



LA TIERRA EN EL UNIVERSO

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	3
1. EL SISTEMA SOLAR	3
1.2 Componentes del sistema solar.....	4
ASTROS.....	4
SOL.....	4
ESTRELLAS.....	4
PLANETAS	5
PLANETAS ENANOS.....	7
SATÉLITES	9
ASTEROIDES	9
METEOROIDES	9
COMETA.....	10
2. EL ORIGEN DEL UNIVERSO	11
Formación del sistema solar	11
Formación de la Tierra	11
2.º BLOQUE.....	14
CÓMO SURGIÓ LA VIDA EN LA TIERRA	14
3. El origen de la vida en la Tierra	16
3.1. Hipótesis del inicio de la vida	16
3.2. Características que hacen posible la vida en la Tierra	17
4. EL TIEMPO GEOLÓGICO.....	19
FÓSILES	19
4.1. Fósiles	19
4.2. La datación de los fósiles.....	21
Datación absoluta	22
Datación relativa	22
4.3. Los fósiles guía.....	23
4.4. Criterios de polaridad. El paleomagnetismo de la Tierra	24
4.5. Teorías geológicas	25
CATASTROFISMO Y UNIFORMISMO.....	26
Las primeras hipótesis no fijistas	26
4.6. Las eras de la Tierra	26
5. EL CALENDARIO DE LA HISTORIA DE LA TIERRA.....	28
5.1. Las divisiones del calendario de la Tierra	28
Los eones.....	28

Las eras	29
Los períodos	29
5.2. El precámbrico (“eón” que comprende 3 eones)	31
5.3. La era paleozoica (eón fanerozoico).....	33
5.4. La era mesozoica.....	34

INTRODUCCIÓN

Desde siempre el ser humano ha intentado encontrar la respuesta a sus preguntas:

¿Qué son los puntos brillantes que se ven en el cielo durante la noche? ¿Todos los astros son iguales? ¿La Tierra ha sido siempre igual? ¿Los seres vivos actuales son los mismos que ha existido siempre? ¿Somos los únicos seres vivos y pensantes del universo?

Generaciones de científicos y científicas han dedicado horas y esfuerzos a resolver los interrogantes, así como a plantearse otros nuevos.

1. EL SISTEMA SOLAR

La distancia desde donde estamos los humanos hasta los confines del universo es de millones de kilómetros. Hacemos zum desde la Tierra hasta el universo y descubriremos los diversos conceptos que encontramos.

Tierra	
Un planeta es un cuerpo celeste sin luz propia que tiene forma esférica y gira alrededor de una estrella.	La Tierra, el planeta donde vivimos, es el tercero más próximo al Sol y el único de todo el sistema solar donde se ha encontrado vida.
Sistema solar	
Un sistema planetario es un conjunto formado por una estrella central o más y el conjunto de astros que giran a su alrededor.	El sistema solar es el sistema planetario dentro del cual se encuentra la Tierra. Está formado por una estrella central, el Sol, y ocho planetas.
Vía Láctea	

Las galaxias son agrupaciones de diversos astros, gas y polvo cósmico que se mueven juntos por el espacio.	Vía Láctea es el nombre que recibe la galaxia donde se encuentra el sistema solar. Es una galaxia en forma de espiral y consta de unos 100 000 millones de estrellas. El sistema solar se encuentra en uno de los brazos de esta espiral.
Universo	
Denominamos universo al conjunto de toda la materia y energía que existe, además del espacio que hay entre esa materia.	A grandes rasgos, el universo está formado por el conjunto de galaxias, nebulosas, polvo y gas cósmico, el espacio que hay entre ellos y la energía y el tiempo.

1.2 Componentes del sistema solar

ASTROS

¿Qué es un astro?

Un astro es cualquier cuerpo celeste observable.

En el sistema solar hay astros de diversos tipos, según sus características: Una estrella (el Sol), estrellas y planetas, planetas enanos, satélites, asteroides, cometas y meteoroides.

SOL

¿Qué es una estrella?

