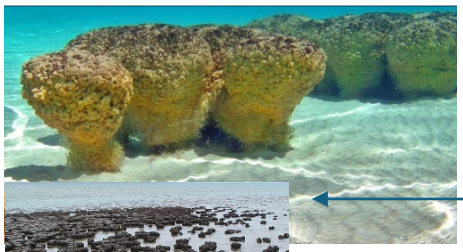
- El ARN puede actuar como **ribozima**, es decir, catalizar su propia replicación.
- Se ha observado su capacidad catalítica **in vitro**.
- Es compatible con la **selección natural**.
- Pudo catalizar la **síntesis de proteínas**.
- Más adelante, apareció el **ADN** a partir del ARN, en forma de doble hélice, y la selección natural favoreció al sistema más estable.

5. Origen del código genético

El código genético universal puede haber sido el resultado de la **supervivencia de uno entre varios códigos primitivos**, como se explora en trabajos recientes.

⇒ PRIMERA EVOLUCIÓN

1. Aparición de las primeras células





• No se sabe con exactitud cuándo aparecieron.

• Los **microfósiles más antiguos** datan de hace **3500 millones de años**.

• Ejemplo: **Estromatolitos** de Hamlin Pool (Australia), formaciones en capas de microorganismos que aún existen hoy en día.

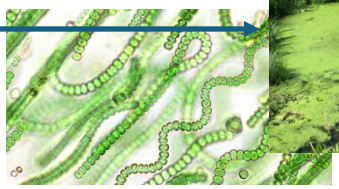
2. Primeras formas de vida

• Probablemente fueron **células heterótrofas y fermentadoras**, es decir, obtenían energía **sin oxígeno**, por **fermentación** de compuestos como azúcares o aminoácidos.

3. Invención de la fotosíntesis

• La fotosíntesis fue una **innovación evolutiva** que ofreció una gran ventaja y fue favorecida por selección natural.

• Los **primeros autótrofos fotosintéticos** fueron las **cianobacterias**.





• Su actividad, mantenida durante millones de años, **llenó la atmósfera de oxígeno**.

4. Efectos del oxígeno

• Aunque vital hoy en día, el **oxígeno es peligroso** para las moléculas orgánicas: las **oxida y destruye**.

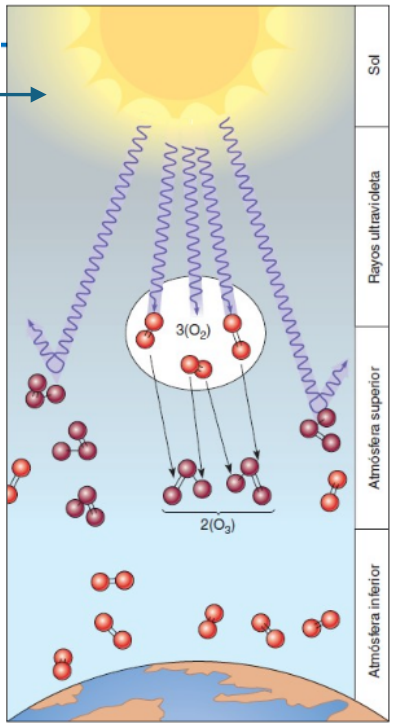
• Su acumulación forzó la evolución de un nuevo tipo de metabolismo: la **respiración aerobia**.

• Además, en la atmósfera superior el oxígeno formó **ozono (O_3)**, creando una **capa protectora** contra la radiación ultravioleta.

5. Reacciones químicas relevantes



Esta imagen representa la **formación de la capa de ozono** en la atmósfera superior de la Tierra, un proceso fundamental para la evolución de la vida en el planeta.



Explicación del esquema:

1. **Radiación ultravioleta del Sol**:

• Los **rayos UV** (en violeta) inciden sobre las moléculas de **oxígeno molecular (O_2)** que flotan en la **atmósfera superior**.

2. **Fotodisociación del oxígeno (O_2)**:

• La radiación UV rompe las moléculas de O_2, separando sus átomos.

3. **Formación del ozono (O_3)**:

• Estos átomos de oxígeno libres (O) se combinan con otras moléculas de O_2 para formar **ozono (O_3)**.

4. **Ciclo de protección**:

• El ozono así formado **absorbe más radiación ultravioleta**, impidiendo que llegue en exceso a la **atmósfera inferior** (cercana a la superficie terrestre).

• Por medio de este proceso se mantiene el equilibrio de la capa de ozono y **protege a los seres vivos** de mutaciones y daños en el ADN causados por los rayos UV.

Este ciclo fue crucial en la historia de la vida, ya que **permitió la colonización de ambientes terrestres** al reducir la radiación letal que antes impedía la vida fuera del agua o bajo protección.

⇒ EVOLUCIÓN DE LA CÉLULA EUCARIOTA: ENDOSIMBIOSIS

1. Contexto evolutivo

• Hace unos **2100 millones de años** surgieron los primeros **organismos eucariotas unicelulares**.

• La **selección natural** favoreció a algunas bacterias que eran **depredadoras**:

• Eran más grandes.

• Tenían **pared celular rígida** y capacidad de **fagocitar** (envolver y engullir) otras células.

2. Formación de estructuras internas

• A partir de **invaginaciones de la membrana plasmática**, se formaron:

• El **núcleo** (envoltura nuclear).

• Otros **orgánulos internos**.

Estas estructuras favorecieron una compartimentación más eficiente y sentaron la base de la célula eucariota.

3. Teoría de la endosimbiosis seriada

• Propuesta por **Lynn Margulis (1938–2011)**.

• Plantea que **mitocondrias y cloroplastos** eran originalmente **bacterias de vida libre** que fueron **ingeridas** por otra célula, pero **en vez de ser digeridas**, establecieron una relación simbiótica.

4. Pruebas a favor de la teoría

❖ **Mitocondrias y cloroplastos presentan características bacterianas:**

• Tienen **una sola molécula de ADN circular**, sin histonas (igual que las bacterias).

• Contienen su propio **ARN de transferencia**, **ribosomas** y todo lo necesario para **transcripción y traducción**.

• Se **replican por división binaria**, como los procariontes.

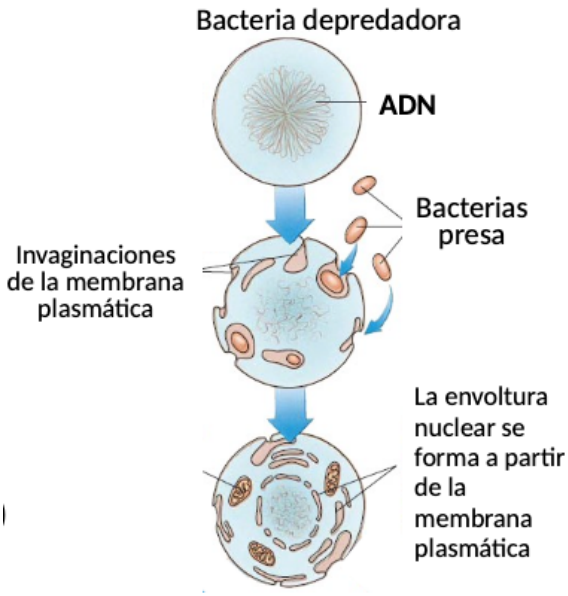
• Las **membranas internas** tienen **enzimas y proteínas de transporte** similares a las bacterias.

• Sus **ribosomas** son más parecidos a los **procariontes** que a los ribosomas del citoplasma eucariota.

• Están rodeados por una **doble membrana**:

• **Interna**: procedente de la antigua bacteria.

• **Externa**: procede de la **vesícula de fagocitosis** de la célula hospedadora.



Esta imagen ilustra de forma más clara la **teoría de la endosimbiosis**, es decir, cómo **se originaron las células eucariotas** a partir de bacterias más simples. En ella se representa perfectamente **cómo la cooperación entre células distintas** (una se comió a otra, pero no la destruyó) **dio lugar a la vida tal como la conocemos hoy**.

Vamos paso a paso:

1. **Bacteria depredadora:**
   - Es una célula **más grande y compleja** que otras bacterias.
   - Tiene **ADN libre** en su interior (aún no hay núcleo).
   - Puede **envolver y fagocitar** otras bacterias (llamadas "presas").
2. **Invaginaciones de la membrana plasmática:**
   - La membrana de esta bacteria se **repliega hacia dentro**, creando cavidades.
   - Estas invaginaciones terminan dando lugar a **compartimentos internos**.
3. **Fagocitosis de bacterias presa:**
   - Algunas de las bacterias fagocitadas **no son digeridas**, sino que **se quedan dentro** y siguen funcionando.
   - Con el tiempo, estas bacterias pasan a convertirse en **orgánulos**:
   - Las que procesaban energía → **mitocondrias**.
   - Las fotosintéticas → **cloroplastos** (en células vegetales).
4. **Formación de la envoltura nuclear:**
   - Parte de las invaginaciones **rodea el ADN** y forma una **doble membrana**: así nace el **núcleo**.

Conclusión:

Este proceso dio lugar a una célula **eucariota primitiva**, con núcleo, orgánulos internos y mayor complejidad.

Ahora vamos a conectar la evolución de la célula eucariota con el **origen de los principales reinos de seres vivos**. Esto forma parte del proceso que se ha visto en la imagen: la aparición de la **célula eucariota primitiva** gracias a la **endosimbiosis**.

⇒ **De la célula eucariota primitiva a los grandes grupos de seres vivos**

Ya hemos visto que la célula eucariota primitiva que surgió hace unos **2100 millones de años**, tiene **núcleo**, **mitocondrias** (productoras de energía) y otros orgánulos, y que surgió como resultado de la unión simbiótica entre una célula depredadora y bacterias.

