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**.

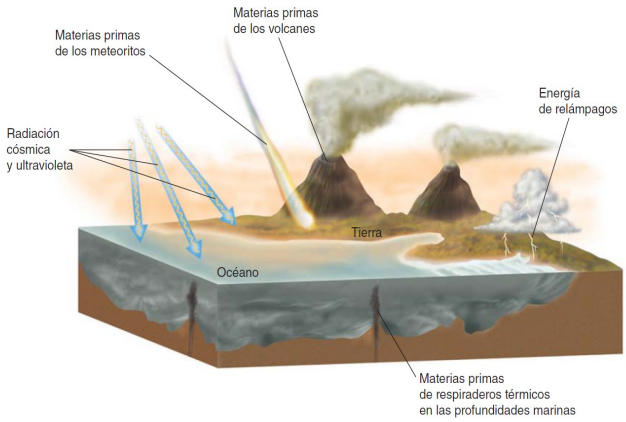
• Las primeras moléculas orgánicas se formaron de manera **espontánea**.

• 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.

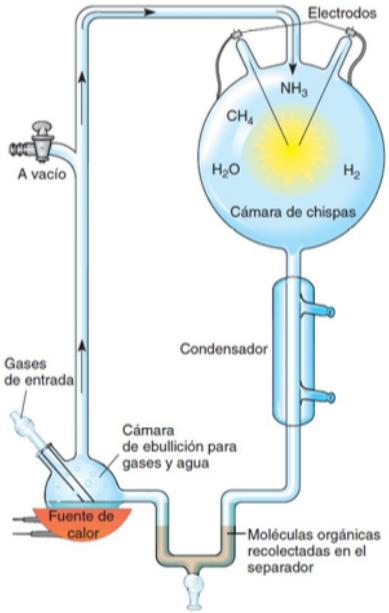
• La **hipótesis extraterrestre**, plantea que **compuestos orgánicos** (como aminoácidos) llegaron del espacio a través de **meteoritos**, como el caso documentado de una **condrita carbonácea** encontrada en Australia, de unos 4.500 millones de años.

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.

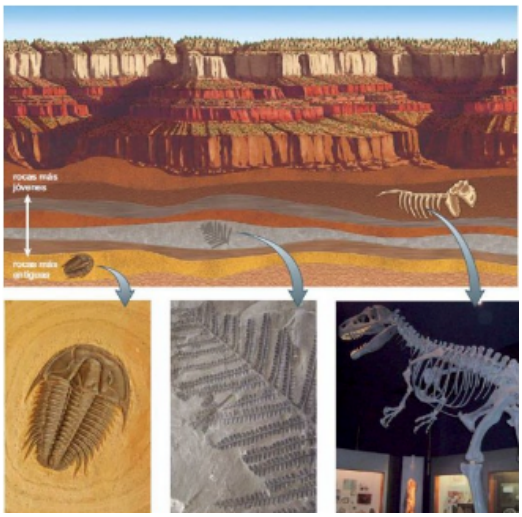
• Nuevas evidencias señalan que las reacciones químicas también pudieron darse sobre **superficies rocosas**, especialmente **arcilla**.

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**.

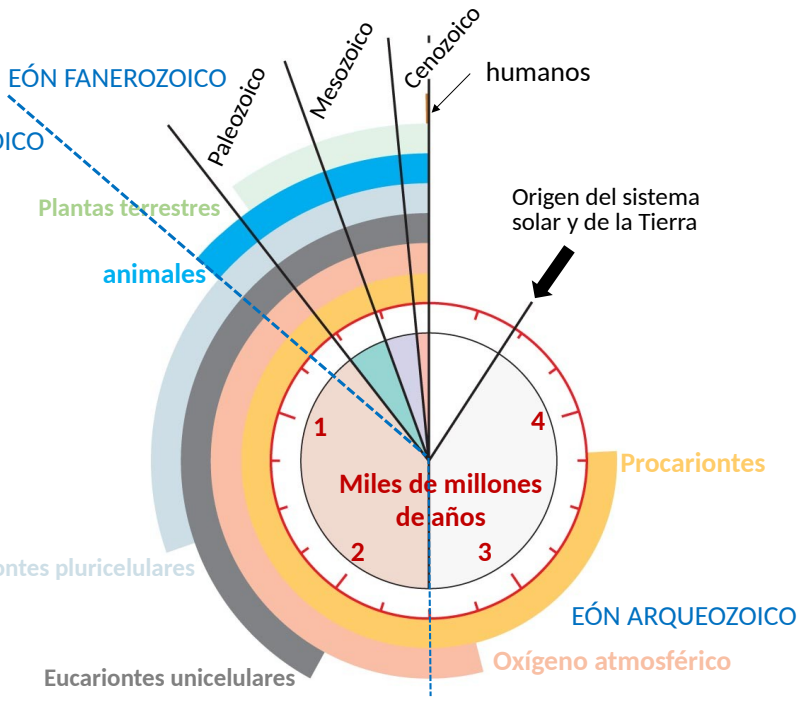
○ EÓN PROTEROZOICO

• 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

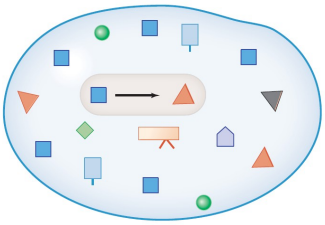
Al añadir agua a ciertos polipéptidos se forman **microesferas**, que tienen propiedades interesantes:

- Algunas presentan **potencial eléctrico** en su superficie.
- Tienen **permeabilidad selectiva**.
- Responden a cambios de presión osmótica **sin tener membrana**.