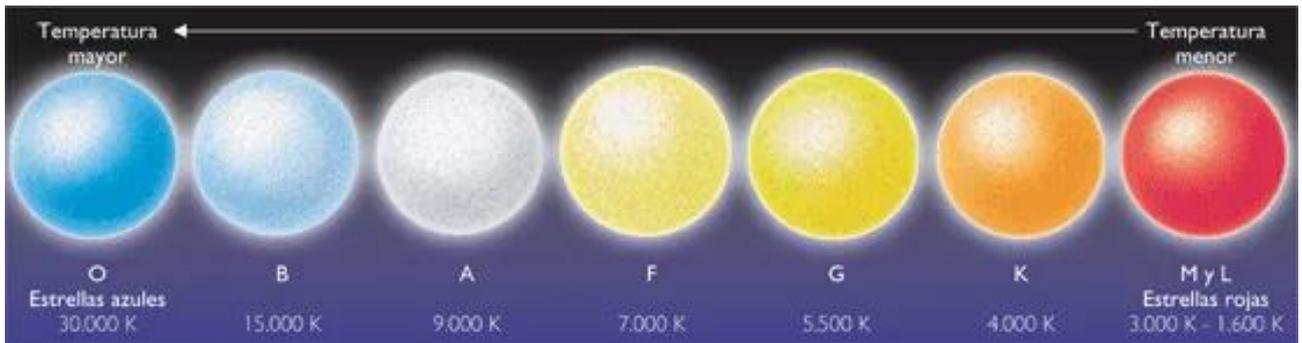
Una estrella es un astro que brilla porque genera luz propia.

El Sol es la única estrella del sistema solar. Hoy está formado por 3/4 partes de hidrógeno, aproximadamente, casi 1/4 parte de helio y, en menor medida, otros átomos. En el interior de las estrellas se producen reacciones de fusión de los átomos de hidrógeno para generar helio. En el proceso se emiten partículas y energía, una parte de la cual llega a nosotros en forma de luz y calor. A medida que pasa el tiempo y el hidrógeno se va fusionando y por lo tanto consumiendo, la vida de la estrella se acorta.

Las estrellas se pueden clasificar según el color, la medida y el brillo.

ESTRELLAS

El color. Depende de la temperatura superficial y oscila entre los 3000 °C y los 100000 °C.



La medida

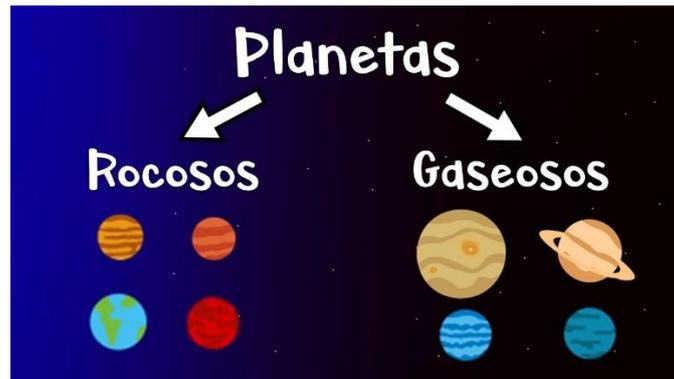
La medida varía enormemente, desde las supergigantes (hasta mil veces más grandes que el Sol) hasta las enanas (más pequeñas que la Tierra)



El brillo. Varía en función de la energía que desprenden por unidad de tiempo. Cuanto más brillan, más rápidamente gastan la energía, de manera que duran menos tiempo. Las estrellas gigantes brillan mucho y duran menos que las enanas, que son menos luminosas.

PLANETAS

Hay ocho planetas en el sistema solar y todos realizan movimientos de rotación sobre sí mismos y de traslación alrededor del Sol. Según su distancia del Sol, distinguimos:



Planetas interiores o rocosos.

Son los más cercanos al Sol. Por orden de proximidad encontramos a Mercurio, Venus, la Tierra y Marte.

En comparación con los planetas exteriores:

- Son más pequeños y densos.
- Tienen la superficie rocosa.
- Tienen periodos de rotación lentos.
- Tienen periodos de traslación rápidos.