⇒ **Primeros eucariotas: los protistas**

Los protistas son **unicelulares** (algunos coloniales o con formas complejas). También hay algunos que son **autótrofos** (realizan fotosíntesis) y otros **heterótrofos** (ingieren alimentos).

Este grupo da origen a las demás formas eucariotas.

Ejemplos: **amebas, paramecios y algas unicelulares.**

EVOLUCIÓN POSTERIOR: TRES GRANDES LINAJES:

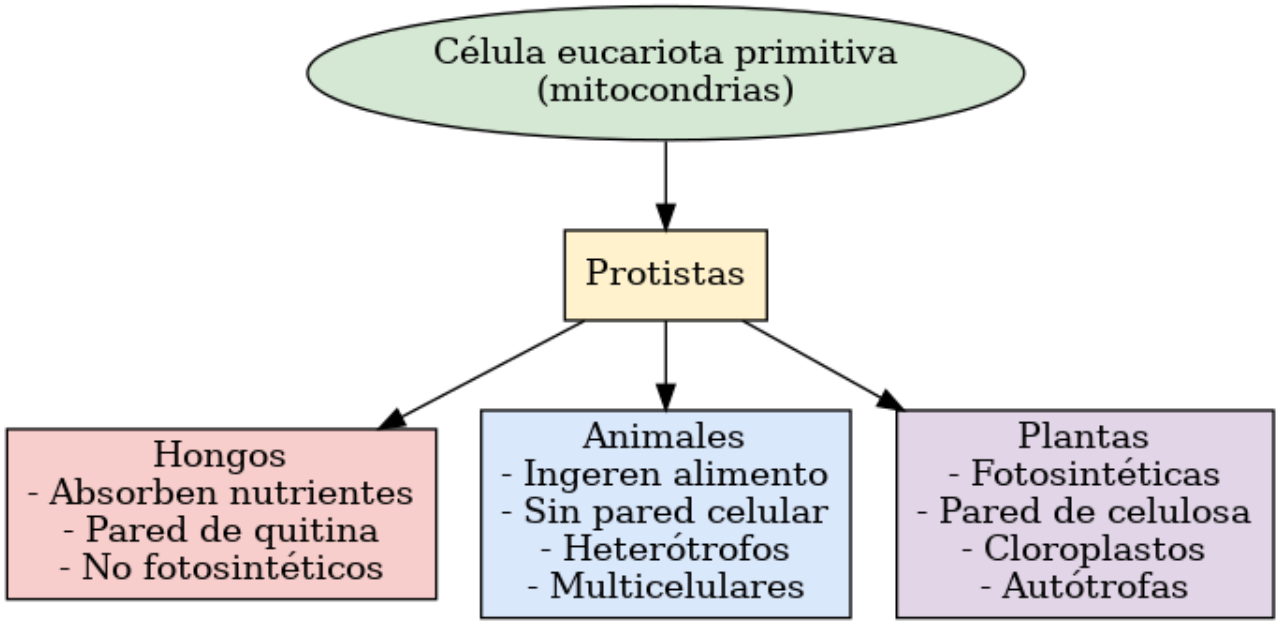
LÍNEA EVOLUTIVA	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	ORIGEN ENDOSIMBIÓTICO
Hongos (Fungi)	Absorben nutrientes del exterior. Pared de quitina. No fotosintéticos.	De célula eucariota con mitocondrias
Animales (Animalia)	Multicelulares, sin pared celular. Heterótrofos (ingieren alimentos).	De célula eucariota con mitocondrias
Plantas (Plantae)	Autótrofas, con cloroplastos y pared de celulosa. Fotosintéticas.	Mitocondrias + **cloroplastos** (de cianobacterias)

⇒ **¿Cuál es el papel que jugó la endosimbiosis?**

• **Mitocondrias**: originadas de bacterias aerobias fagocitadas → presentes en *todos los eucariotas*.

• **Cloroplastos**: originados de **cianobacterias** fagocitadas → sólo en *algas y plantas*.

RESUMEN GRÁFICO DEL PROCESO:



⇒ EVOLUCIÓN DE LA PLURICELULARIDAD

1. Origen de la pluricelularidad

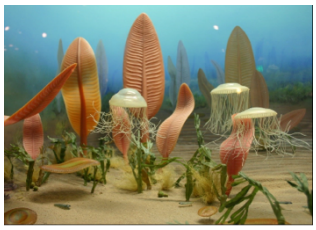
• Favorecida por la **selección natural** cuando la depredación se hizo habitual: mayor tamaño era ventajoso tanto para presas como para depredadores.
• Pero el tamaño plantea un problema: la **relación superficie-volumen**.
• Dos estrategias para compensarlo:
• Reducir tasa metabólica.
• Convertirse en **pluricelular**.

2. Primeros pluricelulares

• **Fósiles de algas** (primeros pluricelulares conocidos): **1200–1500 millones de años**.
• Descendientes actuales: **algas verdes, rojas y pardas**, y **plantas**.
• La pluricelularidad **evolucionó varias veces de forma independiente**.







Fauna de Ediacara
(Australia)



Fauna de Burgess Shale
(Canadá)

3. Primeros animales

• **Restos animales más antiguos**: hace **1000 millones de años**, Precámbrico.
• **Cuerpos animales conservados**: hace **600–550 millones de años**.
• Fauna de **Ediacara** (Australia).
• Fauna de **Burgess Shale** (Canadá).

4. Evolución animal temprana

• Primeros animales: **acuáticos, blandos y sésiles**, se alimentaban por absorción.
• En la fauna de Ediacara (560 m.a.): **diversificación de formas**; algunas ya eran móviles.
• **Esqueletos (internos o externos)** aparecieron "poco después" (≈650 m.a.).
• La explosión de formas animales fue posible gracias al **aumento de oxígeno en el agua**, necesario para **metabolismos complejos**.

5. Colonización del medio terrestre

• Ocurrió tras **3000 millones de años de vida acuática**.
• **Desafíos:**
  • Soporte corporal contra la gravedad.
  • Retención y captación de agua.
  • Reproducción fuera del agua.
• **Ventajas:**
  • Luz solar directa.
  • Suelos ricos en nutrientes.
  • Ausencia de depredadores.



6. Origen de las plantas terrestres

• Provienen de **algas verdes**, hace **475 millones de años**.

• En un principio, **dependían del agua**: los **gametos necesitaban agua para desplazarse**, por lo que vivían en **ambientes húmedos**.



• Durante el **Carbonífero (360–286 m.a.)**, se desarrollaron grandes bosques de helechos.

7. Aparición de las plantas con flores (Angiospermas)

• Surgieron hace **140 millones de años**, en el **Cretácico**.

• Incorporaron:

• **Polinización eficaz** (más allá del viento).

• **Coevolución con animales**, especialmente insectos.

• **Optimización**: menos polen, más precisión.

8. Animales en tierra firme

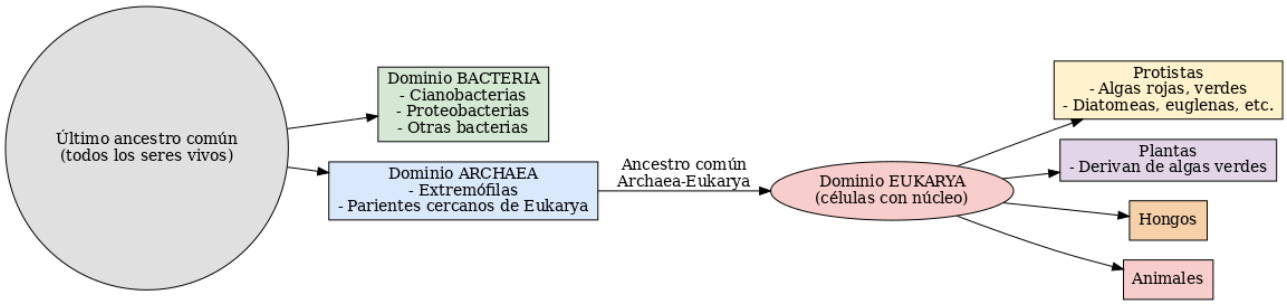
• **Hace 450 millones de años (Silúrico)**, los primeros **artrópodos** colonizaron la tierra.

• Contaban con:

• **Exoesqueleto** (evita desecación).

• **Fecundación interna**.

• Eran primero **herbívoros y detritívoros**, después **cazadores**.



⇒ DIAGRAMA EVOLUTIVO DEL ÁRBOL FILOGENÉTICO DE LA VIDA

🔵 Nódulo basal (inferior)

• Representa el **último antepasado común** de **todos los organismos vivos actuales**.

• A partir de ahí se separan tres grandes ramas o **dominios**:

🟣 Dominio BACTERIA

• Incluye los principales grupos de bacterias, como:

• **Cianobacterias**: responsables de la fotosíntesis primitiva y del oxígeno atmosférico.

• **Proteobacterias** (alfa, beta, gamma, etc.): origen probable de las mitocondrias.

• Es el grupo más antiguo y diverso.

🔵 Dominio ARCHAEA

• Microorganismos que viven en ambientes extremos (alta salinidad, temperatura, acidez…).

• Algunas de estas arqueas son los **parientes más cercanos** de los eucariotas.