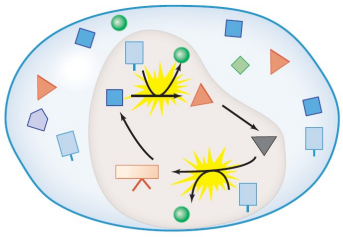
También se han generado estructuras similares a **vesículas** al agitar agua, imitando el oleaje marino. En 2008 se sintetizaron **protobiontes con membranas de ácidos grasos y monoglicéridos** que rodeaban moléculas parecidas al ADN y permitían la entrada de nutrientes.

3. Hipótesis del primer metabolismo

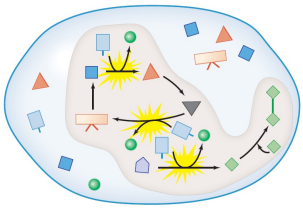
Propone que la vida comenzó como un sistema **autosustentable y organizado**, compuesto por reacciones químicas entre moléculas simples, encerradas dentro de una frontera aislante.



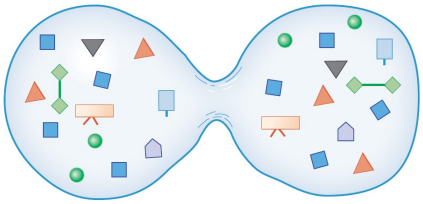
(a) Dentro de una frontera membranosa ocurren reacciones químicas entre moléculas simples.



(b) Una fuente de energía se acopla a la secuencia de reacciones químicas.



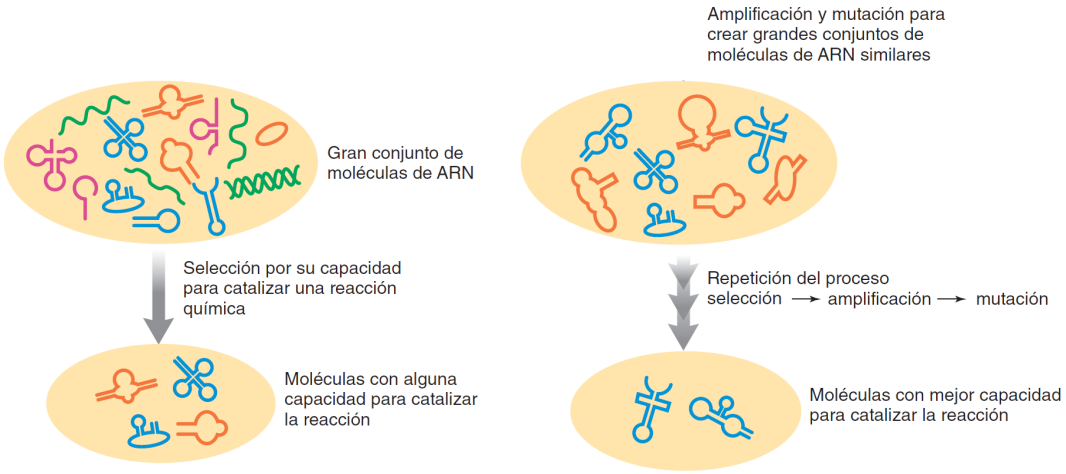
(c) Conforme el sistema precelular continúa evolucionando, su tamaño y organización aumentan.



(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:

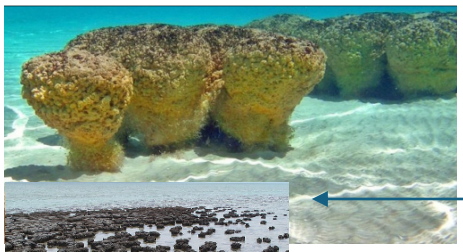
- El ARN puede actuar como **ribozima**, es decir, catalizar su propia replicación.
- Se ha observado su capacidad catalítica **in vitro**.
- Es compatible con la **selección natural**.
- Pudo catalizar la **síntesis de proteínas**.
- Más adelante, apareció el **ADN** a partir del ARN, en forma de doble 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.

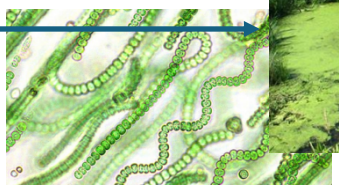
2. Primeras formas de vida

• 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**.