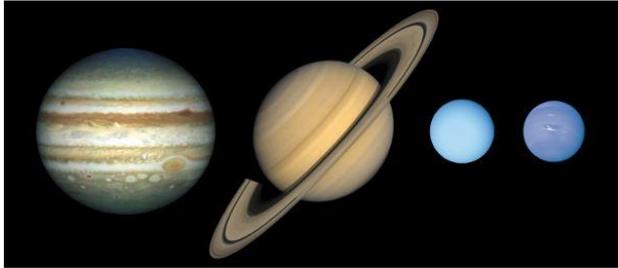


Planetas exteriores o gaseosos.

Son los más alejados del Sol. Por orden de proximidad encontramos a Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno.

En comparación con los planetas interiores:

- Son más grandes y menos densos.
- Núcleo rocoso rodeado de materia líquida o gaseosa.
- Tienen periodos de rotación rápidos.
- Tienen periodos de traslación lentos.



PLANETAS ENANOS

Los planetas enanos son astros opacos y esféricos que no tienen la fuerza suficiente para atraer a cuerpos situados en su órbita.

Hoy, en el sistema solar conocemos cinco planetas enanos:

Ceres

Plutón

Eris

Makemake

Haumea

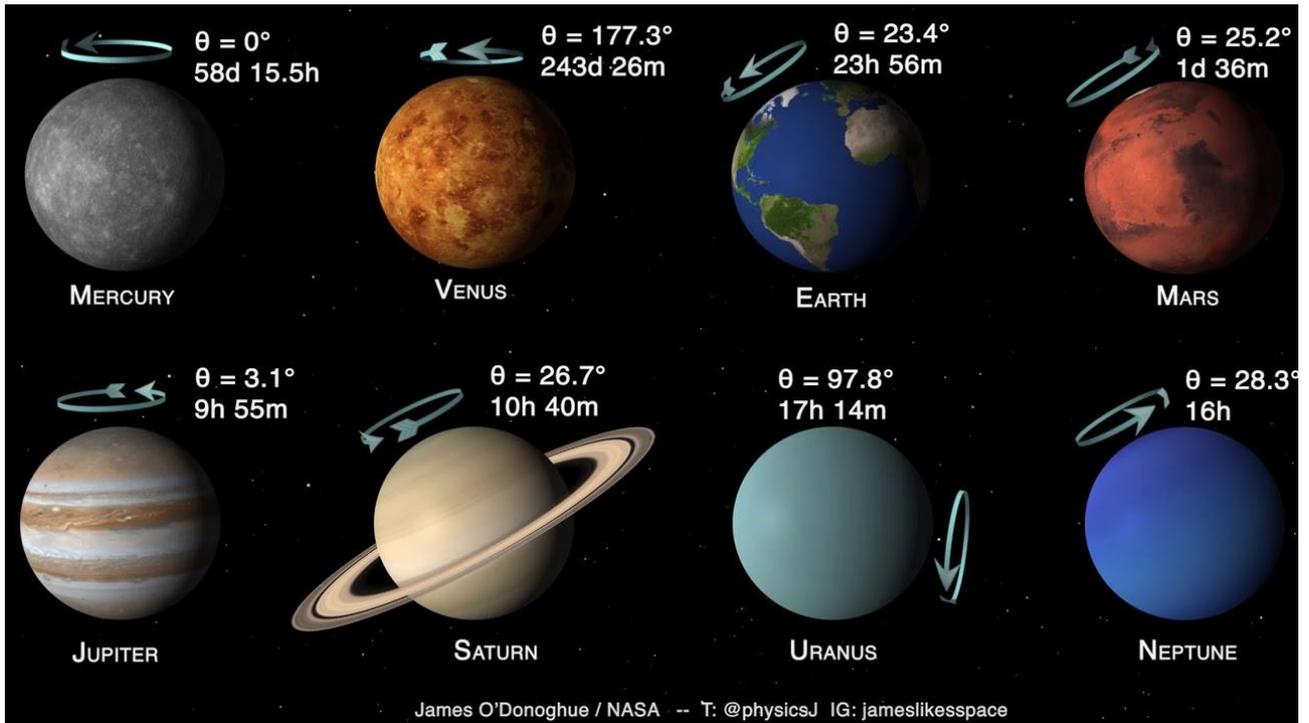


TRASLACIÓN DE LOS PLANETAS

Planeta	Tiempo de traslación
Mercurio	88 días
Venus	224 días
Tierra	365,25 días o 1 año
Marte	687 días o 1,88 años
Júpiter	4,307 días o 11,8 años
Saturno	10,585 días o 29 años
Urano	30,660 días o 84 años
Neptuno	60,225 días o 165 años