• El punto donde se une con el dominio Eukarya representa un **antepasado común exclusivo de arqueas y eucariotas.**

Dominio EUKARYA

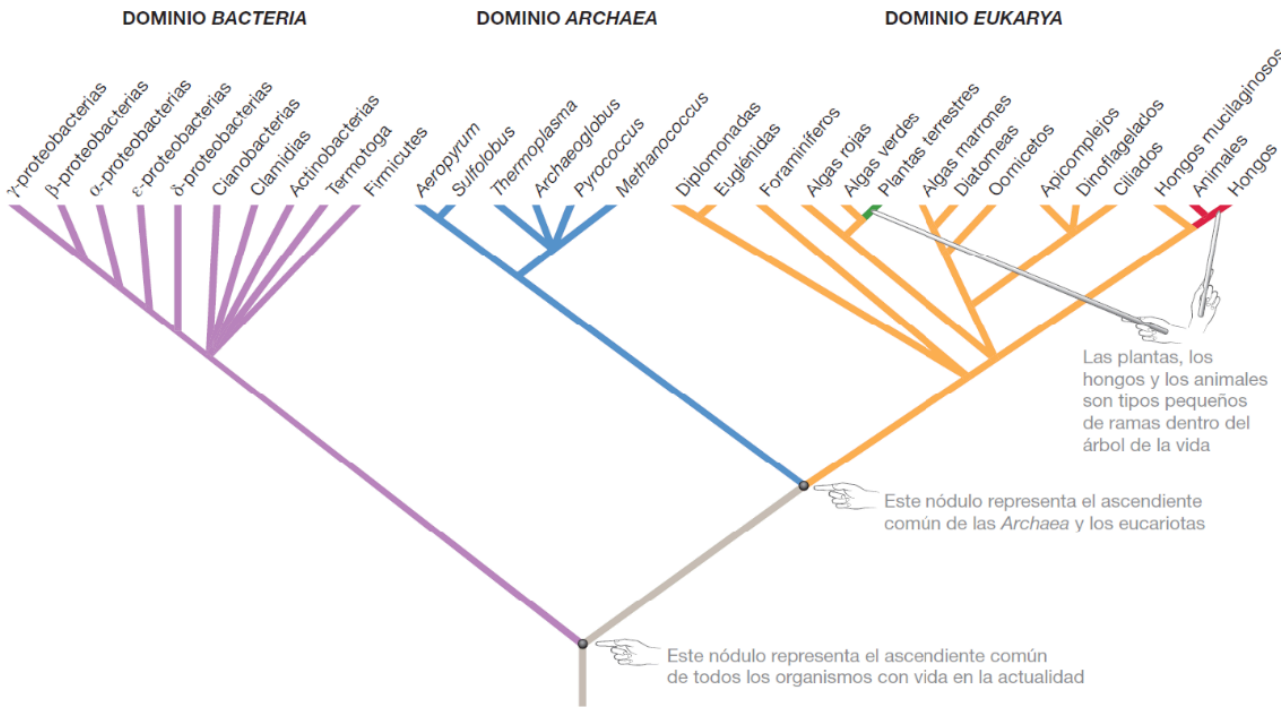
• Aquí aparecen los organismos con **células eucariotas**: con núcleo y orgánulos.

• Fíjate cómo **plantas, hongos y animales** son **ramas pequeñas** dentro del gran dominio eucariota.

• **Plantas** → derivadas de las **algas verdes**.

• **Hongos y animales** → tienen un ancestro común propio dentro del dominio.

• Antes de ellos aparecen muchas otras ramas de **protistas**, como algas rojas, diatomeas, euglenas, etc.



Ideas clave del árbol:

• **No hay una jerarquía de complejidad**: las bacterias no son "inferiores", sino diferentes.

• La **diversidad microbiana** es mucho mayor que la de los organismos que solemos estudiar (plantas, animales…).

• El dominio **Eukarya surgió a partir de un grupo de Archaea** que fagocitó bacterias (teoría endosimbiótica).

⇒ ÁRBOL EVOLUTIVO DE LAS PLANTAS TERRESTRES

1. Alga verde ancestral

• Punto de partida común de todas las plantas terrestres.

• Se considera que apareció hace más de **475 millones de años**.

2. Origen de las plantas terrestres (~475 m.a.)

• A partir del alga verde ancestral.

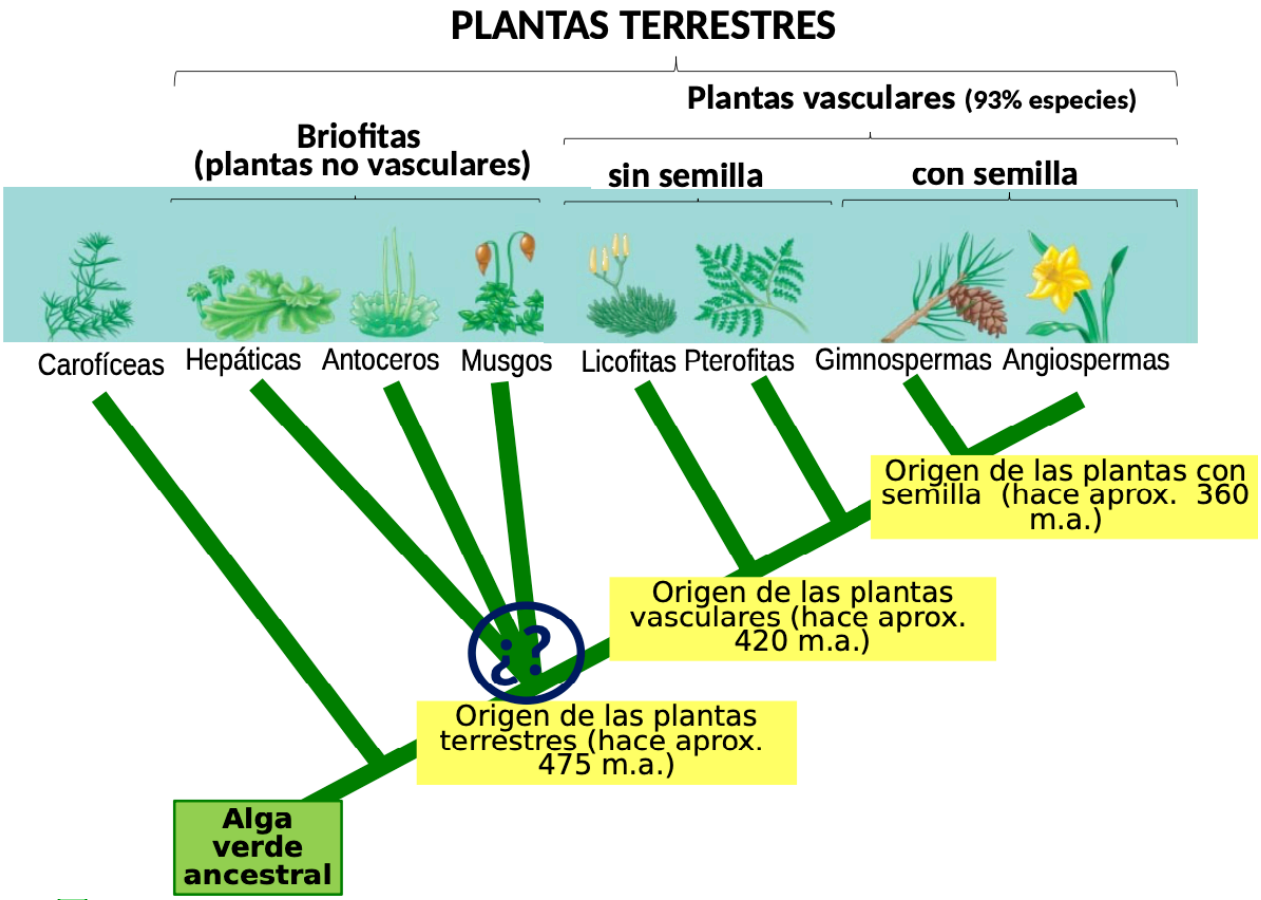
• Incluye a:

  • **Briófitas** (no vasculares): Hepáticas, Antoceros, Musgos.

  • Primeras plantas que colonizan la tierra, pero dependen del agua para reproducirse y carecen de tejidos de conducción.

3. Origen de las plantas vasculares (~420 m.a.)
• Incorporan **xilema y floema** (vasos conductores).
• Aparecen:
  • **Licofitas** (como los licopodios).
  • **Pterofitas** (helechos).

4. Origen de las plantas con semilla (~360 m.a.)
• Supone un gran avance evolutivo: **independencia total del agua para la fecundación**.
• Incluye:
  • **Gimnospermas** (semilla desnuda, como pinos).
  • **Angiospermas** (semilla protegida en fruto, con flor).



✅ **Ideas clave del árbol**

• El paso de **briófitas → vasculares → con semilla** refleja una progresiva **independencia del agua**.

• El grupo de **angiospermas** es el más diverso hoy en día.

• Aunque parezcan poco importantes, las **briófitas** fueron claves para el primer asentamiento vegetal en tierra firme.

⇒ VARIEDADES PLURICELULARES EXTINGUIDAS

El **Arthropleura** fue un género extinto de **miriápodo gigante** (pariente de los milpiés actuales), que vivió durante el **Carbonífero** (hace entre **345 y 295 millones de años**). Es uno de los **invertebrados terrestres más grandes conocidos de la historia de la vida**.



🪱 Características

• **Tamaño:** podía alcanzar hasta **2,5 metros de longitud**.

• **Cuerpo:** largo, segmentado y aplanado, compuesto por docenas de segmentos con un exoesqueleto articulado.

• **Locomoción:** caminaba con muchas patas cortas, similares a las de los milpiés.

• **Hábitat:** vivía en los **bosques húmedos y pantanosos** del Carbonífero, en zonas ricas en vegetación.

🌿 Dieta

• A pesar de su tamaño, se cree que era **herbívora o detritívora**, alimentándose de **hojas en descomposición, helechos, musgos** y restos vegetales del suelo.

• Esta interpretación se basa en la forma de sus piezas bucales y la abundancia de plantas en su entorno.

