Tema 21: INTRODUCCIÓN A LAS CIENCIAS DE LA VIDA



⇒ INTRODUCCIÓN A LAS CIENCIAS DE LA VIDA

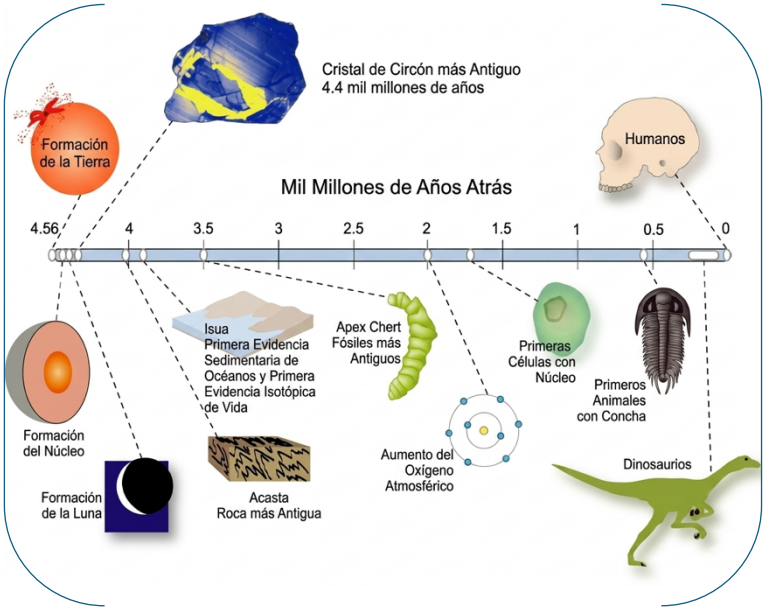
El contenido de este tema se centra en la introducción a las ciencias de la vida **desde una perspectiva geológica**, es decir, en cómo la Tierra conserva huellas del origen, desarrollo y transformación de los seres vivos a lo largo del tiempo.

El hilo conductor del tema será el registro fósil y la escala temporal geológica. Gracias a ellos se puede reconstruir cuándo surgió la vida, cómo evolucionó y qué grandes cambios marcaron la historia biológica del planeta.

⇒ LOS FÓSILES: MEMORIA DE LA TIERRA

Los fósiles funcionan como una memoria de la Tierra. No son simples restos curiosos: permiten saber qué organismos existieron, en qué ambientes vivieron y en qué momento del pasado aparecieron o desaparecieron.

Por eso la paleontología es una herramienta básica para reconstruir la historia de la vida. Cuando se estudia un fósil no solo se estudia el organismo, sino también el ambiente geológico en el que quedó registrado.



→ puntos Importantes:

- El tema relaciona geología y biología a través del tiempo profundo.
- Los fósiles permiten reconstruir organismos y ambientes del pasado.
- Entender la historia de la vida exige situarla en la escala temporal geológica.

⇒ ¿QUÉ EDAD TIENE LA TIERRA?

Esta es una de las preguntas fundamentales de la geología: **la edad de la Tierra**. Hoy sabemos que ronda los 4.600 millones de años gracias a métodos de datación radiométrica aplicados a rocas terrestres, meteoritos y minerales muy antiguos.

Esta cifra es difícil de imaginar porque supera enormemente la escala humana. Por eso en geología se trabaja con millones de años y con grandes divisiones temporales que permiten ordenar la historia del planeta.



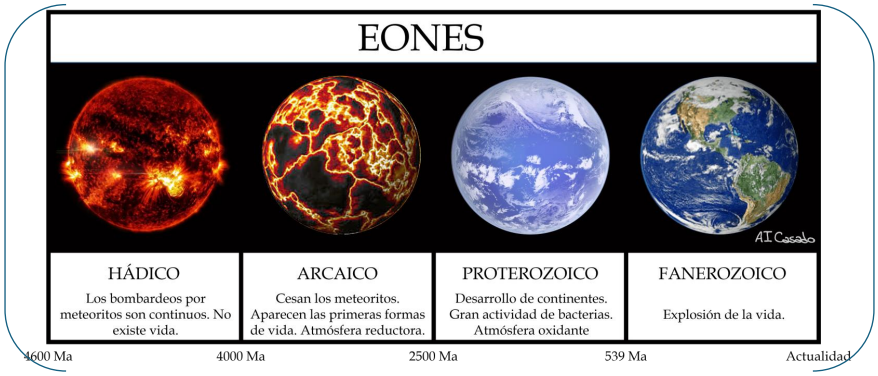


⇒ ESCALA TEMPORAL

Esta diapositiva introduce una prueba material de la gran antigüedad terrestre: las rocas más antiguas conocidas. El **gneis Acasta**, en Canadá, es uno de los fragmentos de corteza terrestre intacta más antiguos conservados.



Este dato es importante porque muestra que la historia de la Tierra se reconstruye a partir de restos muy antiguos, aunque incompletos. Cuanto más atrás se retrocede en el tiempo, más difícil resulta conservar un registro continuo.



⇒ ORIGEN DE LA TIERRA

Existen dos niveles distintos de explicación del origen de la Tierra. La teoría del Big Bang trata del **origen del universo**, mientras que la teoría de la nebulosa solar intenta explicar cómo, dentro de ese universo ya formado, surgió el **Sistema Solar** a partir de una nube de gas y polvo.

Es importante no confundir ambas teorías. Una explica el origen del cosmos a gran escala y la otra el de nuestro entorno planetario inmediato. A partir de esa nebulosa, por acreción y rotación, se habría formado el Sol y después los planetas.

⇒ BIG BANG



La teoría del Big Bang explica que el **origen del universo** comenzó hace unos 13.800 millones de años a partir de un punto de densidad y temperatura infinitas que se expandió rápidamente. No fue una explosión convencional, sino una expansión del espacio que continúa hoy, enfriando el cosmos y permitiendo la formación de materia, estrellas y galaxias.

Puntos Clave de la Teoría:

- **Origen:** Hace 13.800 millones de años, toda la materia y energía estaban comprimidas en una singularidad inicial.
- **Expansión y Enfriamiento:** Al expandirse, el universo pasó de ser una "sopa" caliente de partículas subatómicas a enfriarse, permitiendo la formación de átomos (principalmente hidrógeno y helio).
- **Evolución:** La gravedad agrupó la materia para formar nubes, que dieron lugar a las primeras estrellas y galaxias.
- **Evidencias:**
  - **Radiación de fondo de microondas (CMB):** Resplandor fósil del calor inicial detectado en 1964.
  - **Ley de Hubble-Lemaître:** Observación de que las galaxias se alejan unas de otras, lo que demuestra la expansión.
  - **Abundancia de elementos ligeros:** Las proporciones de helio e hidrógeno observadas coinciden con la nucleosíntesis del Big Bang.

⇒ NEBULOSA SOLAR

La teoría de la nebulosa solar establece que el **sistema solar** se formó hace aproximadamente 4.600 millones de años a partir del colapso gravitacional de una nube gigante de gas y polvo interestelar. Esta nebulosa comenzó a girar y aplanarse, formando un disco central que dio origen al Sol y a los planetas.

Puntos Clave de la Teoría:

- **Origen:** Una gran nube de hidrógeno, helio y polvo estelar comenzó a contraerse, posiblemente impulsada por la onda de choque de una supernova cercana.
- **Formación del Sol (Protosol):** La mayor parte de la masa se acumuló en el centro, aumentando su temperatura y presión hasta formar el Sol.

- **Formación de Planetas:** El material sobrante en el disco de acrecimiento comenzó a agruparse, formando planetesimales que luego colisionaron para crear los protoplanetas y eventualmente los planetas actuales.
- **Estructura del Sistema:** Explica por qué los planetas orbitan en el mismo plano y sentido (plano de la eclíptica).
- **Composición:** Los planetas interiores se formaron de rocas y metales, mientras que los exteriores, más lejanos, se formaron de hielos y gases.

→ Esta es una propuesta realizada inicialmente por Immanuel Kant en 1755 y desarrollada por Pierre-Simon Laplace, esta hipótesis es el modelo científico más aceptado para el origen de nuestro sistema solar.

⇒ DIFERENCIACIÓN PLANETARIA



La diferenciación planetaria es el proceso por el cual la Tierra primitiva dejó de ser una masa homogénea y se separó en capas según la densidad de sus materiales. Los elementos más pesados se hundieron hacia el núcleo y los más ligeros quedaron hacia el exterior.

Este proceso fue decisivo porque hizo posible la estructura interna actual del planeta y favoreció la aparición de corteza, atmósfera e hidrosfera. Sin esa organización interna, la evolución posterior de la Tierra y de la vida habría sido completamente distinta.

⇒ EÓN HÁDICO (4550-3800 Ma)



El **eón Hádico** es una etapa en la que la Tierra era un planeta extremadamente hostil.

Ocurrió hace ~4600-4000 millones de años, es la primera y más antigua etapa de la Tierra, caracterizada por condiciones extremas, calor intenso, vulcanismo constante, radiación elevada, casi nada de agua estable y el bombardeo de asteroides. Durante este tiempo se formó la Tierra, la Luna y las primeras rocas. No hay registro fósil de vida.

❖≈ ***4.600 Ma.*** El planeta se ha formado por acreción de planetesimales y se ha diferenciado en capas por densidades: núcleo, manto, corteza y por desgasificación del planeta aparece la atmósfera primitiva reductora (sin O2) y posteriormente por condensación del vapor de agua, la hidrosfera.

❖ ***4.600-4.000 Ma.*** Durante el **Hádico**, la Tierra era un planeta rotando rápidamente, cálido, vacío, casi sin agua, bombardeado por cometas y meteoritos, sin continentes, radiación cósmica intensa y un volcanismo generalizado.