Velocidad de rotación – Inclinación del eje de giro – Sentido de giro:



Eje de rotación de la Tierra

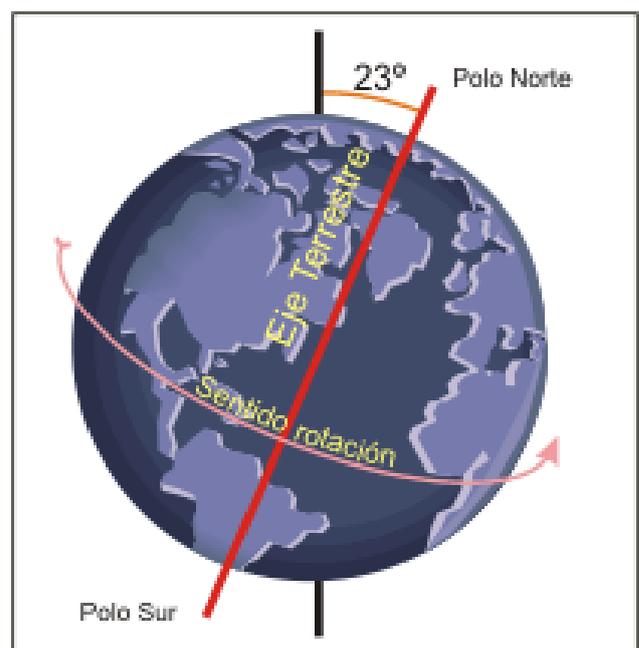
El eje de giro de la Tierra puede variar por diferentes motivos. Se ha demostrado que un terremoto ocurrido en Japón en 2011 provocó que el eje variase:

<https://www.elperiodico.com/es/internacional/20110316/nasa-confirma-terremoto-japon-movio-942817>

La NASA confirma que el terremoto de Japón movió el eje de la Tierra y acortó el día.

El terremoto de 9 grados de magnitud en la escala de Richter que asoló Japón el pasado 11 de marzo habría cambiado el eje de la Tierra y acortado los días, según científicos de la NASA. Los cálculos indican que al cambiar la distribución de la masa de la Tierra, el terremoto de Japón debe haber causado que la Tierra gire un poco más rápido, acortando la duración de un día cerca de 1,8 microsegundos (un microsegundo es la millonésima de segundo).

Los cálculos indican que el seísmo de Japón debería haber cambiado la posición del eje de la Tierra (alrededor del cual se equilibra la masa de nuestro planeta) cerca de 17 centímetros, en dirección 133 grados de longitud este.



SATÉLITES

Un satélite es un astro opaco, generalmente esférico, que gira alrededor de un planeta o de un planeta enano.

Todos los planetas del sistema solar tienen satélites, excepto Mercurio y Venus (los más pequeños).



ASTEROIDES



Un asteroide es un astro opaco que gira alrededor del Sol y es más pequeño que un planeta enano.

La mayoría se encuentran en el llamado cinturón de asteroides, entre las órbitas de Marte y Júpiter. Son de naturaleza rocosa o metálica.

METEOROIDES

Un meteoroide es una partícula rocosa más pequeña que un asteroide que gira alrededor del Sol.

Proviene de restos de asteroides o cometas. Si se desvían de su órbita y atraviesan la atmósfera de un planeta, a causa del calentamiento que experimentan, dejan un rastro de vapor denominado estrella fugaz o meteoro. Si al atravesar la atmósfera no se desintegran y llegan a la superficie planetaria, reciben el nombre de meteorito.



¿QUÉ ES UN METEORITO?

¿SABES CÓMO SE LLAMA EL METEORITO QUE PROVOCÓ LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS?

Meteorito K/T

El **impacto K/T** (del alemán: *Kreide/Tertiär*) es la hipótesis de un evento ligado a la extinción acaecido por el choque de una roca extraterrestre contra la Tierra hace aproximadamente 66 millones de años. La colisión se habría producido cuando un asteroide o cometa de unos diez kilómetros de largo, atravesó la atmósfera e impactó a 75 000 km/h, frente a las actuales costas del estado de Yucatán en México.