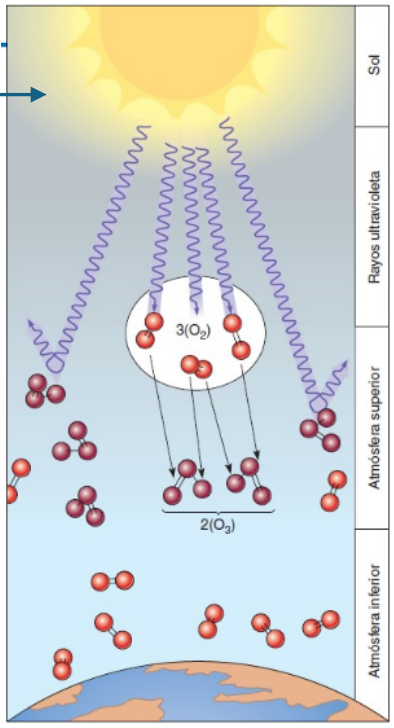
• Su acumulación forzó la evolución de un nuevo tipo de metabolismo: la **respiración aerobia**.

• 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.

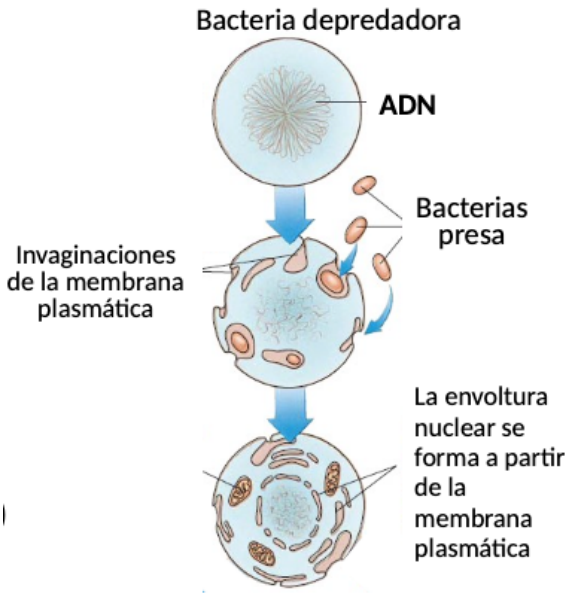
• Las **membranas internas** tienen **enzimas y proteínas de transporte** similares a las bacterias.

• 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:

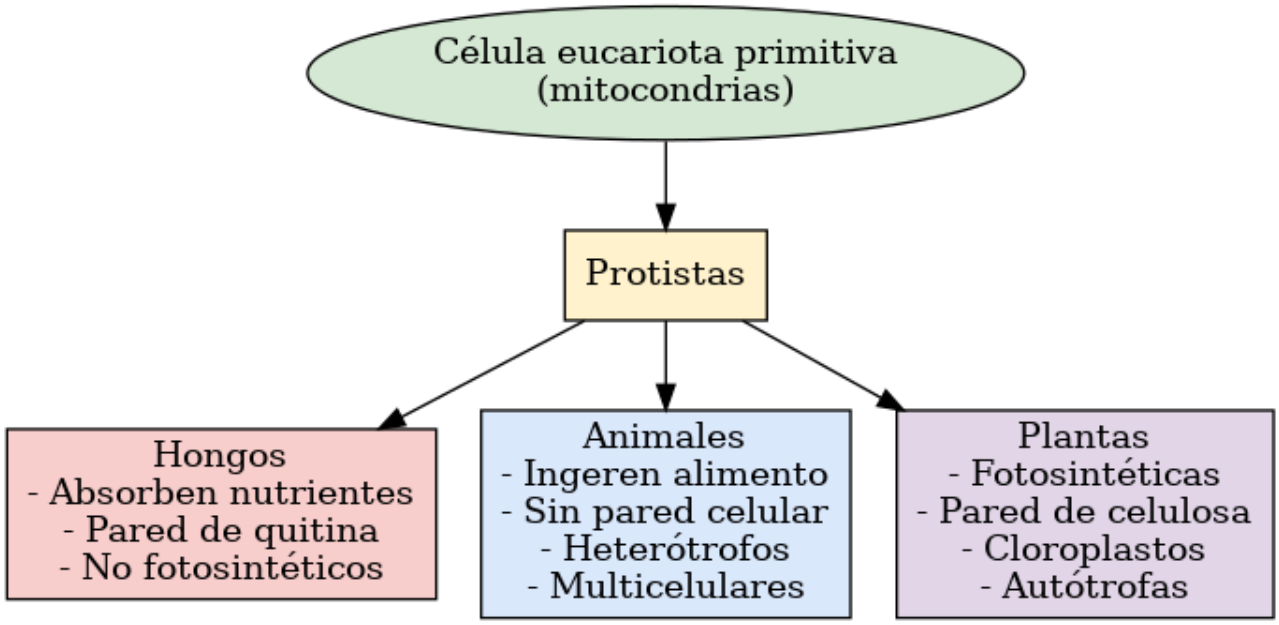
LÍNEA EVOLUTIVA	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	ORIGEN ENDOSIMBIÓTICO
Hongos (Fungi)	Absorben nutrientes del exterior. Pared de quitina. No fotosintéticos.	De célula eucariota con mitocondrias
Animales (Animalia)	Multicelulares, sin pared celular. Heterótrofos (ingieren alimentos).	De célula eucariota con 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