🌍 Importancia ecológica

• Vivió en una época en que los niveles de **oxígeno atmosférico eran muy altos** (hasta un 35 %, frente al 21 % actual), lo que probablemente permitió su enorme tamaño.

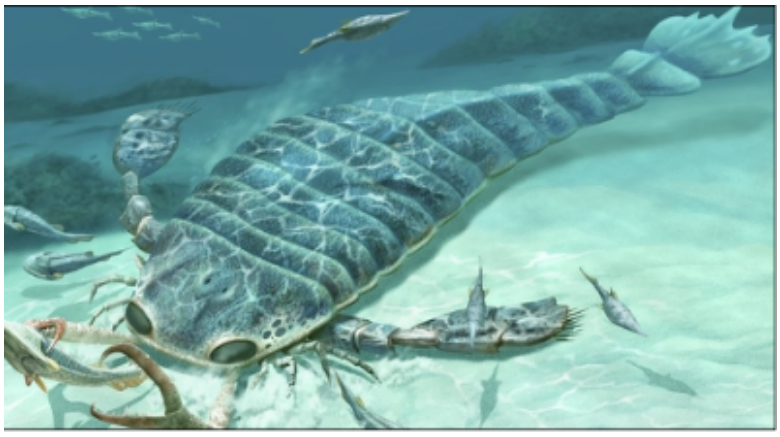
• Su desaparición está relacionada con la **reducción del oxígeno** y los **cambios climáticos** al final del Carbonífero.

🦴 Registro fósil

• Se han hallado **huellas fósiles** (icnofósiles) muy bien conservadas, además de fragmentos del exoesqueleto.

• Los fósiles más conocidos se han encontrado en Europa y América del Norte.

El **Jaekelopterus** fue un género de **euriptérido**, un tipo de **artrópodo acuático extinto** que vivió hace aproximadamente **390 millones de años**, durante el período **Devónico**. Es uno de los **artrópodos más grandes que jamás hayan existido**.



🦞 Características de Jaekelopterus

• **Tamaño:** hasta **2,5 metros de largo**, comparable a un cocodrilo juvenil.
• **Morfología:**
  • Cuerpo segmentado y alargado.
  • Pinzas grandes (quelíceros), posiblemente usadas para atrapar presas.
  • Cola afilada, aunque no venenosa.
  • Extremidades adaptadas para nadar: algunos lo describen como un "escorpión marino gigante".

🌊 Hábitat

• Vivía en **ambientes acuáticos**, tanto **marinos como de agua dulce**.
• Habitaba ríos, lagunas costeras y mares poco profundos.

🍖 Dieta y comportamiento

• Era un **depredador activo**, posiblemente el **superdepredador** de su ecosistema.
• Cazaba peces, trilobites y otros artrópodos más pequeños.

🧬 Clasificación

• Pertenece al grupo de los **euriptéridos**, emparentados lejanamente con los **arácnidos** actuales (como los escorpiones y arañas).
• No es un escorpión verdadero, pero su aspecto dio lugar al nombre común de **"escorpión marino"**.

🦴 Fósiles

• Uno de los fósiles más famosos fue hallado en Alemania.
• Su hallazgo cambió por completo la idea del tamaño que podían alcanzar los artrópodos marinos.

COMPARACIÓN CON ARTHROPLEURA:

	JAEKELOPTERUS	ARTHROPLEURA
Medio	Acuático	Terrestre
Época	Devónico (~390 m.a.)	Carbonífero (~345–295 m.a.)
Tamaño	Hasta 2,5 m	Hasta 2,5 m
Alimentación	Carnívoro, depredador	Herbívoro o detritívoro
Parientes actuales	Arácnidos (escorpiones, arañas)	Milpiés

El **Meganeura** fue un género extinto de insectos gigantes que vivió durante el **Carbonífero**, hace aproximadamente **300 millones de años**. Es conocida como una de las **libélulas más grandes que han existido**.



🪰 Características de Meganeura

• **Envergadura alar:** hasta **70 cm** (comparable a un cuervo o una gaviota pequeña).

• **Apariencia:** muy similar a una **libélula actual**, pero mucho más grande.



• **Estructura corporal:**
  • Cuerpo alargado y segmentado.
  • Dos pares de alas membranosas, fuertes y transparentes.
  • Grandes ojos compuestos: excelente visión.

🦗 Dieta

• **Depredador aéreo**: se alimentaba de otros insectos, arácnidos e incluso de pequeños anfibios.
• Era uno de los **cazadores dominantes del aire** en su época.

🌳 Hábitat

• Vivía en los **bosques pantanosos y húmedos** del Carbonífero.
• Estos ecosistemas estaban llenos de helechos gigantes, licofitas y árboles primitivos.

🧬 Factores que permitieron su tamaño

• **Altísimo nivel de oxígeno atmosférico** (hasta un 35 %) durante el Carbonífero:
• Permitía una respiración más eficiente mediante el sistema traqueal.
• Facilitó el gigantismo en insectos y artrópodos como **Arthropleura** y **Meganeura**.
• La **ausencia de vertebrados voladores** (como aves o murciélagos) también pudo favorecer su dominio aéreo.

🦴 Registro fósil

• El fósil más conocido fue descubierto en Francia en 1880.
• Desde entonces se han encontrado otros ejemplares en Europa y Norteamérica.

COMPARACIÓN RÁPIDA:

	MEGANEURA	JAEKELOPTERUS	ARTHROPLEURA
Grupo	Insecto	Euriptérido (artrópodo)	Miriápodo (artrópodo)
Medio	Aéreo	Acuático	Terrestre
Alimentación	Depredador	Superdepredador acuático	Herbívoro / detritívoro
Tamaño	Hasta 70 cm de envergadura	Hasta 2,5 m de largo	Hasta 2,5 m de largo
Época	Carbonífero (~300 m.a.)	Devónico (~390 m.a.)	Carbonífero (~345–295 m.a.)

Tiktaalik es uno de los fósiles más famosos de transición entre peces y tetrápodos (los vertebrados de cuatro patas que caminaron por tierra). Es clave para entender cómo los **vertebrados salieron del agua y colonizaron el medio terrestre**.



🐟➡️🦎 ¿Qué era Tiktaalik?

• Vivió hace **unos 375 millones de años**, durante el **Devónico tardío**.

• Es considerado un **eslabón intermedio entre peces y anfibios**.

CARACTERÍSTICAS MIXTAS DE TIKTAALIK:

CARACTERÍSTICAS DE PEZ	CARACTERÍSTICAS DE TETRÁPODO (TERRESTRE)
Aletas con radios	Aletas con **huesos internos parecidos a brazos**
Escamas	**Cuello móvil** (no fijo al cráneo)
Branquias	**Pulmones primitivos** y orificios nasales
Nado en agua	Capacidad de **apoyarse y elevarse** en superficies

Podía moverse por el fondo fangoso de ríos o zonas poco profundas, impulsándose con sus aletas robustas.

🧬 Importancia evolutiva

• No era aún un animal terrestre, pero ya tenía rasgos **adaptativos al medio terrestre**.

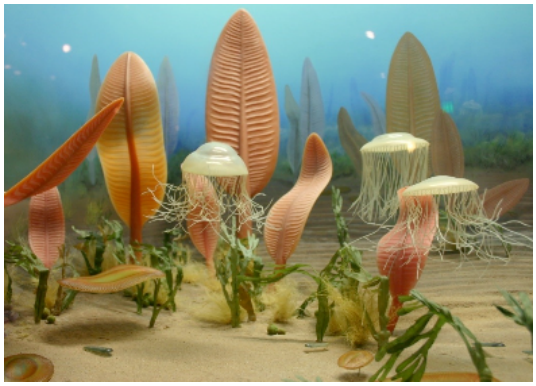
• Representa una etapa clave **entre peces como Panderichthys** y los **primeros tetrápodos como Acanthostega y Ichthyostega**.

• Su descubrimiento en 2004 en el Ártico canadiense fue un hito en la paleontologíaç´fe4

¿DÓNDE SE SITÚA EN LA LÍNEA DEL TIEMPO?

ORGANISMO	PERÍODO	EDAD APROXIMADA
Tiktaalik	Devónico tardío	~375 millones de años
Jaekelopterus	Devónico medio	~390 millones de años
Arthropleura	Carbonífero	345–295 millones de años
Meganeura	Carbonífero	305–295 millones de años

La **Fauna de Ediacara** es el conjunto de los primeros organismos multicelulares macroscópicos conocidos, que vivieron durante el **período Ediacárico**, hace entre **635 y 541 millones de años**, justo antes de la explosión del Cámbrico.



🪸 Características de la Fauna de Ediacara

• **Forma de vida:** multicelulares, blandos, en su mayoría sin partes duras ni esqueleto.

- **Tamaño y forma:** desde pocos milímetros hasta más de un metro.
- Muchos con forma de disco, hoja, pluma o espiral.
- **Modo de vida:**
  - La mayoría eran **sésiles** (anclados al fondo marino).
  - Algunos eran móviles, pero lentamente.
  - Posiblemente se alimentaban por absorción de nutrientes del agua o del sedimento.

🌍 Ambiente

- Vivían en **fondos marinos someros**, oxigenados.
- Se han encontrado fósiles en **Australia, Canadá, Rusia, Namibia y otros lugares**, lo que indica una **distribución global**.

🧬 Importancia evolutiva

- Representan los **primeros organismos complejos**, con simetría, capas celulares diferenciadas y en algunos casos **ejes corporales** definidos.
- Algunos investigadores creen que algunos miembros de esta fauna pueden estar relacionados con los **cnidarios** (como medusas) o los **ctenóforos**, pero muchos no tienen paralelo moderno claro.