❖ ***3800 Ma.*** **Edad de la roca más antigua conocida.**

Comprender esto es esencial: la vida no aparece sobre un planeta tranquilo, sino después de una larga fase inicial en la que tuvieron que formarse la atmósfera, la hidrosfera y unas condiciones algo más estables.

⇒ ¿CÓMO SE ORIGINÓ LA VIDA?

Aquí se presentan las principales hipótesis sobre el origen de la vida.

1ª TEORÍA

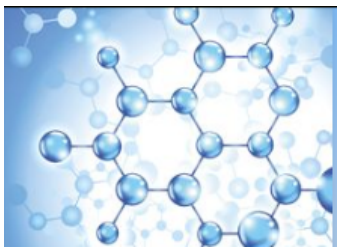


→ La **panspermia** es la hipótesis que sugiere que la vida en la Tierra no se originó aquí, sino que proviene del espacio exterior, transportada por meteoritos, cometas o polvo cósmico que impactaron en el planeta. Esta teoría propone que microorganismos resistentes o precursores orgánicos viajaron a través del cosmos, sembrando vida donde encontraron condiciones favorables.

- **Fundamentos:** Se basa en la capacidad de ciertos microorganismos extremófilos de sobrevivir a condiciones adversas, incluyendo el vacío del espacio.
- **Origen:** La idea se remonta al filósofo griego **Anaxágoras** (s. VI a.C.), y fue popularizada en la era moderna por **Svante Arrhenius** en 1903.
- **Tipos de Panspermia:**
  - **Natural (o litopanspermia):** La vida se dispersa a través de meteoritos o cometas de manera natural.
  - **Dirigida:** Propone que la vida fue transportada deliberadamente por una civilización extraterrestre avanzada.
- **Evidencia:** Se han encontrado moléculas orgánicas complejas y aminoácidos en meteoritos, y estudios demuestran que algunos microorganismos podrían sobrevivir a impactos espaciales.
- **Limitaciones:** No explica cómo surgió la vida en primer lugar, solo traslada el lugar de origen fuera de la Tierra.

La teoría, apoyada históricamente por científicos como **Fred Hoyle (1915-2001)**, sigue siendo un tema de debate en el campo de la astrobiología

2ª TEORÍA



El modelo bioquímico, más conocido como la **teoría quimiosintética o del caldo primigenio**, propone que la vida surgió de materia inorgánica a través de una serie de reacciones químicas graduales en la Tierra primitiva, hace aproximadamente 4.600 millones de años. Esta teoría, formulada por **Aleksandr Oparin** y **John Haldane** en los años 20, sugiere que la evolución química dio paso a la evolución biológica.

→ **Fundamentos:** A diferencia de la actual atmósfera, la que había entonces era reductora (sin oxígeno libre) y contenía hidrógeno, metano, amoníaco y vapor de agua.

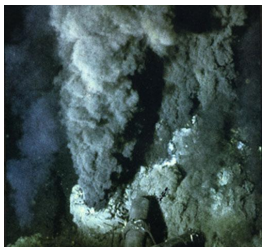
- **Fuente de Energía:** La alta temperatura, erupciones volcánicas, descargas eléctricas (rayos) y la intensa radiación solar actuaron como fuentes de energía.
- **Síntesis Prebiológica:** Estos elementos químicos, impulsados por la energía, formaron compuestos orgánicos simples (aminoácidos, nucleótidos) en los mares primitivos, a menudo descritos como una "sopa caliente" o caldo primordial.
- **Evolución Química:** Los monómeros simples se agruparon para formar polímeros (proteínas, ácidos nucleicos) más complejos.
- **Coacervados:** Estas macromoléculas se agruparon en sistemas precelulares, rodeados por una membrana, llamados coacervados, que evolucionaron hacia los primeros seres vivos heterótrofos y anaerobios.

→ **Evidencia Científica y Validación:**

- **Experimento de Miller-Urey (1953):** Stanley Miller y Harold Urey simularon estas condiciones en el laboratorio, aplicando descargas eléctricas a una mezcla de gases, lo que resultó en la formación de aminoácidos, respaldando la síntesis abiótica de compuestos orgánicos.
- **Panspermia Molecular:** Se ha comprobado que compuestos orgánicos básicos llegaron a la Tierra en meteoritos y cometas (como el meteorito Murchison), contribuyendo al caldo químico inicial.

→ **Limitaciones**: Aunque el modelo explica cómo se formaron los componentes básicos (ladrillos de la vida), no explica completamente el mecanismo exacto para la formación de macromoléculas complejas funcionales, ni cómo se originó la quiralidad de la vida, ni el paso exacto de moléculas complejas a células con metabolismo propio

3ª TEORÍA



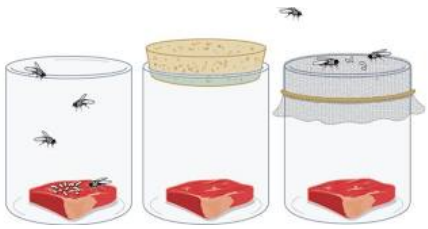
Las chimeneas negras (o *black smokers*) son estructuras geológicas fascinantes en el fondo marino que actúan como oasis de vida en la oscuridad total del océano profundo. Estas fumarolas hidrotermales expulsan agua a temperaturas extremas (a menudo superando los 400°C) cargada de sulfuros metálicos, creando ecosistemas ricos y diversos independientes de la luz solar.

→ **Puntos clave sobre la vida en las chimeneas negras:**

- **Origen de la vida:** Muchos científicos creen que las primeras formas de vida en la Tierra hace unos 3800-4000 millones de años surgieron en estas chimeneas, protegido de las condiciones adversas de la superficie.
- **Quimiosíntesis en lugar de Fotosíntesis:** A diferencia de los ecosistemas de superficie, la base de la vida aquí es la quimiosíntesis. Bacterias especializadas oxidan los sulfuros químicos del agua caliente para producir energía, sirviendo de alimento a otros organismos.
- **Fauna Exótica:** Estas chimeneas albergan criaturas únicas como gusanos de tubo gigantes (*Riftia pachyptila*), almejas, mejillones y cangrejos ciegos, que han adaptado sus metabolismos para vivir en condiciones de alta presión y temperatura.
- **Estructura y Formación:** Se forman principalmente cerca de las dorsales oceánicas, donde el agua marina se infiltra y se calienta por magma, disolviendo minerales de la corteza y precipitándolos al salir.

→ Estos respiraderos hidrotermales representan una de las fronteras más extremas para la vida, demostrando la capacidad de la biología para adaptarse a ambientes hostiles, lo que también ofrece pistas sobre la posible vida en otros planetas

4ª TEORÍA



La generación espontánea es una **teoría obsoleta** que sostenía que la vida podía surgir de manera automática a partir de materia inerte (barro, carne podrida, etc.). Esta idea, apoyada por Aristóteles, persistió desde la Antigüedad hasta el siglo XIX, cuando fue refutada por Louis Pasteur en 1864, demostrando que **toda vida proviene de otra vida preexistente**.

→ **Puntos clave de la generación espontánea y su refutación:**

- **Fundamento:** Creencia en un "principio activo" o "entelequia" en la materia inerte que daba vida.
- **Ejemplos creídos:** Gusanos de la carne en descomposición, ratones de la ropa sucia, ranas del barro.
- **Pensadores que la apoyaron:** Aristóteles, Descartes, Bacon, Newton.
- **Refutación:**

- **Francesco Redi (Siglo XVII):** Demostró que los gusanos en la carne provenían de larvas de moscas y no de la carne misma.
- **Louis Pasteur (1864):** Mediante matraces de cuello de cisne, demostró que el aire contenía microorganismos que causaban la descomposición, poniendo fin a la teoría.

- **Conclusión:** La ciencia moderna ha establecido la **biogénesis** (la vida proviene de la vida), descartando la aparición espontánea de organismos complejos a partir de la inercia.

5ª TEORÍA

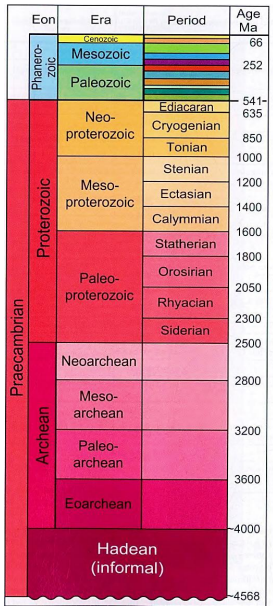


El creacionismo de la Tierra sostiene que el universo y la vida fueron creados por una entidad divina, basándose en interpretaciones religiosas. Se divide principalmente en el **creacionismo de la Tierra joven** (creación en 6 días hace 6,000-10,000 años) y el **creacionismo de la Tierra vieja** (que acepta la edad geológica antigua, pero mantiene la creación divina).

- **Creacionismo de la Tierra Joven:** Sostiene que Dios creó el mundo en seis días literales de 24 horas hace aproximadamente 6,000 a 10,000 años, basándose en una interpretación literal del Génesis.
- **Creacionismo de la Tierra Vieja:** Acepta que la Tierra tiene miles de millones de años, alineándose con la ciencia sobre la edad del planeta, pero rechaza la evolución biológica y sostiene una intervención divina.
- **Fundamentos:** Se basa en la inerrancia bíblica y la creencia de que la complejidad de la vida demuestra diseño inteligente, oponiéndose a la teoría de la evolución.
- **Conflicto Científico:** Las posturas de la Tierra joven entran en conflicto con la datación radiométrica, que sitúa la Tierra en 4,540 millones de años.

→ Este enfoque suele contrastar con las explicaciones científicas de la formación de la Tierra a partir de una nebulosa solar.

◈ Ninguna hipótesis científica está cerrada definitivamente, pero todas intentan responder a la misma pregunta: cómo se pasa de la materia no viva a sistemas capaces de metabolismo, reproducción y evolución.