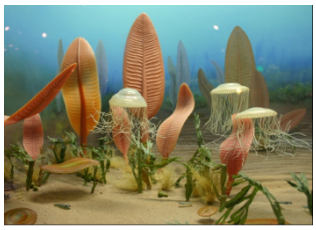
• Favorecida por la **selección natural** cuando la depredación se hizo habitual: mayor tamaño era ventajoso tanto para presas como para depredadores.
• Pero el tamaño plantea un problema: la **relación superficie-volumen**.
• Dos estrategias para compensarlo:
• Reducir tasa metabólica.
• Convertirse 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

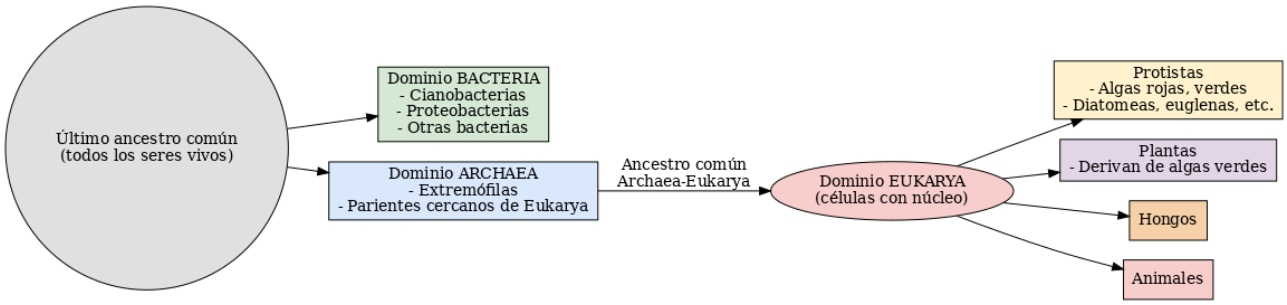
• **Hace 450 millones de años (Silúrico)**, los primeros **artrópodos** colonizaron la tierra.

• 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

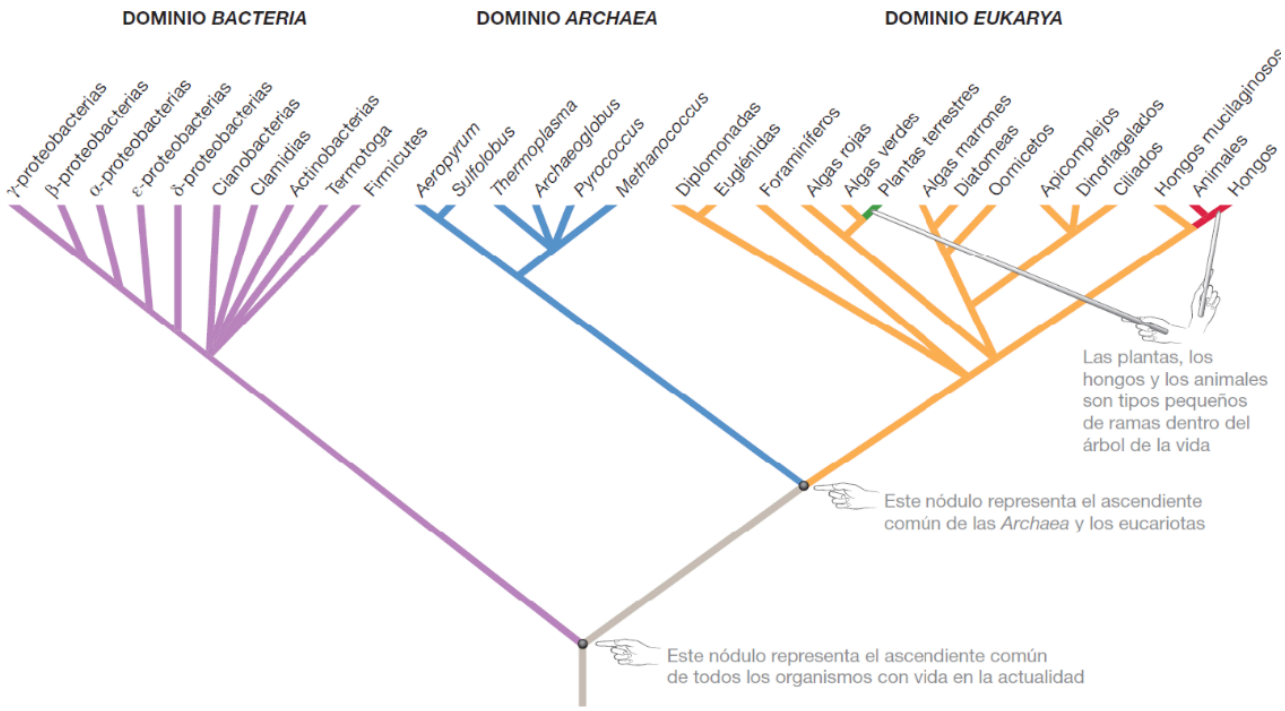
• Aquí aparecen los organismos con **células eucariotas**: con núcleo y orgánulos.

• 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.