🕰️ ¿Por qué es tan especial esta fauna?

- No está claro si tenían órganos internos**.**
- No dejaron descendientes claros en muchos casos.
- Desaparecen casi por completo con la llegada de la "Explosión Cámbrica", donde aparecen los grupos animales modernos (artrópodos, moluscos, vertebrados…).

La **Fauna de Burgess Shale** (o **Esquisto de Burgess**) fue uno de los hallazgos fósiles más importantes del mundo. Se trata de una comunidad de organismos marinos del Cámbrico medio, que vivieron hace unos 508 millones de años, y que proporciona un retrato extraordinario de la explosión de la diversidad animal.



🐙 Características de la Fauna de Burgess Shale

- Incluye **animales complejos, con simetría bilateral**, segmentos, patas, ojos, y órganos internos.
- Muchas especies son ancestros de grupos modernos (artrópodos, moluscos, anélidos…).
- Pero también aparecen formas raras, sin paralelos actuales:
  - **Opabinia**, con cinco ojos y una trompa con pinza.
  - **Anomalocaris**, depredador con apéndices frontales articulados.
  - **Hallucigenia**, con púas dorsales y patas tubulares.

🧬 Importancia científica

- Prueba directa de la **explosión cámbrica**: aparición rápida de casi todos los **filos animales modernos**.

• Los fósiles conservan incluso **partes blandas** (ojos, intestinos, branquias…), algo rarísimo en paleontología.

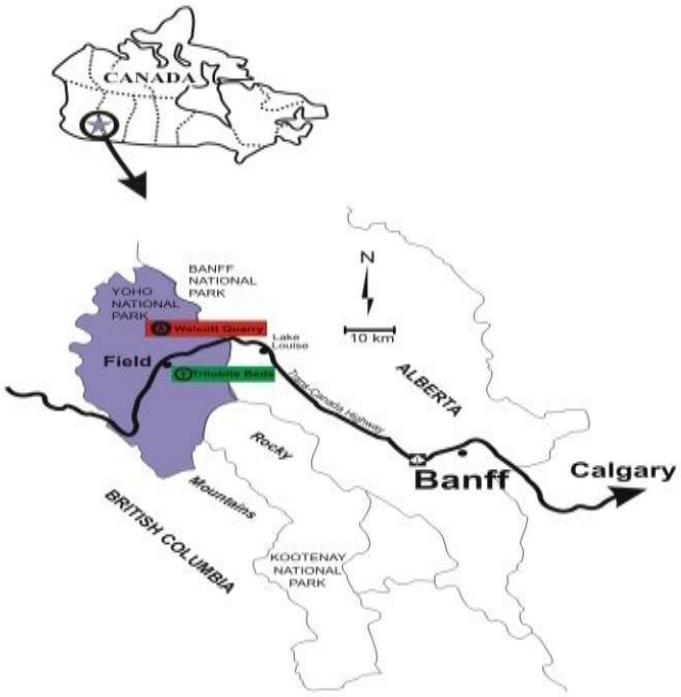
• Cambió la idea de que la evolución era una progresión lineal: mostró una gran diversidad de formas **experimentales**, muchas de las cuales no sobrevivieron.

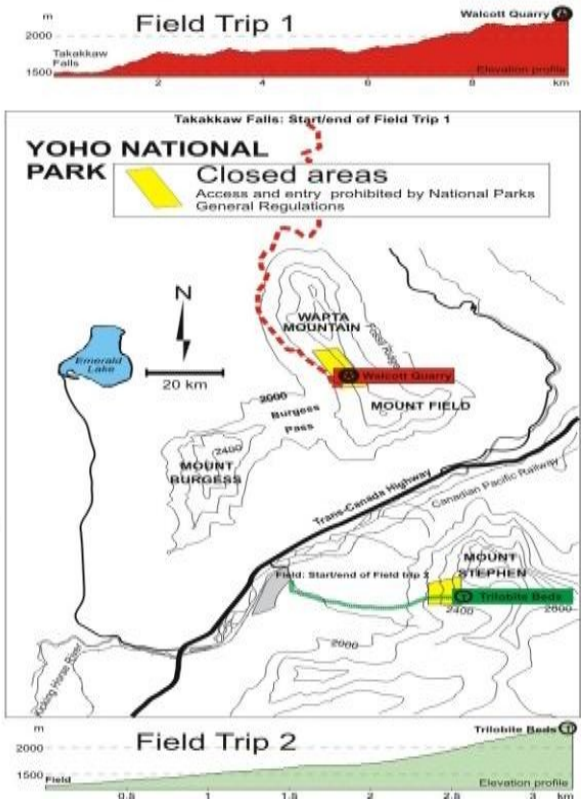
Contexto geológico

• Descubierta en 1909 por el naturalista y paleontólogo estadounidense **Charles Doolittle Walcott**, en las Montañas Rocosas de Canadá (Columbia Británica).

• Formaciones similares han aparecido en China (Chengjiang), Groenlandia y otros sitios, pero Burgess es la más famosa.

UN POCO DE HISTORIA:





Índice

1. Qué es *Burgess Shale*.
2. Cómo se formó.
3. Fósiles hallados.
4. Recreaciones del entorno.
5. Fósiles.
6. Importancia del yacimiento.



1. QUE ES BURGUESS SHALE

Burguess Shale es un yacimiento **paleontológico** ubicado en el *Parque Nacional Yoho*, en las *Montañas Rocosas canadienses* en la frontera oriental de la Columbia Británica.

El yacimiento principal se encuentra a 2400m, en la falda de la cresta que conecta los montes Field y Wapta.

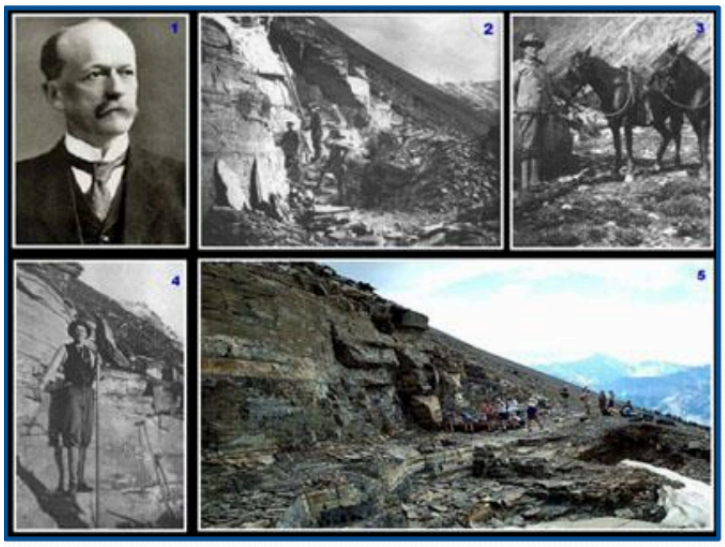
Fue reconocido **Patrimonio de la Humanidad** por la Unesco en 1981.

El rasgo más característico de este yacimiento son sus **restos fósiles** y el **estado** en el que se encuentran que datan del **Cámbrico medio,** hace unos **505 millones de años**.

Fue descubierto en 1909 por el estadounidense **Charles Doolittle Walcott** (1850-1927) un reconocido paleontólogo, experto en invertebrados.

Los fósiles que se encuentran, en la mayoría de las localidades del Cámbrico, son **exoesqueletos de artrópodos**, tales como los Trilobites, los caparazones de varios miembros del tipo Braquiópodos y de equinodermos de la clase Eucrinoideos.

Los animales de este tipo significan únicamente el **20 %** de los géneros de **invertebrados de Burgess Shale**.



Galería de imágenes:
1.- Charles Doolitle Walcott (1850 - 1927), descubridor de Burgess Shale
2, 3 y 4.- Diferentes imagenes de Walcott en Burgess Shale
5.- Imagen actual de Burgess Shale

2. CÓMO SE FORMÓ

La vida durante el periodo Cámbrico estaba **restringida** a los **océano**s del planeta. La tierra era **árida, inhabitable** y afectada por una **fuerte erosión**. Los animales de Burgess Shale vivían en campos de **lodo de mares de poca profundidad**, a la sombra de **arrecifes sumergidos** cuyas paredes pudieron **ceder** alguna vez, generando deslizamientos de barro que arrastraban a los seres a zonas más profundas, **sin oxígeno**, provocado un **enterramiento rápido**, colocándolos en **distintas posiciones** y **evitando** de esta forma su **putrefacción**.



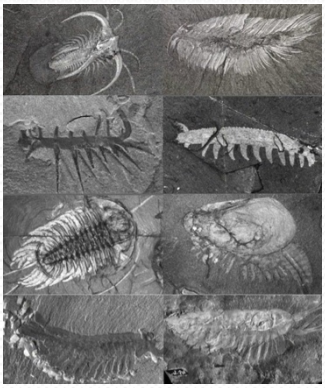
Junto con esto se produjo una **filtración de sedimentos** dentro del cuerpo, con lo cual se generaron **microestratos** dentro de los mismos organismos, separando así una parte de otra. Por ejemplo: Caparazón, sistema branquial, estómago…



Posteriormente se vieron **comprimidos** por el efecto de los sedimentos y finalmente fueron **petrificados.**

3. FÓSILES HALLADOS

Han podido recuperarse restos casi intactos de **cianobacterias, algas clorofitas, rodofitas, esponjas, anélidos, artrópodos** y otros tipos



de criaturas. Una serie de condiciones especiales ha permitido la conservación no solo de las partes duras de los animales, sino también las **blandas**, a lo que se denomina *lagerstätten,* como músculos, branquias… Por eso ofrecen a los paleontólogos una oportunidad para estudiar tales detalles y comprender mejor la manera en que estas criaturas **vivían e interactuaban**.