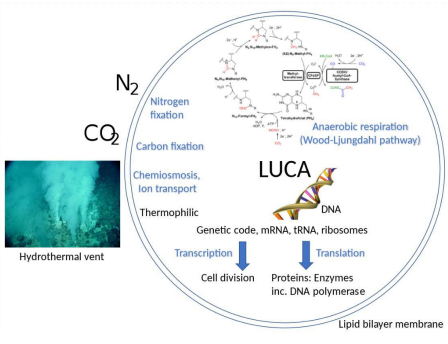
https://www.youtube.com/watch?v=_f1PrA4DR5c&t=16s

⇒ EVIDENCIAS DE LA VIDA EN EL REGISTRO

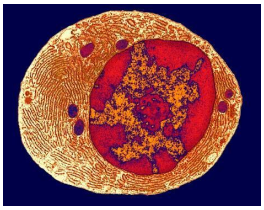
Aquí se mezclan dos ideas: cómo se forma un sistema planetario y cómo, mucho más tarde, aparecen los primeros indicios de vida. Esto sirve para mostrar que entre la formación de la Tierra y la existencia de organismos hubo una larga evolución física y química del planeta.

La referencia a estromatolitos y cianobacterias señala uno de los primeros registros claros de actividad biológica. Es decir, primero hubo una Tierra muy hostil y solo después surgieron organismos capaces de dejar huellas reconocibles.

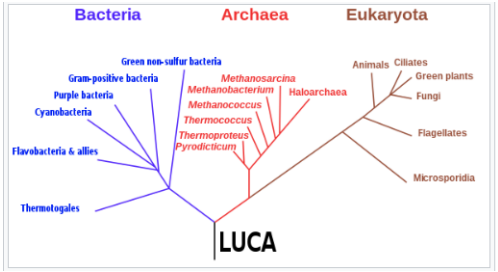
⇒ ARCAICO: PROCARIOTAS



En el Arcaico el registro apunta a una biota procariota ya diversificada. Eso significa que, para entonces, la vida no solo existía, sino que ya había tenido



tiempo de evolucionar en formas distintas y relativamente bien establecidas.



Por eso aparece la referencia a LUCA, el último ancestro común universal. No sería el primer ser vivo sin más, sino el antepasado del que proceden las grandes líneas de la vida actual conocidas por la biología.

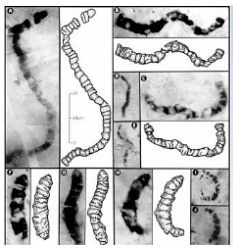
→ puntos Importantes:

• El origen de la vida sigue siendo una cuestión científica abierta.

• Las hipótesis más conocidas son panspermia, evolución bioquímica y origen hidrotermal.

• Los primeros indicios de vida son indirectos y muy antiguos.

⇒ LOS PRIMEROS ORGANISMOS



Posibles células procariotas (Fm. Chert de Apex, Australia)

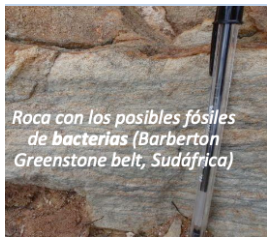
❖ Hablar de los primeros organismos en la Tierra nos lleva a un viaje al pasado remoto. Hay que situarse en el **Eón Arcaico**, hace unos **3.800/3.500 millones de años**.

En aquel entonces, la Tierra era un lugar inhóspito, con una atmósfera sin oxígeno y bombardeada por radiación ultravioleta.

1. Los protagonistas: Organismos Procariotas

La vida comenzó de la forma más sencilla posible: con células **procariotas**. Estas son células pequeñas, sin un núcleo definido que proteja su material genético. Se dividen principalmente en dos dominios:

- **Bacterias:** Los ancestros de muchas de las bacterias que conocemos hoy.
- **Arqueas:** Microorganismos que hoy suelen vivir en ambientes extremos (como fuentes termales o lagos salados), muy similares a las condiciones de la Tierra primitiva.



Roca con los posibles fósiles de bacterias (Barberton Greenstone belt, Sudáfrica)

2. La primera evidencia: Los Estromatolitos

No tenemos fósiles de "esqueletos" porque estos seres eran microscópicos, pero sí tenemos **estromatolitos**. Son estructuras minerales, similares a rocas laminadas, formadas por la actividad de colonias de bacterias (principalmente cianobacterias).



El dato: Los estromatolitos más antiguos conocidos tienen unos **3.500 millones de años** y se encuentran en lugares como Australia y Groenlandia.

3. El gran cambio: Las Cianobacterias y el Oxígeno

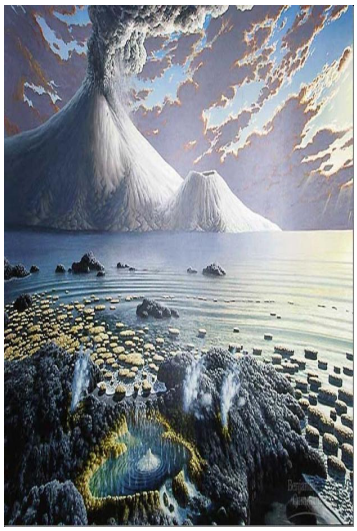
Durante casi 2.000 millones de años, la vida fue exclusivamente unicelular y anaeróbica (no necesitaba oxígeno). Sin embargo, aparecieron las **cianobacterias**, que "inventaron" la fotosíntesis oxigénica.

1. Consumían CO_2 y luz solar.
2. Liberaban **oxígeno** como desecho.
3. Este oxígeno comenzó a acumularse en los océanos y luego en la atmósfera, provocando la **Gran Oxidación**.

Este evento fue letal para muchos organismos de la época, pero permitió que, mucho tiempo después, evolucionara la vida compleja (eucariotas) que dio origen a plantas y animales.

→ La vida empezó en el agua, probablemente cerca de **fuentes hidrotermales** en el fondo del océano, donde el calor y los minerales proporcionaban la energía necesaria en ausencia de una capa de ozono que protegiera la superficie.

⇒ LOS PRIMEROS ORGANISMOS



Vamos a ver cómo pudieron ser los primeros organismos. Se piensa en bacterias muy simples, anaerobias, porque la atmósfera primitiva carecía de oxígeno libre. Muchas dependerían de los compuestos presentes en el medio o de reacciones químicas ligadas a volcanismo y fuentes hidrotermales.

Después surgirían formas autótrofas capaces de obtener energía por fotosíntesis anoxigénica, es decir, sin producir oxígeno al principio. Esto marca un paso esencial hacia ecosistemas cada vez más complejos.

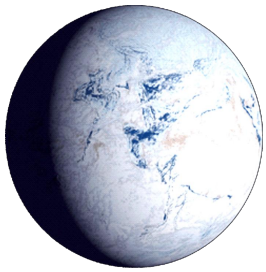
La aparición de las cianobacterias introdujo grandes cantidades de O_2 que hasta entonces no existía en la atmósfera. Este O_2 es un gas incoloro, inodoro y esencial para la vida, componente esencial de la atmósfera (aprox. 21%).

→ puntos Importantes:

- El origen de la vida sigue siendo una cuestión científica abierta.
- Las hipótesis más conocidas son panspermia, evolución bioquímica y origen hidrotermal.
- Los primeros indicios de vida son indirectos y muy antiguos.

⇒ EÓN PROTEROZOICO (2500-570 MA)





Esta etapa del Proterozoico es un período decisivo porque durante él la atmósfera se enriquece en oxígeno, aparecen eucariotas y al final surgen organismos pluricelulares. Además, la tectónica de placas y los **cambios climáticos** adquieren una importancia cada vez mayor.

La formación de ozono y la oxidación de minerales muestran que el planeta ya no funciona químicamente como en el Arcaico. Es una Tierra en transición hacia ambientes más parecidos a los que permitirán la gran diversificación posterior.



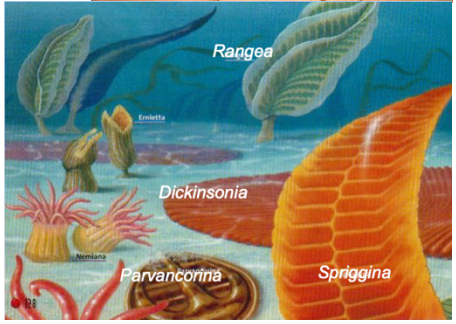
Los primeros signos de organismos animales se hallaron en las colinas de **Ediacara**, en el sur de Australia y sus restos se hallan en rocas de entre 700 a 600 Ma, en el período que se denomina Precámbrico superior (Gould, 1994).



La Fauna o **Biota de Ediacara,** hace 635 Ma, tiene una rápida aparición, radiación y extinción a finales del Proterozoico (Neoproteroizoico). Se trata de una biota muy diversificada, de cuerpo blando, que aparece, conservada como moldes, en muchas partes del mundo además de Australia.



Fauna de esta vida era mayoritariamente **bentónica**, es decir, organismos que viven en el fondo de los ecosistemas acuáticos (mares, ríos, lagos), ya sea sobre el sustrato (**epifauna/epiflora**) o enterrados en él (**infauna**)), y compuesta por organismos multicelulares complejos (**metazoos**) de cuerpo blando (desde cm a 1 m) y cuya morfología es distinta a las formas de vida posteriores: forma de corazón, de hoja (tubo), de disco (todas ellas con simetría bilateral) o circular (simetría concéntrico-radial).



https://www.youtube.com/watch?v=v361IQh6dPE

→ puntos Importantes:

- El aumento del oxígeno cambió de forma radical la química del planeta.
- En este eón aparecieron eucariotas y los primeros pluricelulares complejos.
- La fauna de **Ediacara** representa un gran ensayo biológico previo al Cámbrico.

⇒ LA PRIMERA EXTINCIÓN DE LOS ORGANISMOS

La fauna de **Ediacara** desapareció antes o cerca del límite Precámbrico-Cámbrico (538 - 539 Ma). Se trata de una de las primeras grandes crisis biológicas conocidas que afectaron a organismos pluricelulares.