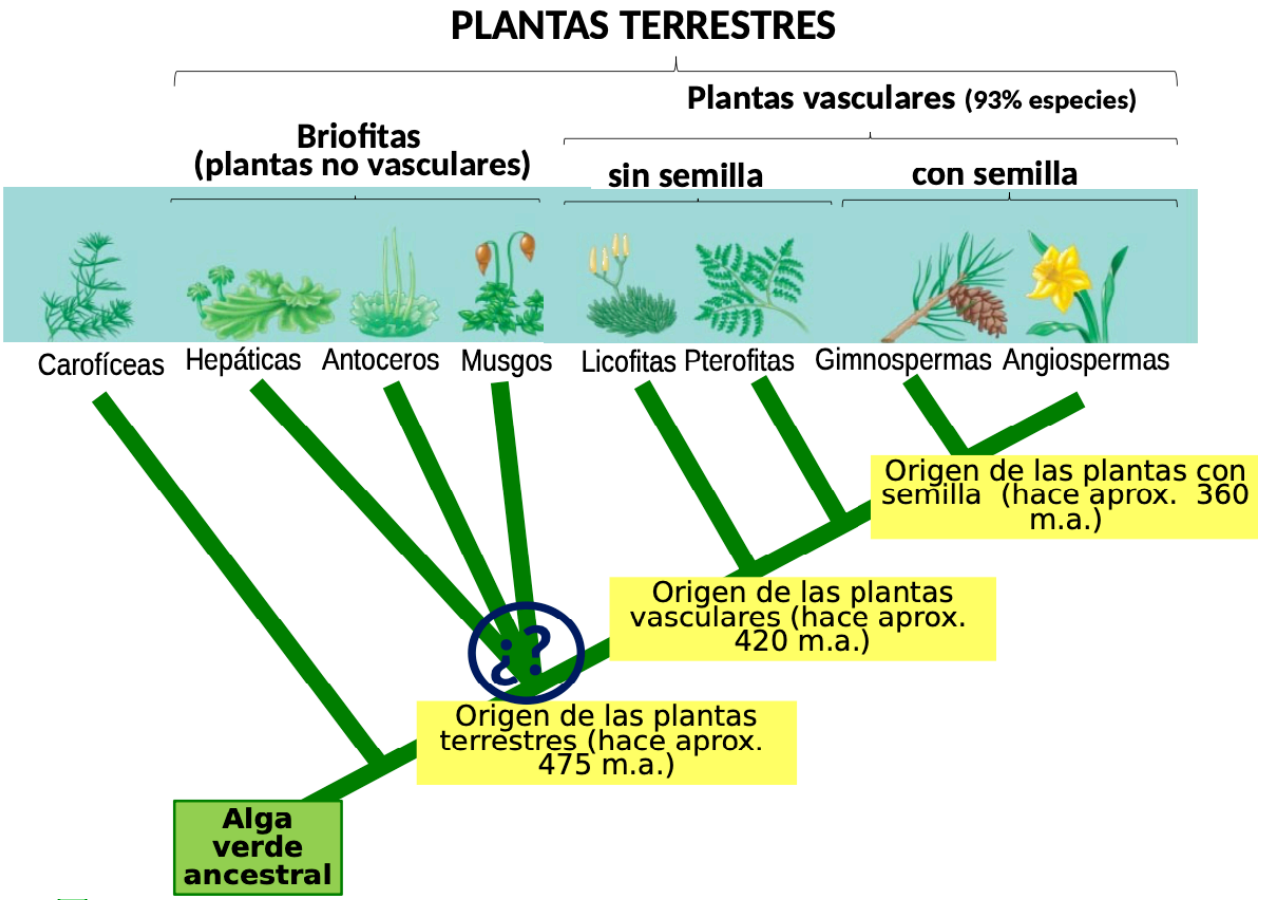
• Incluye a:

  • **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.

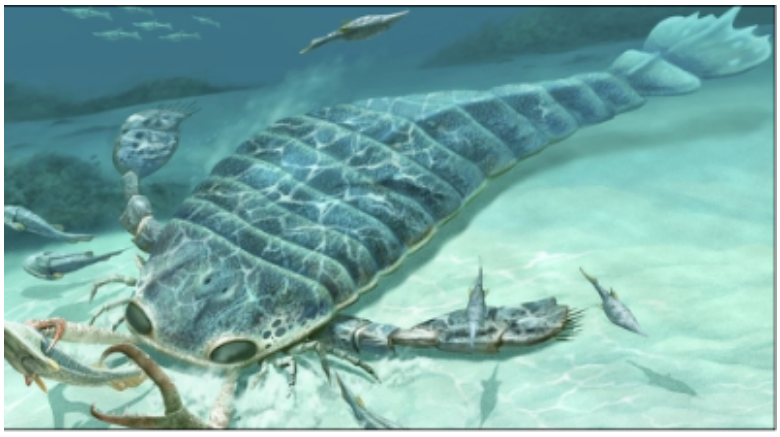
• Su desaparición está relacionada con la **reducción del oxígeno** y los **cambios climáticos** al final del Carbonífero.

🦴 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**.