Se cree que el impacto causó seis efectos directos sobre la vida en la Tierra: un cráter de unos 180 km de diámetro (el cráter de Chicxulub), cambios en la corteza terrestre y también en el clima, con un calentamiento inicial y un enfriamiento posterior. Todo ello provocó o contribuyó a provocar el evento denominado extinción masiva del Cretácico-Paleógeno, con la desaparición del 75 % de las especies existentes, incluyendo el fin de los dinosaurios como el escalón más alto de la cadena alimenticia y la posterior ocupación de dicho lugar por los mamíferos, quedando un único grupo de dinosaurios supervivientes, que son las aves.

Todos estos cambios quedaron documentados en el registro geológico, a partir del denominado límite K/T, y supusieron un cambio de era geológica: el fin del Mesozoico y el inicio del Cenozoico.

COMETA

Un cometa es un astro opaco formado por hielo, polvo y rocas que gira alrededor del Sol en órbitas muy alargadas.

Las colas que se observan en los cometas son fruto de la sublimación del hielo, que se produce cuando el cometa se acerca al Sol.

Sublimación: Paso de forma directa del estado sólido al de vapor



2. EL ORIGEN DEL UNIVERSO

La **teoría del Big Bang** es la teoría más aceptada para explicar el origen y la evolución del universo. Se cree que el universo empezó hace unos 13800 millones de años como un punto infinitamente pequeño y denso con una temperatura extremadamente alta. Después de la “gran explosión”, el universo empezó a expandirse y a enfriarse, lo que dio lugar a la formación de las primeras galaxias y estrellas. Esta teoría fue propuesta en el siglo XX.

Formación del sistema solar

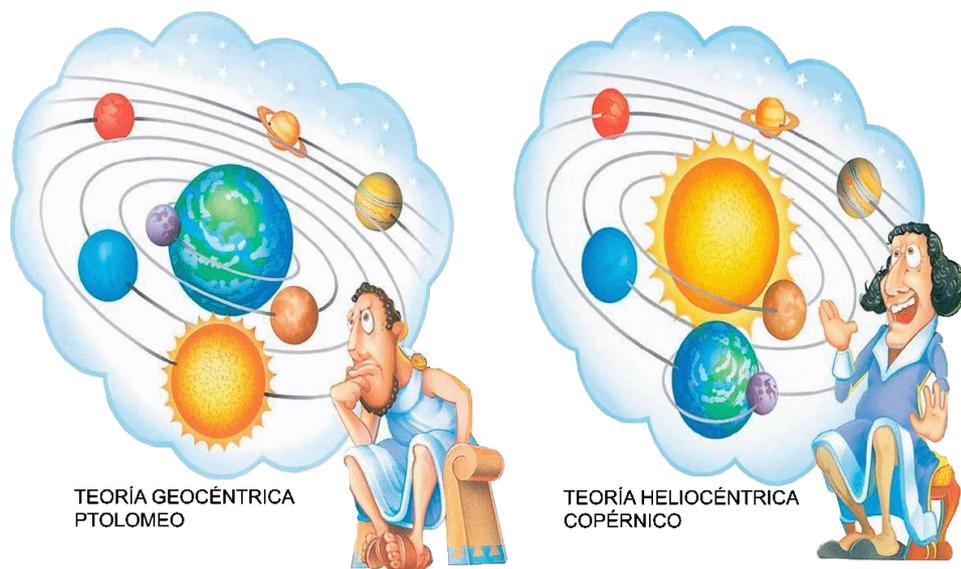
La teoría más admitida para explicar el origen del sistema solar recibe el nombre de teoría nebular o de la acreción planetesimal. Según esta, el sistema solar se formó hace unos 4600 millones de años (Ma) a partir de una nebulosa, resultando del colapso de una supernova, una gran explosión estelar.

Una nebulosa es una formación de gas y polvo cósmico. Se cree que es el lugar donde nacen y mueren las estrellas, ya que, por un lado, los gases y las partículas que hay pueden provenir de restos de estrellas ya extinguidas, y, por otro, la condensación de estos elementos puede provocar el nacimiento de estas.

Sabias que...