Las posibles causas están ligadas a glaciaciones denominadas ***Varangiense*** y cambios planetarios.

Pero lo importante es entender que la historia de la vida no es lineal: está marcada por radiaciones y extinciones que reordenan profundamente los ecosistemas.

⇒ FANEROZOICO

El Fanerozoico es el **eón** (unidad de tiempo geológico) más reciente y mejor conocido del registro fósil. Comienza hace unos 541 millones de años y se caracteriza por una abundancia mucho mayor de fósiles visibles, sobre todo de organismos con partes duras.

Eón	Era	Periodo	Época	Millones años
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno	0,011784
			Pleistoceno	2,588
		Neógeno	Plioceno	5,332
			Mioceno	23,03
		Paleógeno	Oligoceno	33,9 ±0,1
			Eoceno	55,8 ±0,2
			Paleoceno	65,5 ±0,3
	Mesozoico	Cretácico		145,5 ±4,0
		Jurásico		199,6 ±0,6
		Triásico		251,0 ±0,4
	Paleozoico	Pérmico		299,0 ±0,8
		Carbonífero	Pensilvánico	318,1 ±1,3
			Misisípico	359,2 ±2,5
		Devónico		416.0 ±2,8
		Silúrico		443,7 ±1,5
		Ordovícico		488,3 ±1,7
		Cámbrico		542,0 ±1,0

Hay que destacar:

❖ Explosión Cámbrica: rápida expansión de la vida en la Tierra, tanto fauna como flora.

❖ Formación del supercontinente, Pangea, lo que explica la expansión de las especies en la actualidad.

❖ Cinco grandes extinciones en: Ordovícico, Devónico, Permo-Triásico y Cretácico-Paleógeno, explicadas por el registro fósil.

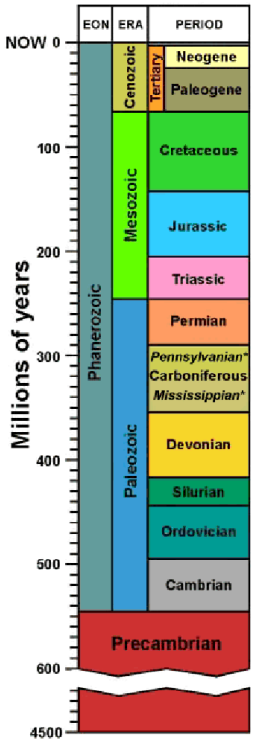
❖ Aparecieron los primeros primates y del género *Homo* en el **Cenozoico**.

→ puntos Importantes:

• La explosión cámbrica supuso una gran diversificación de organismos marinos.

• La esqueletización y la depredación transformaron la dinámica ecológica.

• Algunos yacimientos excepcionales conservan organismos blandos que no suelen fosilizar.



⇒ EXPLOSIÓN CÁMBRICA (541-538 MA)

La explosión cámbrica fue una rápida radiación evolutiva hace aproximadamente 542-538 millones de años, donde aparecieron la mayoría de los grandes filos animales modernos en un periodo de 10 a 25 millones de años. Este evento marcó el inicio del periodo **Cámbrico** con una diversificación sin precedentes, la aparición de esqueletos mineralizados y el desarrollo de depredadores activos, cambiando drásticamente los ecosistemas marinos.

- **¿Qué sucedió?** Se produjo una diversificación repentina de organismos multicelulares complejos, donde surgieron la mayoría de

los planes corporales básicos de los animales actuales, como artrópodos, moluscos y cordados.

- **Causas:** Se atribuye al aumento de oxígeno en la atmósfera y los océanos, el **calentamiento global**, la subida del nivel del mar y la aparición de la depredación, que impulsó una "carrera" evolutiva.
- **Registro Fósil:** Aparecieron por primera vez conchas, caparazones y estructuras duras, lo que mejoró la fosilización. Fósiles notables incluyen criaturas como el *Anomalocaris* y los *trilobites*.
- **Predecesores:** Aunque fue una rápida diversificación, no fue el inicio absoluto de la vida animal, ya que fue precedida por la fauna de **Ediacara**, un conjunto de organismos de cuerpo blando.

¡¡Video fantástico!!
https://youtu.be/joNmObpe7sc?si=R73RbA9QLEaqrjv0

⇒ PASO DEL EÓN PROTEROZOICO AL EÓN FANEROZOICO

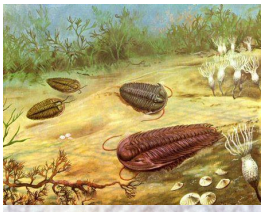


El paso del Eón Proterozoico al Eón Fanerozoico, ocurrido hace aproximadamente **541-542 millones de años**, marca la transición del Precámbrico a la "vida visible". Este cambio se define por la **Explosión Cámbrica**, un rápido aumento en la biodiversidad, la aparición de animales complejos con partes duras (esqueletos, conchas) y el fin de la última gran glaciación del Neoproterozoico.

- **Final del Proterozoico (Neoproterozoico/Ediacárico):** Tras periodos de frío intenso (glaciaciones globales), surgieron ecosistemas complejos de fauna **ediacárica**, formas de vida extrañas y de cuerpo blando en mares poco profundos.
- **Inicio del Fanerozoico (Era Paleozoica/Periodo Cámbrico):** Se caracteriza por una diversificación explosiva de organismos pluricelulares. La vida comenzó a colonizar masivamente los océanos con estructuras complejas como ojos y extremidades.
- **Cambios Ambientales:** La atmósfera ya presentaba altos niveles de oxígeno, permitiendo el desarrollo de metabolismos más energéticos.
- **Geología:** Se inicia con la fragmentación del supercontinente **Pannotia** y la posterior formación de nuevas configuraciones continentales que marcaron el Paleozoico.

Este límite representa el momento en que el registro fósil se vuelve rico y diverso, diferenciándose del registro de microorganismos predominante en el Proterozoico.

⇒ EN EL CÁMBRICO SE PRODUCE UN ESTALLIDO



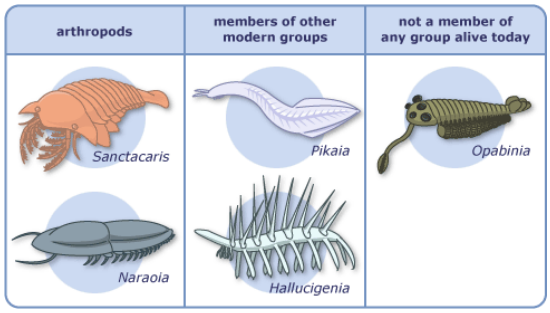




La explosión cámbrica no fue solo que aparecieran muchas especies, sino que se diversificaron también estrategias ecológicas, relaciones depredador-presa y estructuras corporales nuevas.

La mineralización de esqueletos y caparazones fue decisiva, porque dio protección frente a depredadores y mejoró la conservación fósil. Por eso el registro cámbrico parece tan rico comparado con el anterior.

⇒ PIZARRAS DE BURGESS (510 MA)



Las pizarras de Burgess son uno de los grandes yacimientos paleontológicos del mundo. Su valor reside en que conservan organismos de cuerpo blando del Cámbrico medio que normalmente se perderían, lo que

ofrece una visión mucho más completa de aquellos ecosistemas.

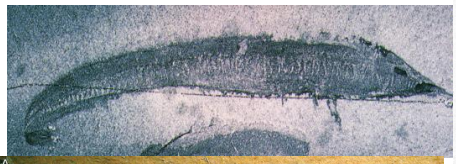
Gracias a esta conservación excepcional se puede estudiar no solo quiénes tenían esqueletos o conchas, sino también muchas formas blandas que participaron en la explosión cámbrica.

⇒ DETALLE DE LA FAUNA DE BURGESS

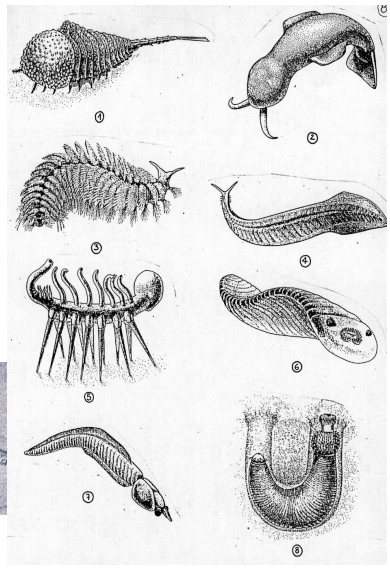
Aquí se destaca a ***Pikaia***, un organismo muy importante porque se considera uno de los primeros cordados conocidos. Esto significa que pertenece al gran plan corporal del que derivarán más adelante los vertebrados.

Su presencia en Burgess ayuda a entender que, dentro de la explosión cámbrica, ya estaban apareciendo líneas evolutivas que acabarían siendo fundamentales para la historia posterior de los animales.









Yunnanozoon *sp., cordado con notocordio y miómeros casi rectos (Chen y Li, 1997; Donoghue y Purnell, 2009)*

CORDADOS: MUSCULATURA SEGMENTADA Y NOTOCORDI

La comparación entre **Ediacara** y **Burgess** permite ver dos mundos biológicos muy diferentes. La fauna precámbrica estaba dominada por formas blandas, con poca depredación y menor complejidad ecológica.

En cambio, la fauna cámbrica ya muestra esqueletos, mayor variedad trófica, bioturbación más intensa y una auténtica "carrera armamentística" entre presas y depredadores. Es una transformación profunda de los ecosistemas.