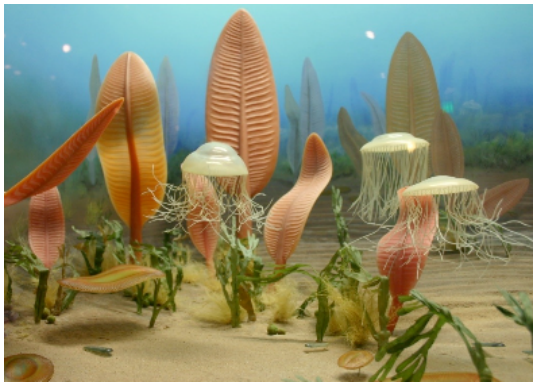
• Representa una etapa clave **entre peces como Panderichthys** y los **primeros tetrápodos como Acanthostega y Ichthyostega**.

• 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.

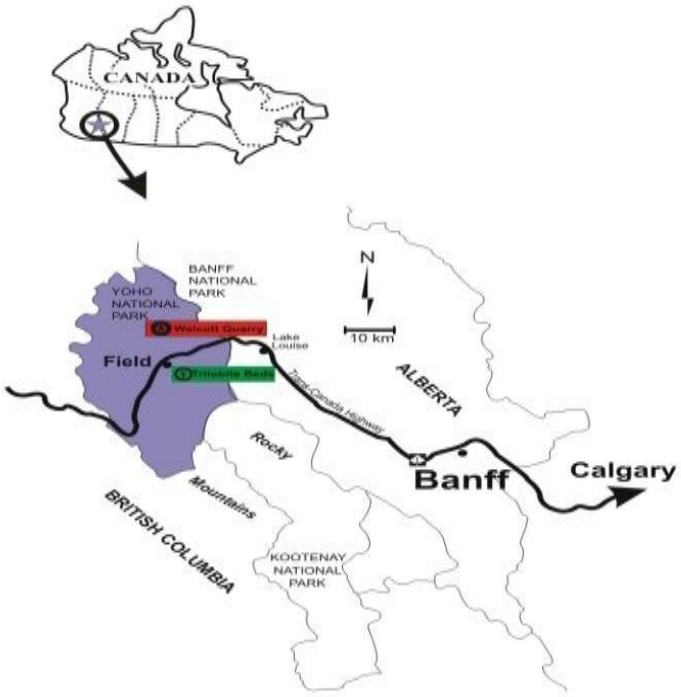
• Cambió la idea de que la evolución era una progresión lineal: mostró una gran diversidad de formas **experimentales**, muchas de las cuales no sobrevivieron.

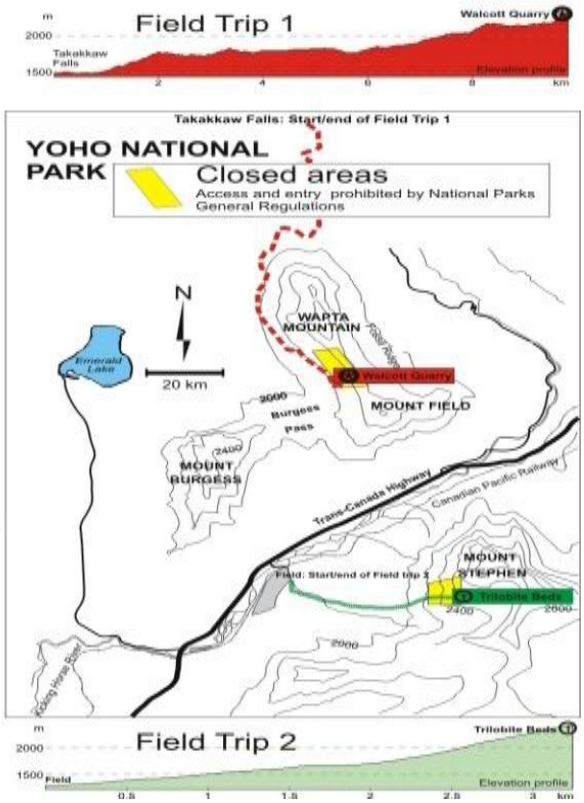
Contexto geológico

• 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.

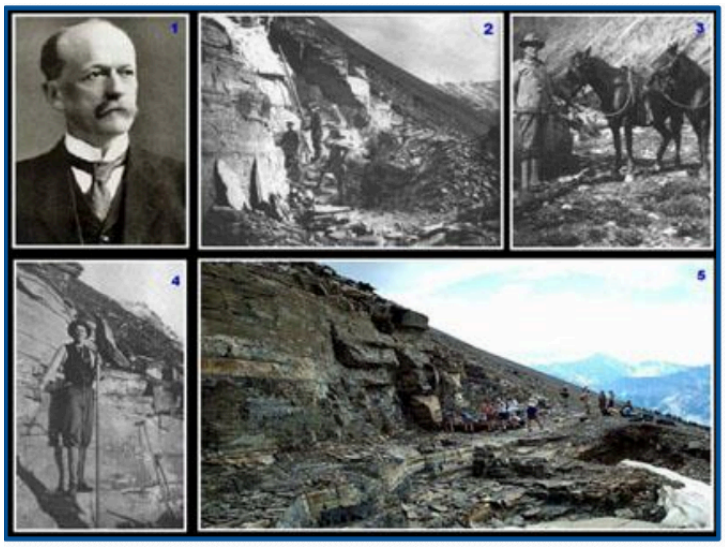
Fue reconocido **Patrimonio de la Humanidad** por la Unesco en 1981.