Hasta el siglo XVI se creía que la Tierra era el centro del universo (teoría geocéntrica). A partir de entonces, Nicolás Copérnico cambió la mirada y propuso que el centro del universo era el Sol (teoría heliocéntrica).

Actualmente, las dos teorías están refutadas.



Formación de la Tierra

Según la teoría del gran impacto, en uno de los anillos alrededor del Sol, donde estaban compactando las partículas, se formaron dos masas rocosas. Una de estas masas, la que se acabó convirtiendo en

la Tierra, era inicialmente una gran bola de magma con una temperatura superficial de unos 2200 °C y una atmósfera de CO₂, N₂ y vapor de agua. La otra era un segundo planeta que se ha denominado Theia, y tenía la medida de Marte.

Hace unos 4530 Ma, las dos masas rocosas chocaron y gran parte de los materiales de Theia y de la Tierra quedaron unidos. Una parte importante se desprendió y, junto con otras partículas, quedó retenida en el campo gravitatorio terrestre, formando un anillo alrededor de la Tierra. Poco a poco se fueron compactando y generaron un cuerpo de forma esférica que, al enfriarse, originó la Luna.

ACTIVIDADES
01. Indica alguna hipótesis para explicar por qué el sentido de giro de rotación de Venus es contrario al del resto de planetas, y explícala brevemente.
02. Explica las diferencias entre meteoro, meteorito y cometa.
03. ¿por qué se dice que tanto la teoría geocéntrica de Ptolomeo como la heliocéntrica de Copérnico están refutadas? ¿Podrías dar una teoría más actual que se corresponda con la realidad, con los conocimientos actuales sobre el Universo?

Formación de la Tierra (continuación)

Las masas de magma de Theia y la Tierra se fueron enfriando y los materiales se fueron ordenando según su densidad. Primero los más densos, en el centro, formando el núcleo (níquel y hierro), después los de densidad media, formando el manto (silicatos de hierro y magnesio), y los menos densos, la corteza (silicato de calcio y sodio).

Otra consecuencia del choque fue que el eje de rotación de la Tierra pasó a formar un ángulo de 23°27' respecto al eje perpendicular del Sol (perpendicular a la eclíptica).

Hace unos 3800 Ma, la Tierra sufrió una gran lluvia de meteoritos, que aportaron mucha agua, materiales pesantes y compuestos orgánicos. Todo junto permitió la formación de una corteza de rocas basálticas y, sobre esta, los primeros océanos.

APLICA
La producción de los elementos pesantes, como el oro, el plomo, la plata o el platino, requiere de tantísima energía que es imposible que se hayan podido formar en la Tierra.
A) ¿Dónde crees que se debieron formar estos elementos?
B) Explica cómo llegaron hasta la Tierra.
C) Argumenta en qué capa de la Tierra deben de ser más abundantes.

¿Hasta dónde nos permitirá llegar el James Webb?

Se calcula que la tecnología incorporada en el telescopio James Webb (JWST) permitirá ver hasta 13 000 millones de años luz. Por eso, se considera que el telescopio permite ver las primeras estrellas y galaxias formadas después del Big Bang. La astrofísica americana Jane Rigby es una de las científicas que trabaja captando imágenes con el JWST. Quiere entender la evolución de las galaxias a lo largo del tiempo.