Fauna de Ediacara (Precámbrico)

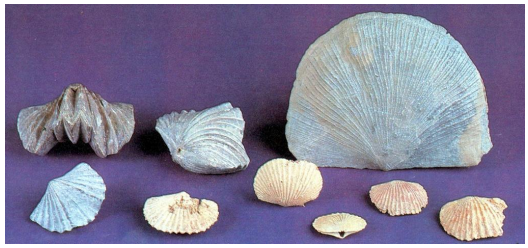
-Organismos suspensívoros o recolectores pasivos de comida.
-Sustrato tapizado de microbios o con bioturbación horizontal.



Fauna de Burgess (Cámbrico)

-Organismos suspensívoros, carnívoros y detritívoros.
-Desarrollo de esqueleto, ¡carrera armamentística!
-Bioturbación vertical.

⇒ LA VIDA SIGUE SIENDO EXCLUSIVAMENTE MARINA Y DOMINADA POR INVERTEBRADOS QUE AUMENTAN TANTO EN ESPECIES COMO EN EJEMPLARES



Durante el **Ordovícico** (505–438 Ma) la vida seguía siendo exclusivamente marina, pero aumentó mucho su diversidad. Se expandieron numerosos invertebrados y aparecieron los primeros peces sin mandíbulas.

El periodo termina con una de las grandes extinciones masivas, relacionada con cambios del nivel del mar y transformaciones ambientales importantes. Eso demuestra que la diversificación biológica siempre convivió con episodios de crisis.



→ puntos Importantes:

• Durante el Paleozoico la vida se diversificó primero en el mar y después en tierra firme.

• La colonización del medio terrestre por plantas y animales fue un cambio decisivo.
• El Paleozoico terminó con una gran crisis biológica al final del Pérmico.



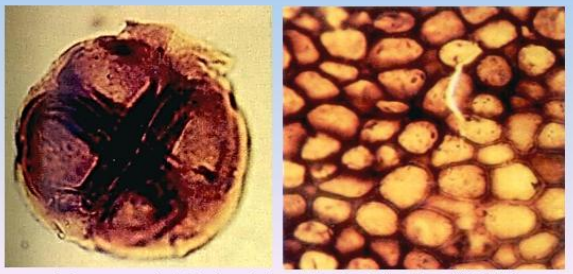
⇒ SILÚRICO (438 – 408 MA)

En el Silúrico continúa el dominio marino, pero se produce un cambio crucial: la vida empieza a conquistar la tierra firme. Primero lo hacen plantas sencillas y después algunos animales, probablemente artrópodos y gusanos.

Este paso del agua a la tierra es uno de los momentos más trascendentales de la evolución, porque abre nuevos ecosistemas y nuevas posibilidades adaptativas.

En el Ordovícico Medio (475 Ma) se encontraron las primeras esporas que han sido interpretadas como esporas de plantas no vasculares, briofitas (musgos y hepáticas) por su similitud con las esporas actuales.

Las algas verdes que se habían adaptado a sobrevivir al borde del agua dieron lugar a las primeras plantas no vasculares que estarían relacionadas con ambientes acuáticos y corresponderían a las briofitas, mientras que las verdaderas plantas vasculares aparecerían un poco más tarde (Silúrico superior).

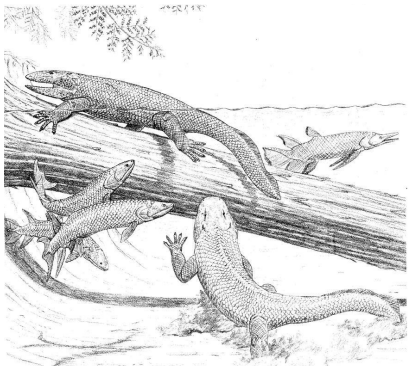


Esporas del Ordovícico Medio Stanley (1993)



Briofita, Hepática actual

⇒ DEVÓNICO (408 – 360 MA)

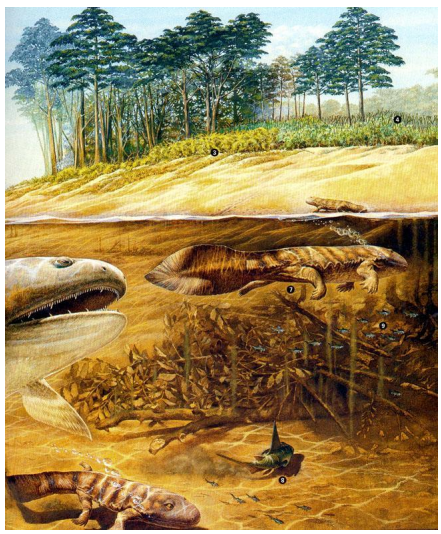


El Devónico suele conocerse como una etapa muy importante para los peces y para la expansión de la vida terrestre. En el mar continúan diversos invertebrados y grupos de peces, mientras en tierra avanzan plantas más desarrolladas y aparecen los primeros bosques.

También se asocia con el auge de los anfibios y con varias crisis, especialmente al final del periodo. Es un momento de fuerte innovación evolutiva, pero también de inestabilidad ambiental.

RECONSTRUCCIÓN DEL MEDIO EN QUE SE MOVÍAN LOS TETRÁPODOS ANFIBIOS MÁS PRIMITIVOS, DEL GÉNERO *ICHTHYOSTEGA*, DURANTE EL DEVÓNICO SUPERIOR. En la figura se ven también los antecesores de los tetrápodos, los crosopterigios del género *Eusthenopteron* (a la izquierda). A la derecha, el pez pulmonado *Rhynchodipterus*. El tronco y las ramas pertenecen al helecho arborescente *Eospermatopteris* (Tomado de STANLEY, 1986)

⇒ PAISAJE DEL DEVÓNICO SUPERIOR EN USA.

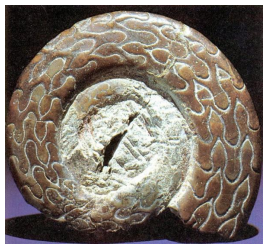


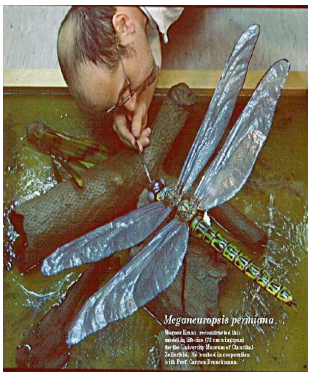
Aunque durante este período se produjeron varios eventos de **extinción**, se considera más importante el producido al **final del Devónico** (desaparecieron el 70 – 80% de las especies). Se han propuesto varias causas para esta extinción, de las cuales la más probable es un cambio climático que afectó a las especies marinas de agua templada.

Paisaje del Devónico Superior en USA.
7: *Hynerpeton lindae*, uno de los primeros Anfibios.
8: *Placodermo Groelandáspido*.
9: Peces primitivos de aletas radiales. La gran cabeza que asoma a la izquierda pertenece a un *crosopterigio*.

En tierra firme, las plantas arbóreas pertenecen a *Archaeopteris*, 3: Helechos del género **Rhacophyton**; 4: **pteridospermas**.

⇒ CARBONÍFERO (360– 266 MA)

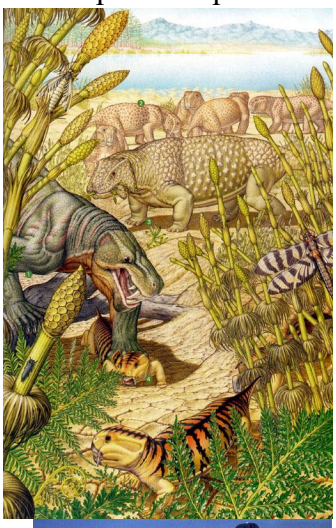




El Carbonífero destaca por los grandes bosques pantanosos cuyos restos dieron origen a importantes capas de carbón. En tierra aparecen semillas más eficaces, coníferas tempranas, reptiles e insectos voladores, mientras los anfibios siguen expandiéndose.



Esto es un buen ejemplo de relación entre vida y recursos geológicos: la abundante vegetación de esta época terminó transformándose en uno de los principales combustibles fósiles explotados por el ser humano.



⇒ PÉRMICO (266 – 251 MA)

El Pérmico se sitúa como una etapa de fuertes cambios climáticos y biológicos. En el mar se identifican los *ammonites* que dominaron durante el Mesozoico.

En tierra firme las nuevas condiciones climáticas afectan a muchos organismos que no sobreviven. Y surgen los reptiles *mamiferoides*, formas muy importantes porque anuncian líneas evolutivas que más tarde se relacionarán con los mamíferos.

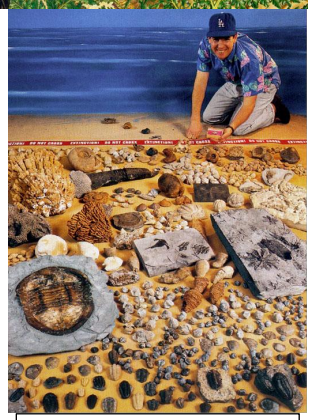
Los insectos gigantes serán reemplazados por otros de metamorfosis complicada. La flora carbonífera y fauna es sustituida por las **gimnospermas** debida a nuevas condiciones ambientales

El Pérmico prepara el escenario de una de las mayores extinciones conocidas.

Las causas de esta crisis no están claras. Existen indicios de un gran episodio de vulcanismo a gran escala que habría producido cantidades masivas de gases, dióxido de carbono (CO_2) y dióxido de azufre (SO_2), que habrían bloqueado una parte importante de luz.

Esto debió producir un enfriamiento global y fenómenos de lluvia ácida. Pero el CO_2 almacenado en la atmósfera provocaría un posterior **calentamiento global** y, en gran medida, la pérdida de mares continentales e intercontinentales. El resultado fue una catástrofe biológica de gran magnitud.

Según datos de Raup (1988) desaparecieron el 54% de las familias marinas.