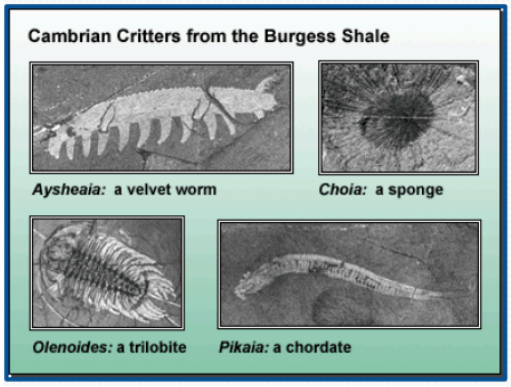
Entre los fósiles hallados se han encontrado **140 especies** en **119 géneros**, la mayoría pertenecientes al mundo **acuático.**

Se ha conservado entre un **60-80%** de sus cuerpos.

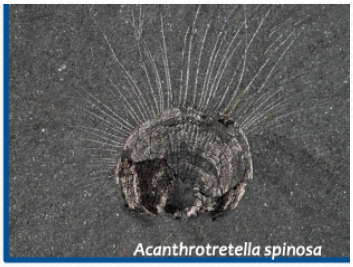
4. RECREACIONES DEL ENTORNO

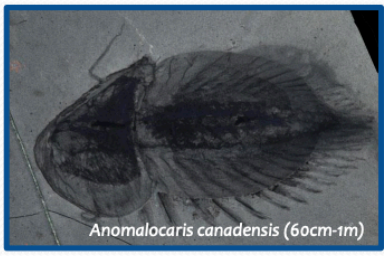


5. Fósiles.



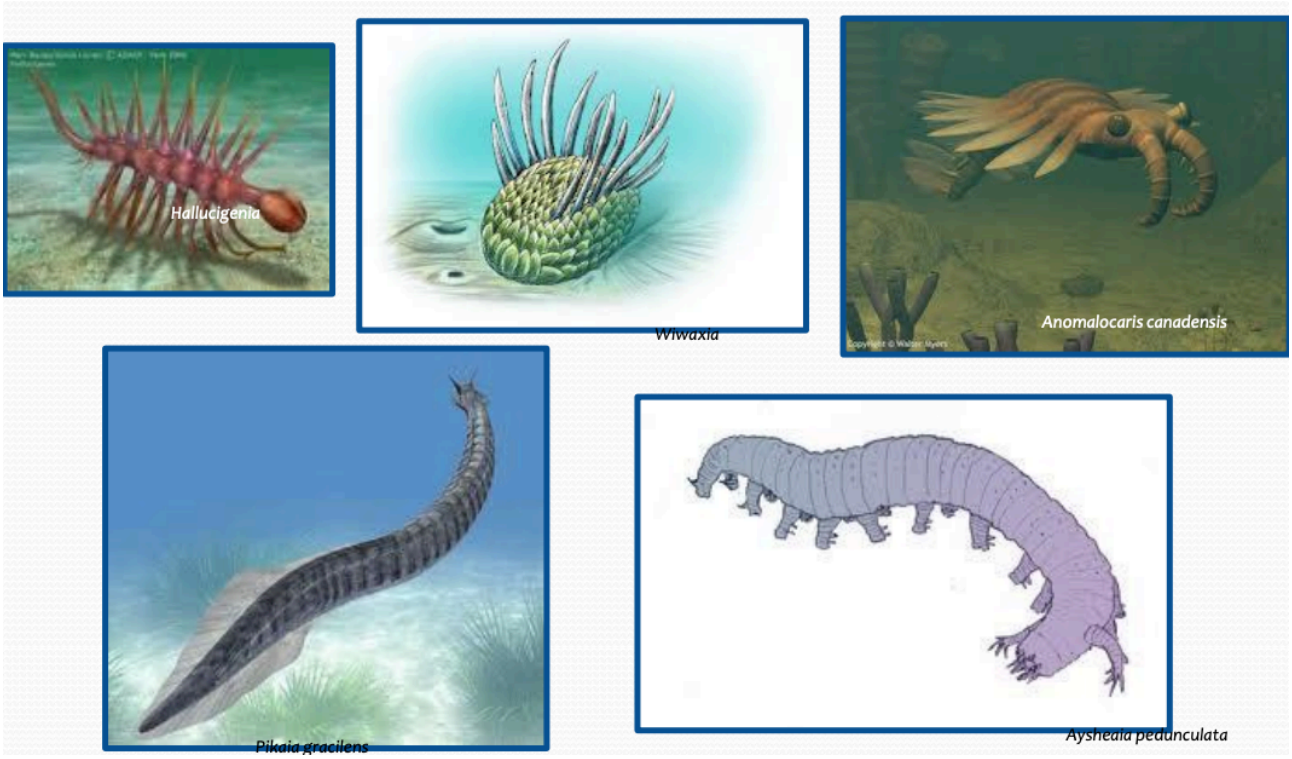












5. IMPORTANCIA DEL YACIMIENTO

Se encuentran representados la mayoría de los organismos actuales y que proporcionan una idea de cómo era la vida en la Tierra en ese periodo, hace 505 millones de años aproximadamente.



COMPARACIÓN TEMPORAL CON OTROS ORGANISMOS:

ORGANISMO	PERÍODO	EDAD APROXIMADA
Fauna de Ediacara	Ediacárico	560–550 m.a.
Fauna de Burgess Shale	Cámbrico medio	~508 m.a.
Tiktaalik	Devónico tardío	~375 m.a.
Jaekelopterus	Devónico medio	~390 m.a.
Arthropleura	Carbonífero	345–295 m.a.
Meganeura	Carbonífero	305–295 m.a.

Las **hepáticas** son un grupo de **plantas no vasculares**, es decir, **sin tejidos conductores (xilema y floema)**, que forman parte del grupo de las **briófitas**, junto con los **musgos** y los **antoceros**.



🌱 Características de las hepáticas

• **Tamaño:** pequeñas, generalmente de unos pocos milímetros a centímetros.

• **Estructura:** cuerpo aplanado tipo **taloso** (en forma de lámina) o con **hojas simples** (cuando son foliadas).

• **Sin raíces verdaderas:** tienen **rizoides**, filamentos que anclan la planta al sustrato, pero **no absorben agua como raíces verdaderas**.

• **Sin vasos conductores**, lo que limita su tamaño y les exige vivir en ambientes húmedos.

💧 Reproducción

• Requieren **agua para la fecundación**: los **anterozoides (gametos masculinos)** nadan hasta el **arquegonio (órgano femenino)**.

• Se reproducen también por **fragmentación** o por estructuras llamadas **propágulos** (como los **conceptáculos** con **gemas** en *Marchantia*).

🧬 Importancia evolutiva

• Son una de las **primeras plantas terrestres** que colonizaron ambientes fuera del agua, derivadas de las **algas verdes**.

• Aparecieron hace más de **470 millones de años**.

• Son un ejemplo de **pluricelularidad primitiva**, sin tejidos complejos.

¿DÓNDE SE SITÚAN EN LA EVOLUCIÓN?

GRUPO	VASCULARIZACIÓN	REPRODUCCIÓN	APARECEN APROX.
Hepáticas	❌ No	Sexual con agua + asexual	~470 m.a.
Musgos	❌ No	Sexual con agua	~450 m.a.
Helechos	✅ Sí	Sexual con agua	~420 m.a.
Plantas con semilla	✅ Sí	Independientes del agua	~360 m.a.

🐙 Cefalópodos gigantes (prehistóricos)



• Los primeros **cefalópodos** aparecieron hace más de **500 millones de años**, durante el **Cámbrico**.

• En el **Ordovícico** (485–444 m.a.) surgieron formas **gigantes** como los **nautiloideos rectilíneos**, por ejemplo:

• **Endoceras**: hasta 5–6 metros de largo.

• Eran **depredadores marinos activos**, con conchas rectas o ligeramente curvadas, y tentáculos como los actuales calamares o nautilos.

• Algunos vivían en aguas poco profundas y **dominaban los mares antes del auge de los peces con mandíbulas**.

🪸 Arrecifes de coral

• Los primeros arrecifes fueron formados por **microorganismos y algas calcáreas**, no por corales verdaderos.

• Los **primeros corales verdaderos** (corales rugosos y tabulados) aparecieron en el **Ordovícico**.

• El **Devónico** es conocido como la **"Edad de los Arrecifes"**, cuando los **corales y esponjas** crearon grandes estructuras arrecifales.

• Los arrecifes han colapsado y resurgido varias veces en la historia de la Tierra.

🐟 Peces sin mandíbulas (agnatos)

• Son los **primeros vertebrados conocidos**, aparecieron en el **Cámbrico superior** (~520 m.a.).

• Ejemplos fósiles: **Haikouichthys**, **Myllokunmingia**.

• Carecen de mandíbulas: se alimentaban filtrando agua o succionando barro.

• Grupos actuales como las **lampreas y mixinos** son sus únicos descendientes vivos.

🧭 SITUACIÓN CRONOLÓGICA RESUMIDA

ORGANISMO	PERÍODO PRINCIPAL	EDAD APROXIMADA
Peces sin mandíbulas	Cámbrico superior	~520 m.a.
Arrecifes primitivos	Ordovícico–Devónico	Desde ~470 m.a.
Cefalópodos gigantes	Ordovícico–Devónico	~470–360 m.a.
Fauna de Ediacara	Ediacárico	560–550 m.a.
Fauna de Burgess Shale	Cámbrico medio	~508 m.a.
Tiktaalik	Devónico tardío	~375 m.a.
Jaekelopterus	Devónico medio	~390 m.a.
Arthropleura	Carbonífero	345–295 m.a.
Meganeura	Carbonífero	305–295 m.a.
Hepáticas	Ordovícico	~470 m.a.