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**.



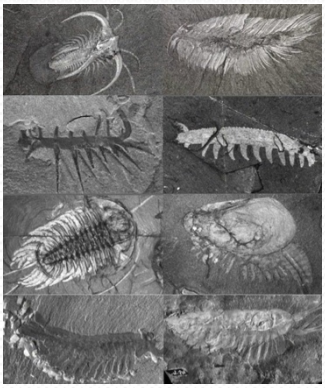
Junto con esto se produjo una **filtración de sedimentos** dentro del cuerpo, con lo cual se generaron **microestratos** dentro de los mismos organismos, separando así una parte de otra. Por ejemplo: Caparazón, sistema branquial, estómago…



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**.

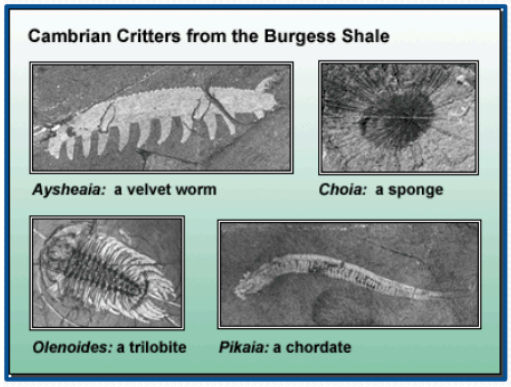
Entre los fósiles hallados se han encontrado **140 especies** en **119 géneros**, la mayoría pertenecientes al mundo **acuático.**

Se ha conservado entre un **60-80%** de sus cuerpos.