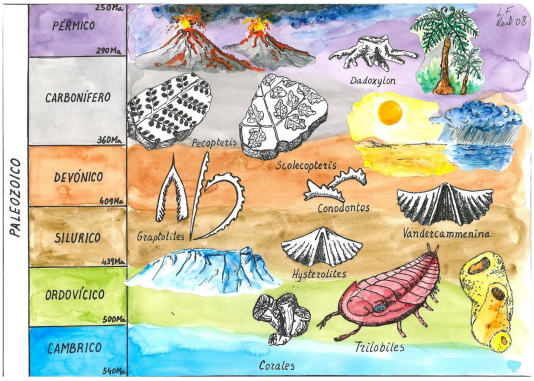


Resume visual de la extinción Pérmico-Triásico

⇒ CRISIS BIOLÓGICAS DEL PALEOZOICO

Esta diapositiva sintetiza las crisis biológicas del Paleozoico. Su valor principal está en obligar a ver la historia de la vida no solo como una sucesión de apariciones, sino también de desapariciones y renovaciones.

Las extinciones funcionan como filtros evolutivos: eliminan muchas líneas y permiten que otras se expandan. Son, por tanto, parte esencial de la historia biológica.



⇒ GRAN DIVERSIFICACIÓN DE LA FAUNA MARINA





Aquí se resume grandes rasgos del Mesozoico: abundancia y diversificación de fauna marina, auge de los dinosaurios, aparición de mamíferos tempranos y expansión progresiva de las angiospermas.

No debe verse el Mesozoico solo como "la era de los dinosaurios". También fue una etapa de profundos cambios en plantas, invertebrados y pequeños vertebrados que prepararon el mundo posterior.

⇒ TRIÁSICO (251 – 201 MA)

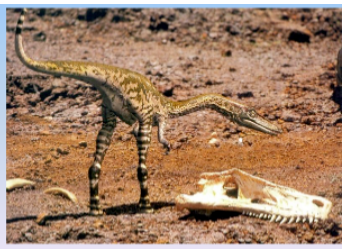
El Triásico es el primer periodo de la Era Mesozoica tras la extinción masiva del Pérmico y con una duración de unos 50 millones de años. Se caracteriza por la existencia del supercontinente Pangea, un clima cálido y seco, y la aparición de los primeros dinosaurios y mamíferos.

Características Principales:

- **Geología y Geografía:** El supercontinente Pangea comenzó a fracturarse durante este periodo. La mayor parte de la tierra firme estaba unida, centrada en el ecuador y rodeada por el océano **Pantalasa**.
- **Clima:** Generalmente cálido y árido, con veranos intensos e inviernos fríos en el interior continental, propiciando la formación de desiertos.
- **Vida en el Triásico:**
  - **Fauna:** Aparecieron los primeros dinosaurios (pequeños y bípedos), los primeros mamíferos y se diversificaron los reptiles marinos.
  - **Flora:** La flora cambia respecto al Carbonífero y Pérmico, está dominada por coníferas, cícadas y helechos. y aparecen también formas próximas a mamíferos. Es un periodo de transición muy importante entre dos mundos biológicos distintos.
- **Subdivisiones:** Se divide en Triásico Inferior, Medio y Superior.
- **Final del Periodo:** Concluyó con una extinción masiva (Triásico-Jurásico) que eliminó a gran parte de los reptiles mamiferoides, permitiendo el dominio de los dinosaurios en el siguiente periodo.



Lystrosaurus, reptil mamiferoide.



Coelophysis. Dinosaurio terópodo.

Este periodo marcó la recuperación biológica de la Tierra y sentó las bases para el predominio de los dinosaurios durante el resto de la Era Mesozoica.

→ puntos Importantes:

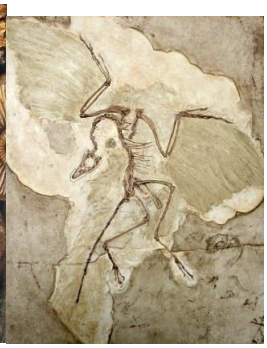
• El Mesozoico estuvo dominado por reptiles, especialmente dinosaurios y formas marinas.

• También aparecieron aves primitivas, mamíferos tempranos y se expandieron las angiospermas.

• El final del Cretácico marca una de las grandes extinciones de la historia.

⇒ JURÁSICO (208 – 144 MA)

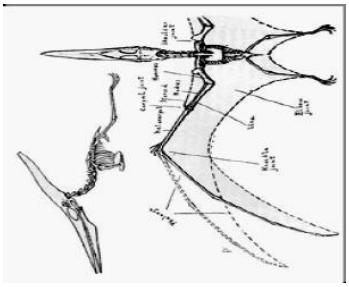


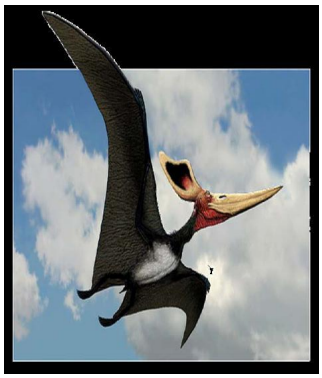


Durante el Jurásico los reptiles alcanzan un desarrollo enorme: dinosaurios terrestres, pterosaurios y reptiles marinos. También aparecen aves primitivas como *Archaeopteryx*, fundamentales para comprender el origen evolutivo de las aves.

La vegetación está dominada por gimnospermas y pteridófitas, aunque ya asoman las primeras angiospermas. El conjunto muestra ecosistemas muy diferentes de los actuales, pero ya muy complejos.

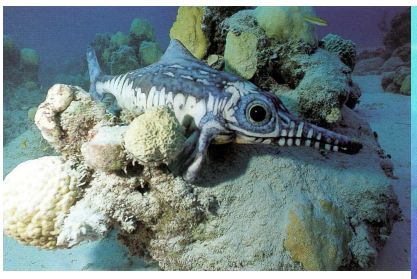
⇒ REPTILES VOLADORES

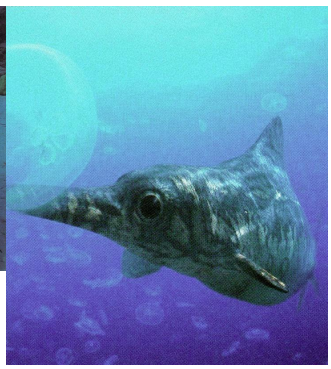




Esta diapositiva funciona como ejemplo visual del gran desarrollo de los reptiles durante el Jurásico. Las imágenes permiten distinguir formas adaptadas al vuelo, al medio marino o a la vida terrestre de gran tamaño.

Es importante fijarse en la diversidad funcional: no existía un único tipo de dinosaurio o reptil, sino una gran variedad de soluciones evolutivas para distintos ambientes.

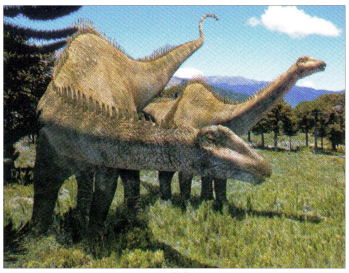




***OPHTHALMOSAURUS*, REPTIL MARINO DEL JURÁSICO (TOMADO DE HAINES, 1999)**

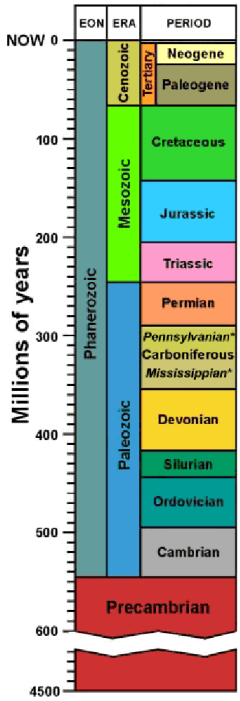


***MAMENCHISAURUS*, DINOSAURIO SAURÓPODO GIGANTESCO DEL JURÁSICO (TOMADA POR STANLEY, 1986)**



DIPLODOCUS EN UN BOSQUE DE ARAUCARIAS. (TOMADO POR HAINES, 1999)

⇒ CRETÁCICO (144 – 66,4 MA)



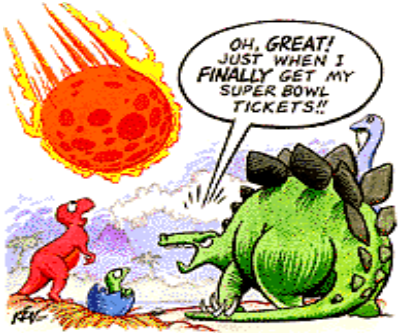
En el Cretácico se producen cambios importantes en clima, vegetación y fauna. Las angiospermas se expanden con rapidez y los ecosistemas comienzan a parecerse más a los modernos desde el punto de vista botánico.

Mientras tanto, siguen presentes dinosaurios, ammonites y otros grupos típicamente mesozoicos, hasta que el final del periodo queda marcado por una gran extinción masiva.



Megazostrodon **(Mesozoico), representante de la familia más primitiva de mamíferos, los morganucodóntidos**

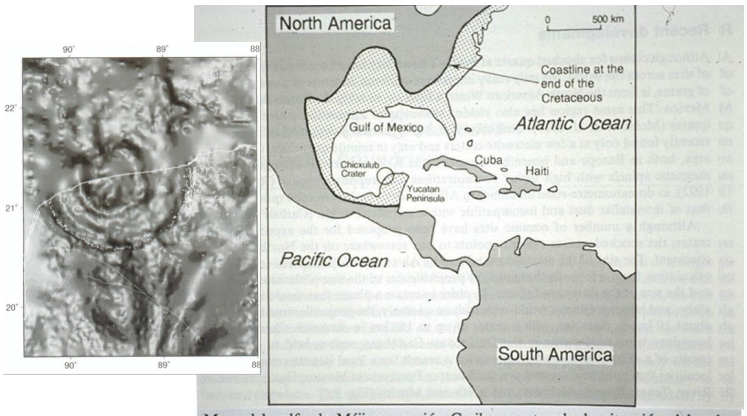
Esta diapositiva es esencialmente visual, alude al impacto asociado a la extinción del final del Cretácico, y es que se cree que un acontecimiento brusco fue el causante de alterar la vida a escala planetaria.