🌿 **Aparición de las plantas vasculares**

• Ocurre durante el **Silúrico tardío** y se consolida en el **Devónico temprano** (~**420 millones de años**).

• Estas plantas desarrollan **xilema y floema**, es decir, **tejidos conductores de agua y nutrientes**.

• Esto permite:

- Mayor tamaño y altura.
- Colonización de ambientes más secos.
- Ejemplos primitivos: **Cooksonia**, **Rhynia**.
- Este grupo dio origen a **helechos, licopodios** y posteriormente a **plantas con semillas**.

🐜 **Colonización terrestre por los artrópodos**

• Ocurre aproximadamente hacia **450 millones de años**, en el **Silúrico**.

• **Primeros artrópodos terrestres conocidos**: **arácnidos y miriápodos**.

• Condiciones que lo permitieron:

- Desarrollo de un **exoesqueleto impermeable** que evita la desecación.
- **Fecundación interna** para reproducirse sin agua.
- Pulmones primitivos o tráqueas para respirar aire.
- Aparecen primero **herbívoros y detritívoros**, y después **depredadores**.





🐟 **"Era de los Peces" – DEVÓNICO** (419–359 millones de años atrás)

🧬 **1. Radiación de los peces con mandíbulas (gnatostomados)**

• Antes del Devónico, la mayoría de los peces eran **agnatos** (sin mandíbulas).

• Durante el Devónico se diversifican peces con mandíbulas:

- **Placodermos** (como *Dunkleosteus*): armaduras óseas.
- **Condrictios**: tiburones y rayas primitivos.
- **Osteíctios**: peces óseos, de los que descienden los tetrápodos.

• Esto les permitió convertirse en los **depredadores dominantes** de los mares.

🐸 **2. Aparición de los primeros anfibios**

• Derivan de peces sarcopterigios (con aletas lobuladas), como el **Tiktaalik**.

• Primeros tetrápodos conocidos:

- *Acanthostega*, *Ichthyostega* (~365–360 m.a.).
- Comienzan la transición al medio terrestre:
- Conservan branquias y cola para nadar, pero también **extremidades con dedos**.

🌿 **3. Gran radiación evolutiva de las plantas vasculares**

• Las plantas desarrollan estructuras más complejas:

- **Raíces, hojas, tallos verdaderos**.
- Aparecen: **Lycophyta**, **Pteridophyta** (helechos y afines).

• Se forman **los primeros bosques**, que cambian el clima global y enriquecen el suelo.

• Todo esto contribuyen al aumento del **oxígeno atmosférico**.

🌍 **Eventos clave del Carbonífero** (359–299 millones de años).

🌱 **1. Aparición de las plantas con semillas**



• Surgieron en el **Devónico tardío**, pero **se expanden durante el Carbonífero**.

• Son **las gimnospermas** primitivas, como **las coníferas**.

• Ventaja clave: **no necesitan agua para reproducirse**, gracias al polen y la semilla.

• Esto les permite colonizar ambientes **más secos** que los helechos.

🌳 **2. Bosques húmedos y depósitos de carbón**

• Los **bosques del Carbonífero** estaban dominados por:

- **Helechos arborescentes**
- **Licopodios gigantes** (*Lepidodendron*)
- **Colas de caballo gigantes** (*Calamites*)
- **Primeras coníferas**

• Estos bosques generaron enormes **depósitos de materia vegetal** que, con el tiempo, **se transformaron en carbón** (de ahí el nombre *Carbonífero*).

🐸🦕🦗 **3. Fauna terrestre dominante**

• **Anfibios**: eran los **vertebrados dominantes**. Grandes y numerosos, pero aún dependientes del agua para reproducirse.

• **Reptiles primitivos**:

- Aparecen a finales del Carbonífero (~315 m.a.).
- Son los **primeros vertebrados completamente independientes del agua**, gracias al **huevo amniota**.

• **Insectos**:

- Aparecen en el Devónico, pero **se diversifican y dominan** durante el Carbonífero.
- Surgen **insectos gigantes** como **Meganeura** (libélula de 70 cm).

UBICACIÓN TEMPORAL (CARBONÍFERO, 359–299 m.a.)

EVENTO	EDAD APROXIMADA
Expansión de plantas con semilla (gimnospermas)	~360–310 m.a.
Bosques húmedos, formación de carbón	~350–300 m.a.
Insectos gigantes como Meganeura	~305–295 m.a.
Reptiles primitivos	~315 m.a.
Dominancia de los anfibios	Todo el Carbonífero

☠️ La gran extinción del Pérmico (hace ~252 millones de años)

🔥 ¿Qué ocurrió?

• Se extinguió aproximadamente el 95 % de las especies marinas.

• Y más del **70 % de las especies terrestres**.

• Fue sin duda la más catastrófica en toda la historia de la vida en la Tierra. Un evento tan drástico que marcó el final de la Era Paleozoica y el inicio de la Era Mesozoica.



Tanto en el mar.....



Como en la tierra

🌊 Afectó a la vida marina:

• Desaparecieron casi por completo:

- **Trilobites**
- **Braquiópodos**
- **Corales rugosos y tabulados**

• Colapsaron ecosistemas enteros de arrecifes.

• Afectó gravemente a:

- Moluscos
- Equinodermos
- Peces

🌍 También devastó la vida terrestre:

• Gran parte de:

- **Anfibios gigantes**
- **Reptiles primitivos**
- **Insectos gigantes**

• Muchos bosques desaparecieron, y hubo una **crisis ecológica global**.

💥 ¿Por qué ocurrió?

Se manejan varias causas (probablemente combinadas):

- **Supervulcanismo** en Siberia → gases de efecto invernadero y lluvia ácida.
- **Cambio climático extremo** → aumento de temperatura global.
- **Anoxia oceánica** → falta de oxígeno en los mares.
- **Liberación de metano** → efecto invernadero acelerado.

⏳ ¿Cuándo ocurrió?

• Hace **252 millones de años**, al final del **Pérmico**.

• **Duró miles de años**, pero su impacto fue profundo y global.

⇒ ASPECTOS GEOLÓGICOS, BIOLÓGICOS Y EVOLUTIVOS

La extinción masiva del Pérmico-Triásico (~252 millones de años)

🌋 **Origen: Vulcanismo masivo en Siberia**

• En **la actual Siberia**, una **inmensa masa de magma** comenzó a ascender desde el manto terrestre.

• Afloró a través de grietas de más de **1,5 km de ancho**, generando una **erupción sostenida** que duró **miles de años**.

• Se formaron las **Traps Siberianas**, una de las mayores provincias volcánicas del planeta.

• La lava llegó a cubrir **varios millones de km²**.

🌡️ **Consecuencias ambientales catastróficas**

• **Temperaturas globales se dispararon**.

• **Mares se acidificaron** y se volvieron hipóxicos (bajo oxígeno).

• Se emitieron gases como:

  • **Dióxido de carbono (CO_2)** → efecto invernadero.

  • **Dióxido de azufre (SO_2)** → lluvia ácida.

  • **Metano (CH_4)** → efecto invernadero extremo.

• Resultado: **colapso de ecosistemas marinos y terrestres**.

🧬 **Impacto biológico**

• **Extinción del 95.5 % de todas las especies**, tanto en el mar como en la tierra.

• En la superficie vivían:

  • **Grandes anfibios**

  • **Reptiles de piel rugosa**

  • **Carnosaurios sinápsidos** (antecesores de los mamíferos)

• Se extinguieron trilobites, corales antiguos, muchos peces, y gran parte de las plantas.

🌱 **Después del cataclismo**

• Solo **un puñado de especies** sobrevivieron.

• Con el tiempo, se diversificaron:

  • **Anfibios y reptiles resistentes**.

  • **Sinápsidos** que darían lugar a los **mamíferos**.

  • Surgirán los **arcosaurios**: ancestros de cocodrilos, dinosaurios y aves.

Era Mesozoica (Triásico)

🦎 **Radiación adaptativa de los reptiles terrestres y marinos**

• Tras la extinción masiva, los **reptiles se diversifican rápidamente** en el **Triásico**.

• **Radiación adaptativa**: los reptiles **ocupan nuevos nichos ecológicos**:

  • **Terrestres**: aparecen los **arcosaurios**, que darán lugar a **dinosaurios, cocodrilos y aves**.

  • **Marinos**: surgen grupos como:

  • **Ictiosaurios**

  • **Plesiosaurios**

  • **Mosaurios** (más tarde, en el Cretácico)

• Dominan los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos durante el Mesozoico.

🐾 Aparición de los mamíferos





• Aparecen en el **Triásico tardío (~225 millones de años)**.
• Derivan de los **sinápsidos**, grupo que también incluye a sus antepasados, los **terápsidos**.
• Primeros mamíferos:
  • Tamaño pequeño, probablemente nocturnos.
  • Dientes diferenciados.
  • Pelo y glándulas mamarias primitivas.
  • Durante el Mesozoico, los mamíferos permanecen **pequeños y discretos**, pero ya están presentes.



🌲 Bosques de coníferas

• Las **coníferas** (gimnospermas) se expanden durante el **Triásico y el Jurásico**.
• Reemplazan a muchos de los **helechos gigantes del Carbonífero**.
• Dominan los ecosistemas de climas templados y secos.
• Las **cicadáceas, ginkgos y coníferas** formaban los grandes bosques de esta era.

🦕 "Era de los Reptiles" (Mesozoico)





📍 ¿Por qué se llama así?