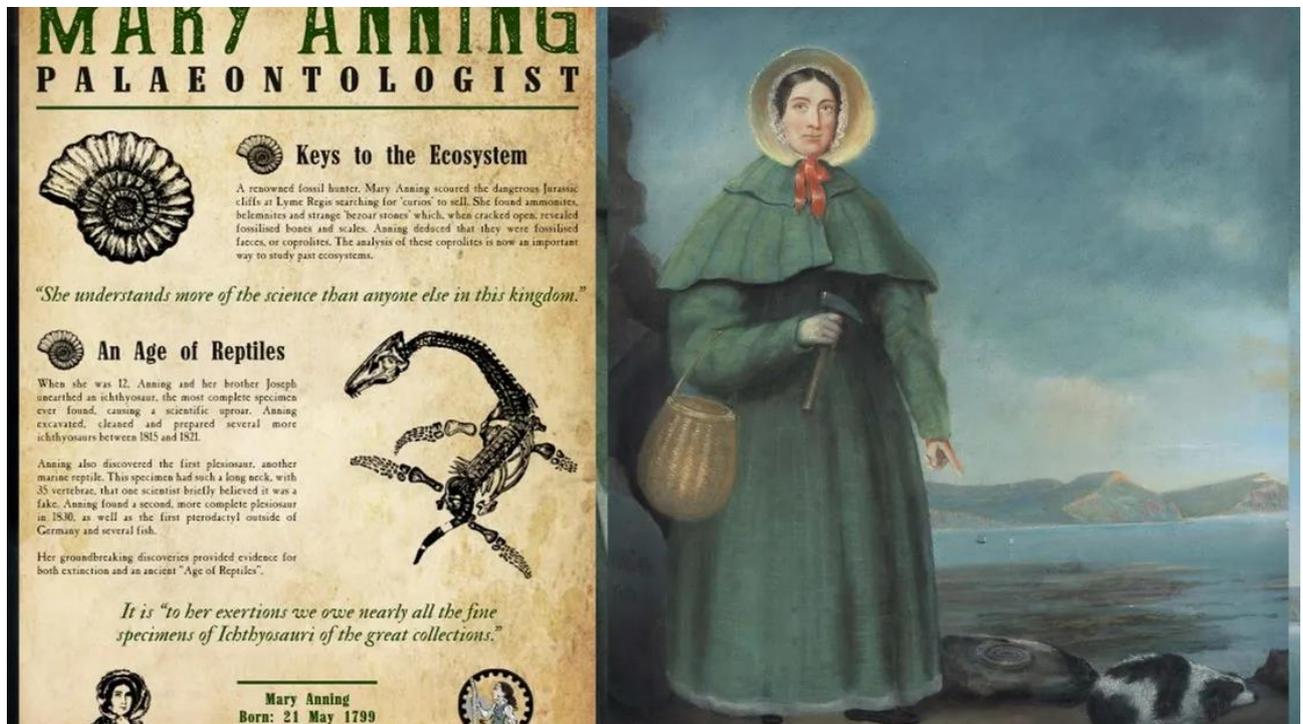
A) ¿Piensas que el JWST puede ayudar a Jane Rigby a hacer nuevos descubrimientos en su campo de estudio? ¿Por qué?

B) ¿Qué información dirías que nos puede proporcionar ver galaxias más antiguas que la nuestra? ¿Y más modernas?

C) **Resolución de problemas.** ¿Crees que este telescopio permitirá hacer algún descubrimiento que cambiará la teoría del origen del universo, el sistema solar o la formación de la Tierra? Escribe una hipótesis.

2.º BLOQUE

CÓMO SURGIÓ LA VIDA EN LA TIERRA



¿Siempre han existido los mismos seres vivos?

Durante mucho tiempo se creía que sí, que los seres vivos que había en la Tierra estaban allí desde siempre. Pero algunos hallazgos fósiles, como los de la paleontóloga Mary Anning (1799-1847), pusieron en evidencia que antiguamente en la Tierra habían existido seres vivos que, posteriormente, dejaron de existir. Entonces ¿cómo podemos saber cuál fue el primer ser vivo?