⇒ SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y PALEOGEOGRÁFICA DEL CRÁTER ENTERRADO DE CHICXULUB, EN YUCATÁN (MÉJICO)

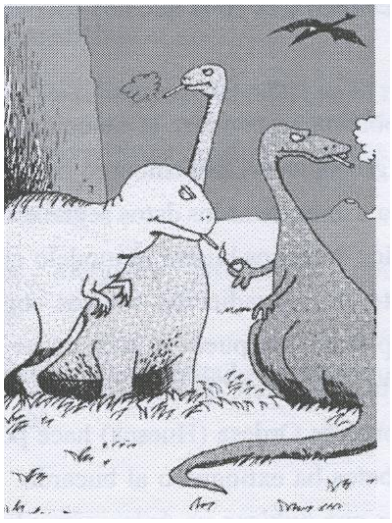
La diapositiva presenta el **cráter de Chicxulub**, una de las pruebas más sólidas de impacto meteorítico al final del Cretácico. Su tamaño y cronología lo convierten en pieza clave para explicar la gran extinción de ese momento.

La importancia del dato es enorme: vincula un evento geológico brusco con un cambio biológico global. No explica todo por sí solo, pero sí aporta una causa física muy poderosa.



Mapa del golfo de Méjico y región Caribe, mostrando la situación del cráter Chicxulub, en Yucatán, producido por un impacto meteorítico. En trazo grueso se representa la situación aproximada de la línea de costa a fines del Cretácico. (Tomado de HALLAM & WIGNALL, 1997).

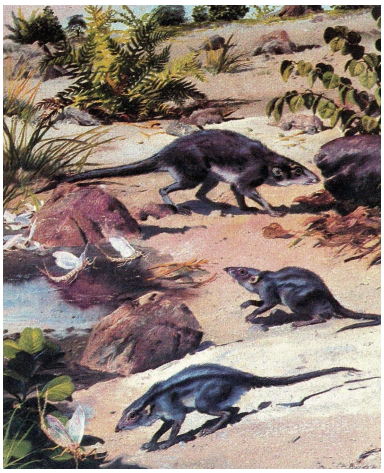
⇒ CAUSAS BIÓTICAS



En el Cretácico se producen cambios importantes en clima, vegetación y fauna. Las angiospermas se expanden con rapidez y los ecosistemas comienzan a parecerse más a los modernos desde el punto de vista botánico. Todo ello puedo tener varias causas.

1. **Causas bióticas:**
   - → **Problemas de Enfermedades**: traumáticas, alergias a las angiospermas, parásitos, epidemias como el SIDA, etc.
   - → **Problemas fisiológicos**: disminución del cerebro y perdida de capacidades, inadaptación a las condiciones ambientales, etc.
   - → **Senilidad racial.**
   - → **Interacciones bióticas**: competición con otros organismos: mamíferos, orugas, etc.; predación por parte de los carnívoros o proliferación de mamíferos comedores de huevos; cambios en las plantas, ej. aumento de bosques con pérdida de espacios para los dinosaurios; producción de individuos del mismo sexo por un cambio climático, etc.
2. **Causas físicas:**
   - → **Causas atmosféricas**: clima demasiado caluroso o demasiado frío, inundaciones, O2, CO2, etc.
   - → **Causas oceánicas y orográficas: r**egresiones / transgresiones marinas, desaparición de los hábitats pantanosos, apertura entre placas continentales con entrada de aguas frías.
3. **Otras causas:**
   - • Cambios en la rotación de la Tierra
   - • Destrucción de la capa de ozono
   - • Extraterrestres

⇒ MAMÍFEROS DEL CRETÁCICO SUPERIOR



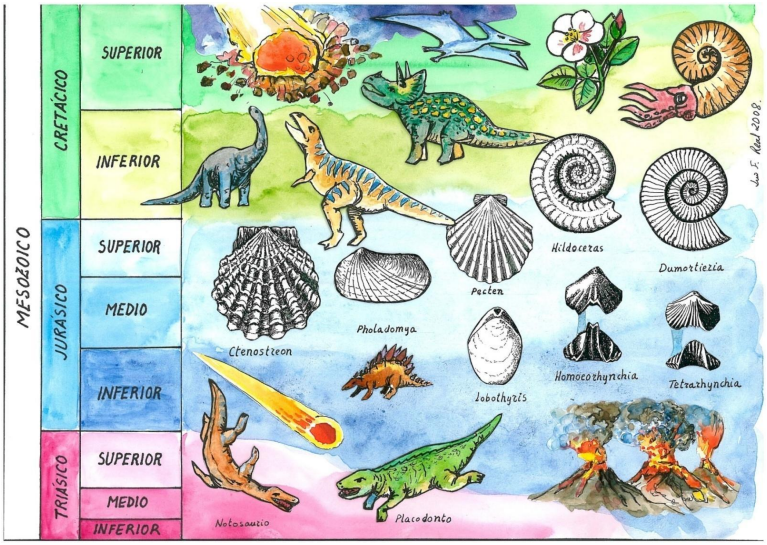
En el Cretácico ya existían mamíferos, aunque aún no dominaban los ecosistemas terrestres. Esto es importante porque muestra que los mamíferos no aparecen después de la extinción, sino que ya estaban presentes y se diversificaron tras desaparecer muchos competidores.

De este modo se entiende mejor por qué el Cenozoico será la era de la gran radiación de mamíferos y aves.

⇒ CRISIS BIOLÓGICAS DEL MESOZOICO

Aquí vemos las crisis biológicas del Mesozoico y sirve como pausa de conjunto. Reúne en una visión global las perturbaciones que marcaron el Triásico, Jurásico y, sobre todo, el final del Cretácico.

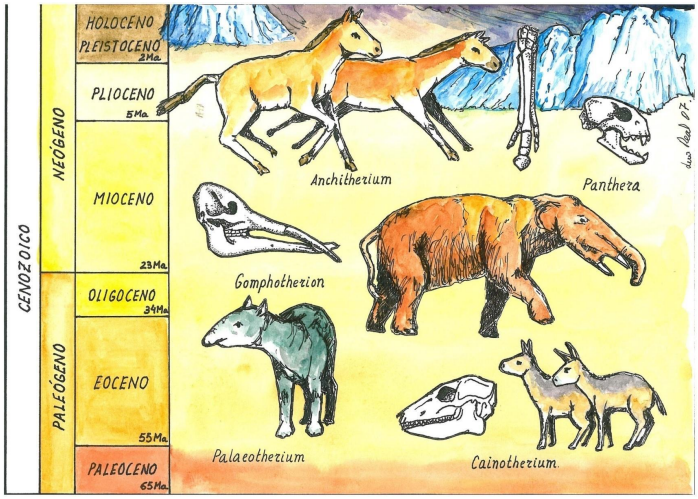
Su interés principal es mostrar que incluso una era aparentemente dominada por grupos exitosos estuvo atravesada por cambios bruscos y episodios de fuerte inestabilidad.



⇒ LA GRAN RADIACIÓN DE LOS MAMÍFEROS

La gran radiación de los mamíferos es una de las marcas del Cenozoico. Tras la desaparición de muchos grandes reptiles, los mamíferos ocuparon nichos ecológicos diversos y se expandieron en tamaño, formas de vida y estrategias alimentarias.

No fue un cambio instantáneo, sino un proceso evolutivo favorecido por nuevas condiciones ecológicas y climáticas. Esto explica la enorme diversidad de mamíferos posterior.



⇒ CENOZOICO (65 – 0 MA)

El Cenozoico se puede definir como la etapa de la "vida moderna" y explica sus grandes rasgos geológicos. Los continentes siguen moviéndose y colisionando (Orogenia Alpina), levantando cordilleras como Himalaya, Alpes, Andes o Pirineos, etc.

Abarca los siguientes periodos:

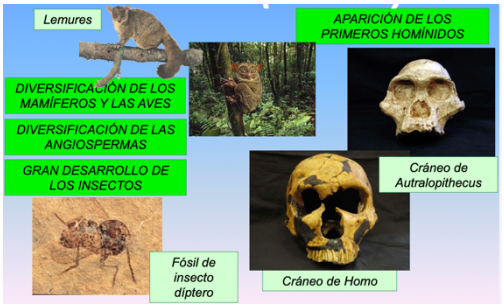
- Paleógeno (Paleoceno, Eoceno, Oligoceno).
- Neógeno (Mioceno, Plioceno)
- Cuaternario (Pleistoceno, Holoceno)

Características generales:

- El clima se recrudece. Este enfriamiento favorece la expansión de los *homeotermos* (mamíferos y aves).
- En el cuaternario se produce un enfriamiento más crudo. Cuatro glaciaciones importantes se producen en el Pleistoceno (Günz, Mindel, Riss y Würm). Estas transformaciones físicas condicionan de manera directa la evolución de flora y fauna.

Aquí se producen varias novedades: expansión de mamíferos y aves, gran éxito de los insectos, diversificación de angiospermas y aparición de los primeros homínidos.