• Durante esta era, **los reptiles dominaron todos los ecosistemas**:
  • **Tierra**: dinosaurios (herbívoros y carnívoros), cocodrilos.
  • **Agua**: ictiosaurios, plesiosaurios, mosasaurios.
  • **Aire**: pterosaurios (reptiles voladores, *no aves*).

🦜 Aparición de las aves

• Las aves derivan de **dinosaurios terópodos** (los carnívoros bípedos).
• El fósil más famoso y temprano es el **Archaeopteryx**, del **Jurásico superior (~150 m.a.)**:
  • Tenía **plumas, alas y cola ósea**.
  • Conservaba garras y dientes → características mixtas de ave y dinosaurio.
• Las aves primitivas evolucionaron y se diversificaron durante el **Cretácico**.

🌸 Aparición de las plantas con flores (Angiospermas)

📍 ¿Cuándo aparecieron?

• Las angiospermas surgieron durante el **Cretácico inferior**, hace aproximadamente **140 millones de años**.
• Se diversificaron rápidamente y se volvieron dominantes hacia el **Cretácico superior** (~100 m.a.).

🌿 ¿Qué ventajas aportan las angiospermas?

• **Flor**: estructura reproductiva más eficiente, atractiva para polinizadores.
• **Fruto**: protege la semilla y facilita su dispersión.

• **Polinización dirigida**: insectos, aves, viento → menos polen desperdiciado.
• **Crecimiento rápido** y adaptabilidad.

🐝 **Coevolución**

• Se produjo una **coevolución con insectos polinizadores**, especialmente escarabajos, abejas y mariposas.
• Esta relación **favoreció la expansión conjunta** de flores e insectos.

🌍 **Impacto ecológico**

• Cambió profundamente los ecosistemas terrestres:
• Más diversidad vegetal.
• Aparición de **bosques mixtos** con flores y frutos.
• Mayor soporte para fauna herbívora y polinizadora.

🌍 **Cenozoico (66 m.a. – presente).** Las separaremos en cuatro "eras" para mejor comprensión



🐾 **"Era de los mamíferos" (nombre clásico)**

• Tras la extinción de los dinosaurios no avianos, **los mamíferos se diversifican extraordinariamente,** de modo que:
  • Ocupan nichos terrestres, aéreos, acuáticos.
  • Aparecen los **primates, cetáceos, ungulados**, etc.
• Dominan en **biomasa y diversidad de formas grandes**.

🦜 **¿"Era de las aves"?**

• **Todas las aves modernas** (Neornithes) **derivan de dinosaurios terópodos** y **sobreviven a la extinción del Cretácico**.
• Se diversifican enormemente en el Cenozoico:
  • Desde colibríes hasta avestruces.
  • Ocupan prácticamente todos los ecosistemas del planeta.
  • Hoy en día existen **más especies de aves que de mamíferos**.

🌸 **¿"Era de las plantas con flores"?**

• Las **angiospermas** ya eran dominantes en el Cretácico, pero en el Cenozoico:
  • Se diversifican en todas direcciones.
  • Aparecen **bosques templados, selvas tropicales, praderas**.
  • Se asocian con la expansión de **polinizadores** y **herbívoros**.

🐝 **¿"Era de los insectos"?**

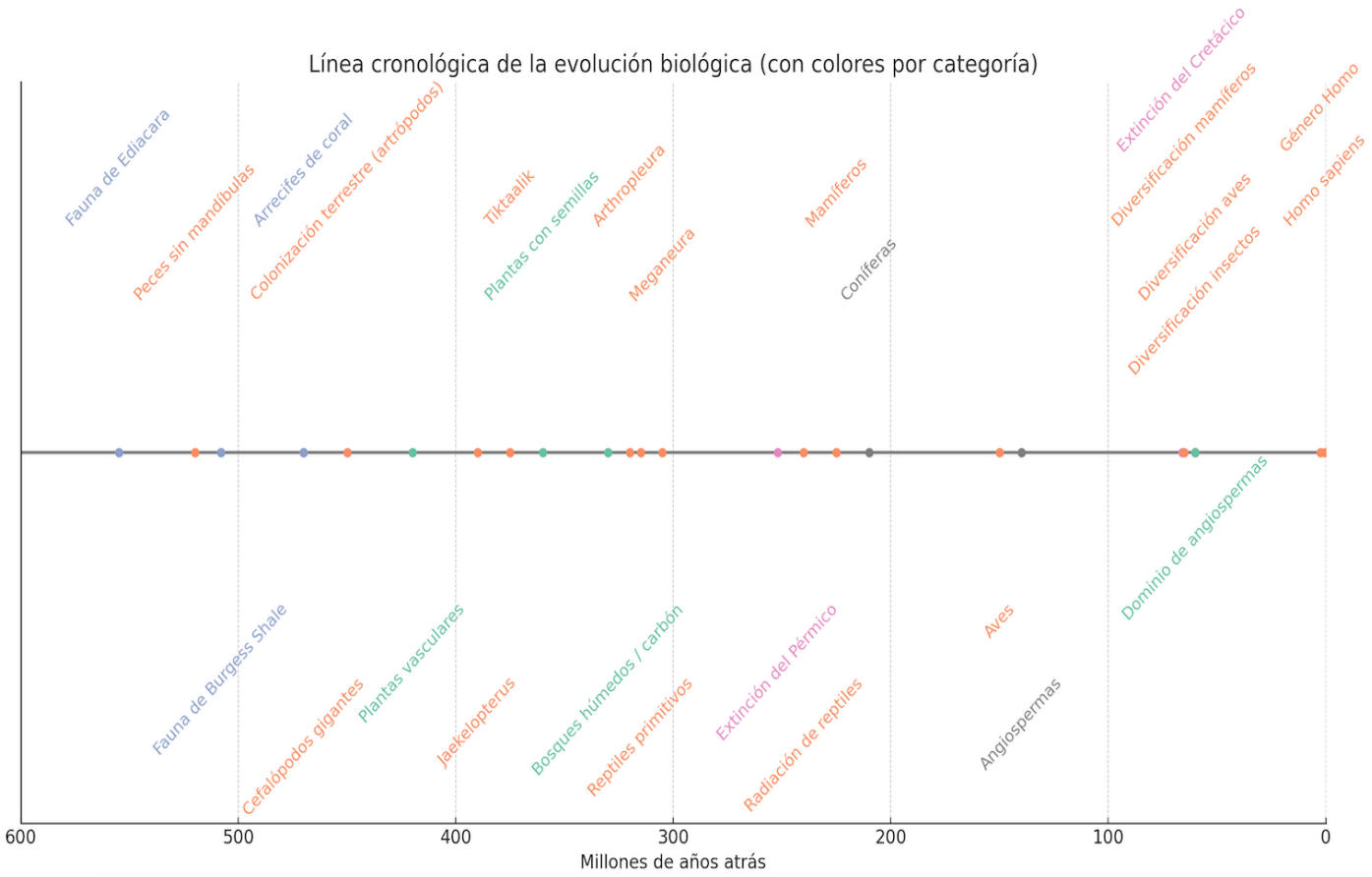
• Aunque los insectos existen desde mucho antes, el Cenozoico ve una gran **coevolución con las plantas con flor**.

• Muchos grupos modernos (abejas, mariposas, escarabajos florícolas) **se expanden junto a las angiospermas**.

• Son los animales **más diversos en número de especies del planeta**.

✅ **Conclusión:** Llamarla **"Era de los Mamíferos"** es **válido, pero de manera parcial**. Ya que también podría llamarse:

NOMBRE ALTERNATIVO	JUSTIFICACIÓN
Era de las aves	Dominio aéreo, diversidad global
Era de las plantas con flores	Base de todos los ecosistemas terrestres modernos
Era de los insectos	Dominan en número y coevolución con angiospermas



LÍNEA DEL TIEMPO DE LA VIDA, DESDE EL PRECÁMBRICO HASTA LA ACTUALIDAD

EVENTO / ORGANISMO	PERIODO GEOLÓGICO	EDAD APROXIMADA
Fauna de Ediacara	Ediacárico	~555 m.a.
Peces sin mandíbulas	Cámbrico	~520 m.a.
Fauna de Burgess Shale	Cámbrico	~508 m.a.
Cefalópodos gigantes	Ordovícico	~470 m.a.
Arrecifes de coral	Ordovícico	~470 m.a.
Colonización terrestre (artrópodos)	Silúrico	~450 m.a.
Plantas vasculares	Silúrico	~420 m.a.
Jaekelopterus	Devónico	~390 m.a.
Tiktaalik	Devónico	~375 m.a.
Plantas con semillas	Devónico	~360 m.a.
Reptiles primitivos	Carbonífero	~315 m.a.
Bosques húmedos / carbón	Carbonífero	~330 m.a.
Arthropleura	Carbonífero	~320 m.a.
Meganeura	Carbonífero	~305 m.a.
Extinción masiva del Pérmico	Pérmico	~252 m.a.
Radiación adaptativa de reptiles	Triásico	~250–230 m.a.
Aparición de los mamíferos	Triásico	~225 m.a.
Bosques de coníferas	Triásico–Jurásico	~240–145 m.a.
"Era de los reptiles"	Mesozoico	252–66 m.a.
Aparición de las aves	Jurásico superior	~150 m.a.
Aparición de plantas con flores	Cretácico	~140 m.a.
Extinción masiva del Cretácico	Cretácico	~66 m.a.
Diversificación de mamíferos	Paleoceno	~65 m.a.
Diversificación de aves modernas	Cenozoico	65–0 m.a.
Diversificación de insectos modernos	Cenozoico	65–0 m.a.
Dominio de las angiospermas	Cenozoico	65–0 m.a.
Aparición del género Homo	Pleistoceno	~2.5 m.a.