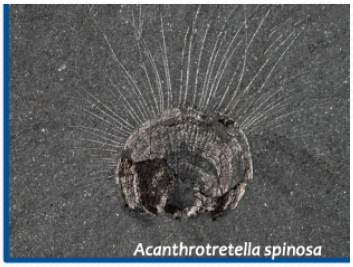
4. RECREACIONES DEL ENTORNO

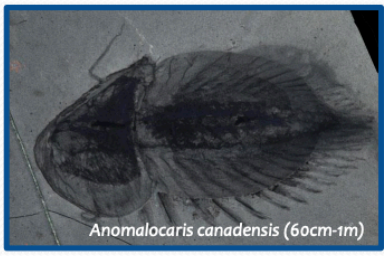


5. Fósiles.



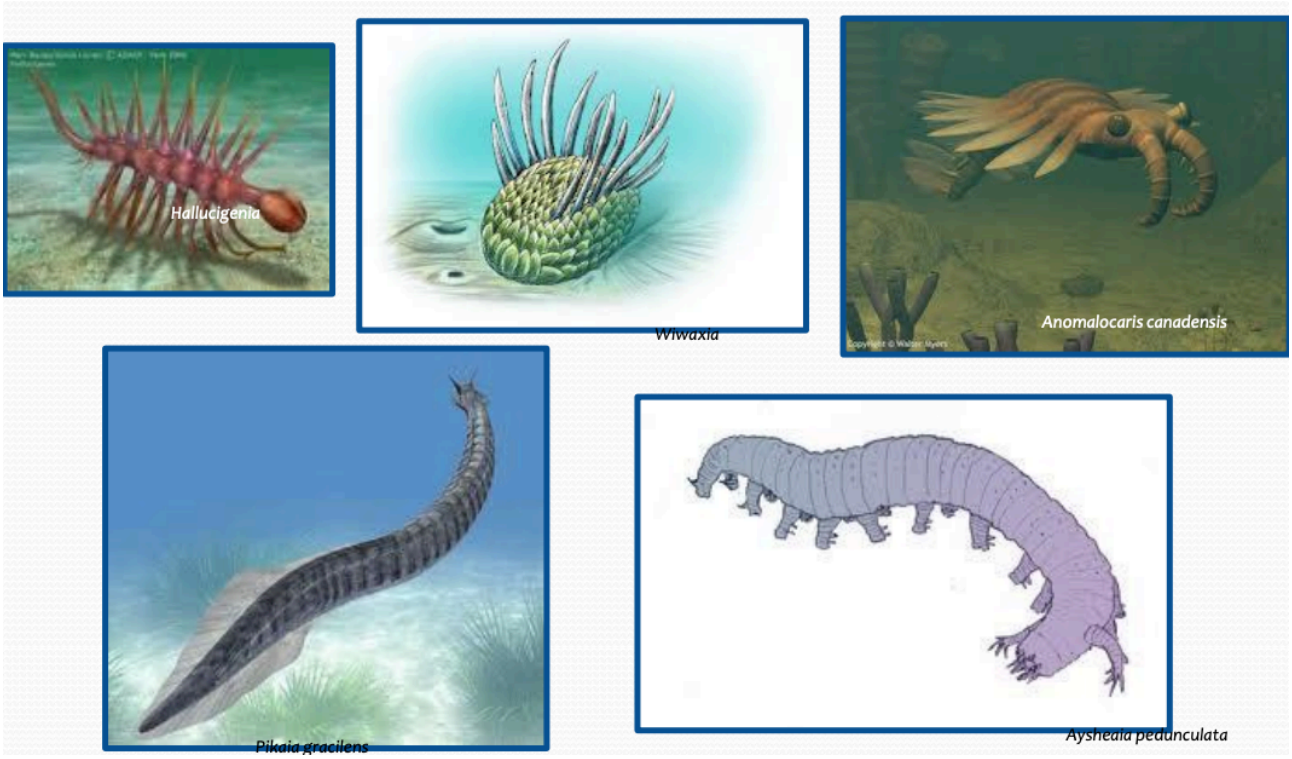












5. IMPORTANCIA DEL YACIMIENTO

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"?**

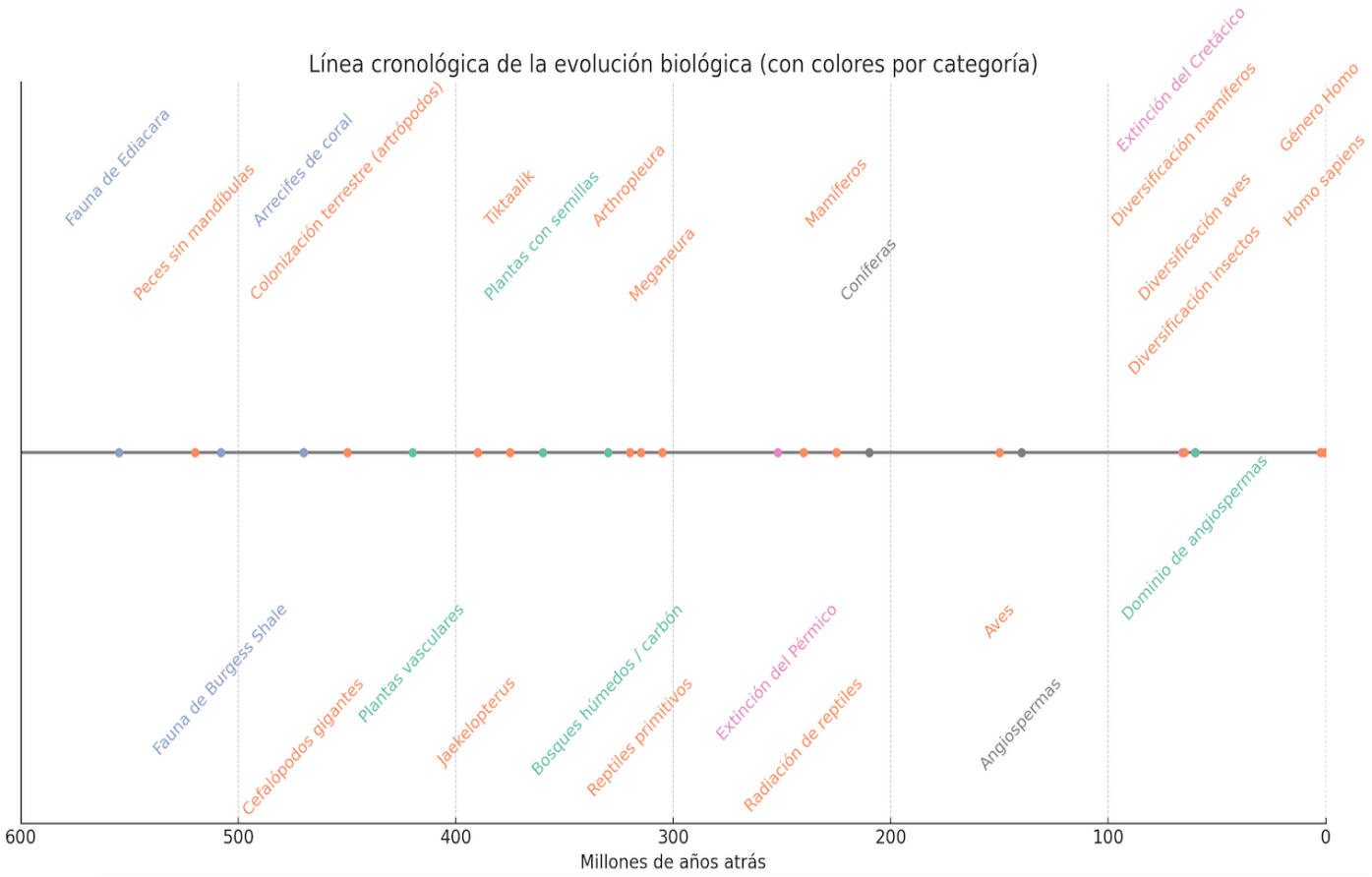
• Aunque los insectos existen desde mucho antes, el Cenozoico ve una gran **coevolución con las plantas con flor**.

• 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.