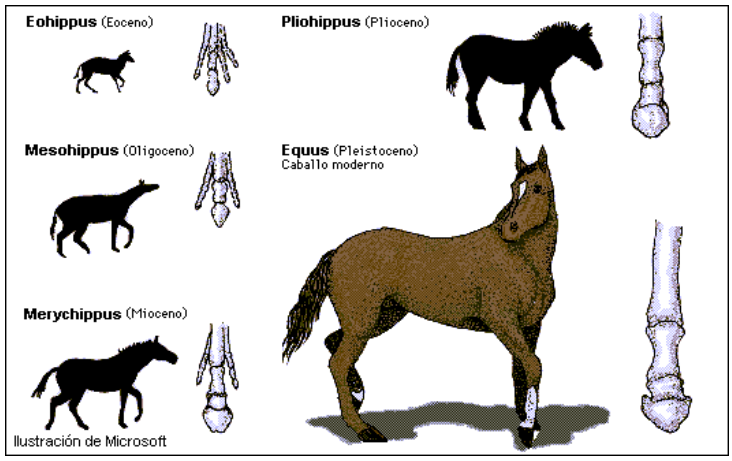
Esto es especialmente importante porque sitúa la evolución humana dentro de un marco más amplio. El ser humano no aparece aislado, sino como parte de una larga historia biológica y ecológica.



⇒ EVOLUCIÓN DE LOS CABALLOS

La evolución de los caballos es un ejemplo clásico para explicar cómo cambian las especies a lo largo del tiempo. Se observan modificaciones en pezuñas y en extremidades, tamaño y dentición relacionadas con cambios ambientales y con nuevas formas de desplazamiento y alimentación.

Este caso se usa mucho porque el registro fósil es relativamente bueno y permite visualizar la evolución no como salto brusco, sino como transformación acumulativa.



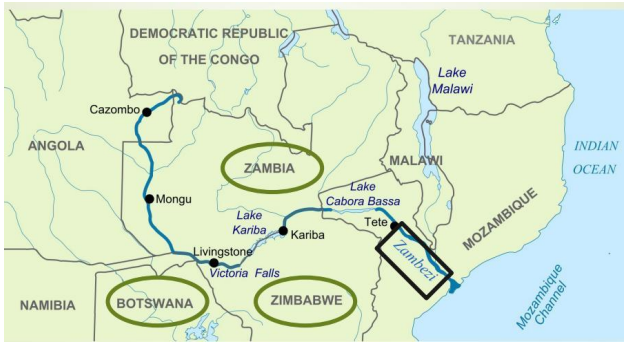
⇒ EVOLUCIÓN DE LA ESPECIE HUMANA

Este bloque introduce acerca de la evolución humana. Lo esencial aquí es comprender que la aparición de nuestra especie ocupa una parte muy pequeña del tiempo geológico total y que procede de una secuencia de formas anteriores dentro del linaje de los homínidos.



Toda esta evolución no solo trata de nombres de especies, sino de cambios en locomoción, cerebro, conducta, adaptación ambiental y expansión geográfica.

Durante todo este periodo del Cenozoico se consolidan mamíferos, aves, angiospermas e insectos modernos, mientras el clima y los continentes siguen cambiando.



Dentro de este marco aparece la evolución humana, que debe entenderse como una parte muy tardía de un proceso biológico mucho más amplio. Y la pregunta que se plantea acerca del origen humano apunta al problema geográfico de dónde surgieron los primeros homínidos y, más tarde, nuestra propia especie. El consenso principal sitúa ese origen en África, aunque el detalle exacto y las rutas de dispersión se han ido afinando con nuevos fósiles y estudios genéticos.

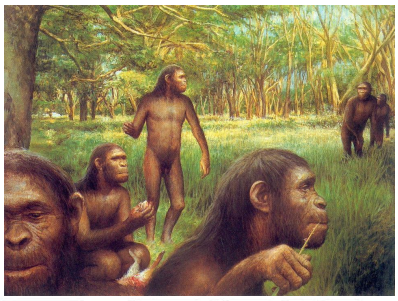


Esta cuestión es importante porque une paleontología, geología, clima y biogeografía. No basta con encontrar un fósil: hay que situarlo en su contexto ambiental y temporal.





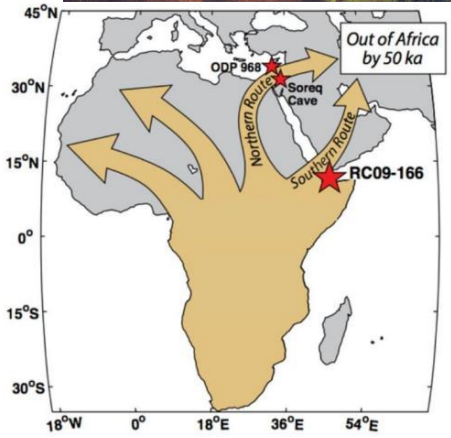
⇒ GRUPO FAMILIAR DE HOMO HABILIS, OBSERVADO POR UNA



En esta imagen que muestra *Homo habilis* junto a *australopitecinos* robustos, ayuda a entender que durante la evolución humana convivieron distintas formas emparentadas, no una simple línea recta sin ramificaciones.

Eso es clave para no imaginar la evolución como una escalera perfecta. Hubo coexistencia, competencia, especialización y extinciones dentro de nuestro propio linaje.

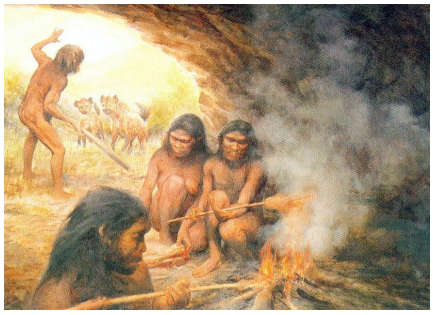
⇒ ÉXODO DEL CONTINENTE AFRICANO



Los cambios ambientales en África están relacionados con la dispersión humana fuera del continente. Sequías prolongadas y transformaciones del paisaje pudieron favorecer movimientos migratorios en busca de recursos y ambientes más favorables.

Esto recuerda que la evolución humana no depende solo de rasgos biológicos. También está profundamente conectada con clima, geografía y disponibilidad de recursos.

⇒ RECONSTRUCCIÓN DEL ASPECTO Y ACTIVIDADES DE HOMO



Homo erectus ocupa un lugar fundamental en esta evolución humana porque muestra un cuerpo más adaptado a la marcha prolongada, mayor expansión geográfica y comportamientos cada vez más complejos.

Suele considerarse una de las especies clave en la salida de África y en la consolidación de rasgos humanos más modernos en locomoción y organización vital.

⇒ HOMO SAPIENS NEARDENTHALENSIS



Esta imagen hace referencia a los neandertales, una forma humana muy bien adaptada a ciertos ambientes fríos del Pleistoceno. Durante mucho tiempo se les vio de manera simplificada, pero hoy se entiende que poseían conductas complejas y una gran capacidad de adaptación.

Su relación con *Homo sapiens* es uno de los temas más interesantes de la paleoantropología, porque incluye coexistencia, diferencias culturales y mezcla genética.

→ puntos Importantes:

- El Cenozoico es la era de la gran radiación de mamíferos y aves.
- El enfriamiento climático y los cambios continentales influyeron mucho en la evolución.
- La evolución humana es una parte muy reciente dentro de esta larga historia.

⇒ HISTORIA DE LA VIDA EN LA TIERRA

Estas diapositivas finales sirven como repaso general del tema. Reúnen, de forma muy condensada, las grandes etapas: formación del planeta, primeros microorganismos, oxigenación, vida pluricelular, explosión cámbrica, eras biológicas, extinciones y evolución humana.

Y tienen el aliciente de que fueron realizadas por el humorista gráfico **Antonio Fraguas, Forges (1942-2018).**


1 ENERO
¿HOP?
APARECE LA TIERRA HACE 5.000 MILLONES DE AÑOS


28 ABRIL
¿HOLA CHATOS?
FINALES DE ABRIL, 4.000 MILLONES DE AÑOS: NACEN LAS ALGAS AZULES, PRIMERA VIDA DEL PLANETA


27 OCTUBRE
AQUÍ UN AMBIENTE HOSTIL, AQUÍ UN GUSANO
BUENAAASSS
6 MESES DESPUÉS, EN EL FINAL DE OCTUBRE, LAS ALGAS AZULES TIENEN DE COMPAÑEROS A LOS GUSANOS


21 NOVIEMBRE
TA-TA GU-GU
HACE 600 MILLONES DE AÑOS YA HAY PECES, PERO SIN ESCAMAS, NI ESTÓMAGO, NI CASI CEREBRO; Y CON UNA SOLA ALETA DE HUESO E INMÓVIL


25 NOVIEMBRE
440 MILLONES DE AÑOS, PRIMER PEZ CASI COMO LOS ACTUALES, CON ALETAS MÓVILES Y ESCAMAS (AÚN MUY TONTOS)


3 DICIEMBRE
¿PASSA POR AHÍ?
¿EH?
CIELOS, NO HAY NADIE
PAVOROSO
350 MILLONES, UN PEZ ABURRIDO SE MONTA UNA EXÓTICA EXCURSIÓN: HAN NACIDO LOS ANFIBIOS


7 DICIEMBRE
YO TI UN RETIL
300 MILLONES DE AÑOS: LOS PECES YA SE OREAN POR TIERRA CANTIDAD: SON LOS REPTILES


15 DICIEMBRE
MI MAMÁ ME MIMA MIMO A MI MAMÁ
200 MILLONES DE AÑOS: MAMÍFEROS ELEMENTALES


25 DICIEMBRE
80 MILLONES DE AÑOS: PRIMEROS ANTROPOIDES


31 DICIEMBRE A LAS 16 HORAS
HOLA JACINTA
3.600.000 AÑOS: UN HOMBRE-MONO CAMINA ERGUIDO


31 DICIEMBRE A LAS 23 HORAS 47 MINUTOS
MENOS 1 DE HACIENDA = 3
100.000 AÑOS: YA HAY HOMBRES PRACTICAMENTE COMO NOSOTROS


31 DICIEMBRE A LAS 23 H 59 MINUTOS 57 SEGUNDOS
COLÓN SALE HACIA AMÉRICA
ADIÓS CON EL CORAZÓN, QUE CON EL ALMA NO PUEDOOO
YA EMPEZAMOS