ÍTEM 1

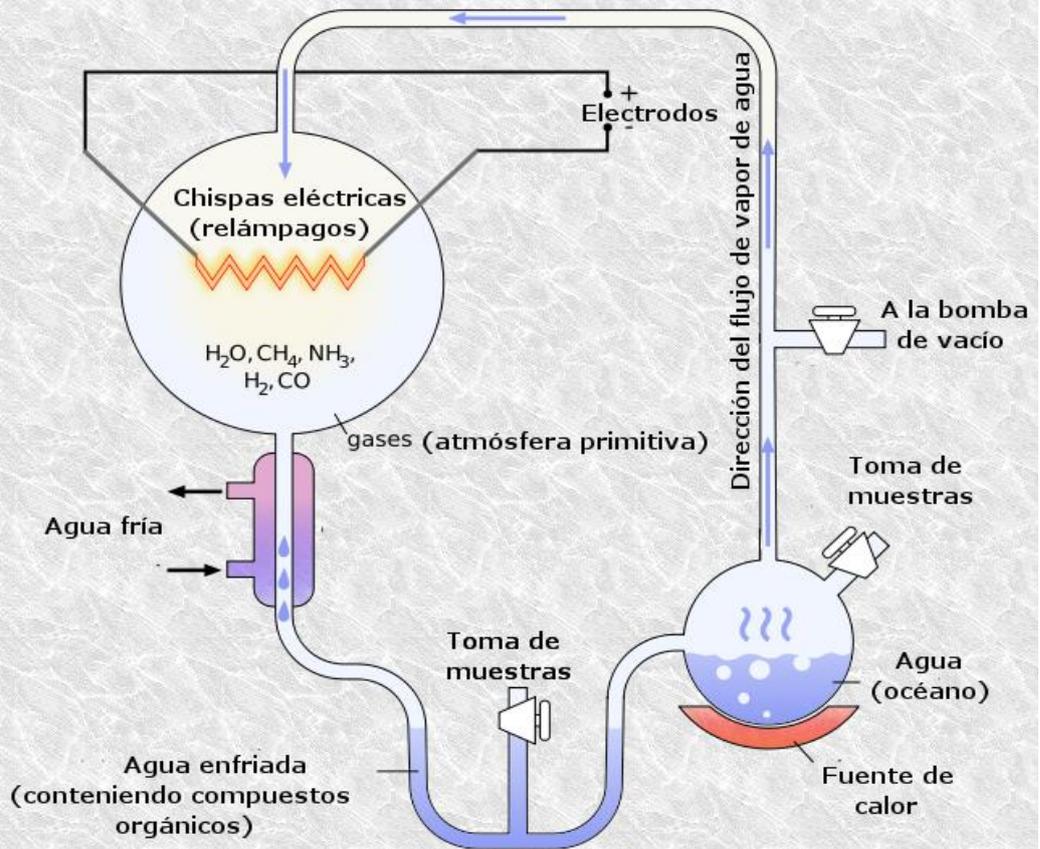
Kate Winslet es Mary Anning, la madre de la paleontología

La película 'Ammonite', estrenada en el Festival de Toronto, reivindica la figura de esta pionera y le crea una historia personal que ha levantado (una innecesaria) polémica.

El director **Francis Lee** (*Tierra de dios*) estaba buscando un regalo para su novio, quería un fósil, una piedra antigua que tanto le gustaban. Y cuanto más buscaba, más se iba cruzando con **el nombre de Mary Anning**. Empezó a investigar sobre ella y descubrió la increíble historia de una mujer de clase obrera que **totalmente sola dio los primeros pasos en la ciencia de la paleontología**. Ninguneada en su época, en el siglo XIX, a pesar de empezar a excavar y **descubrir impresionantes fósiles con solo 12 años**, ha sido en las últimas décadas en las que esta mujer ha recibido los honores debidos. **Hoy la llaman la madre de la paleontología**. En el **Museo de Historia Natural de Londres** están expuestos algunos de los esqueletos más impresionantes que encontró, como el del **ictiosaurio, el plesiosaurio o el pterosaurio**. Todos seres cuyo origen se rastrea hasta el Jurásico, hace más de 100 millones de años. Y su casa familiar en su pueblo **Lyme Regis** es ahora un museo dedicado a su figura y hallazgos.

¿Cómo se formó la materia orgánica y el primer ser vivo?

Experimento de Miller y Urey



Observa.

En el ítem 1 se menciona a una importante paleontóloga que sufrió discriminación por ser mujer.

A) Busca en internet los principales hallazgos fósiles que descubrió Mary Anning.

B) El ítem acaba sin explicar cómo se originó la vida en la Tierra. Documentate sobre cómo piensas que se originó la vida en la Tierra y escribe una hipótesis.

Concluye.

Miller y Urey demostraron las hipótesis de Oparin y Haldane.

A) Con ayuda del vídeo, explica cómo consiguieron demostrar que las moléculas orgánicas se pueden formar a partir de compuestos inorgánicos.

B) **Resolución de problemas.** Las moléculas orgánicas, sin embargo, aún no constituyen la vida. ¿Cómo dirías que se pudo formar la primera célula a partir de moléculas orgánicas? Redacta una hipótesis.

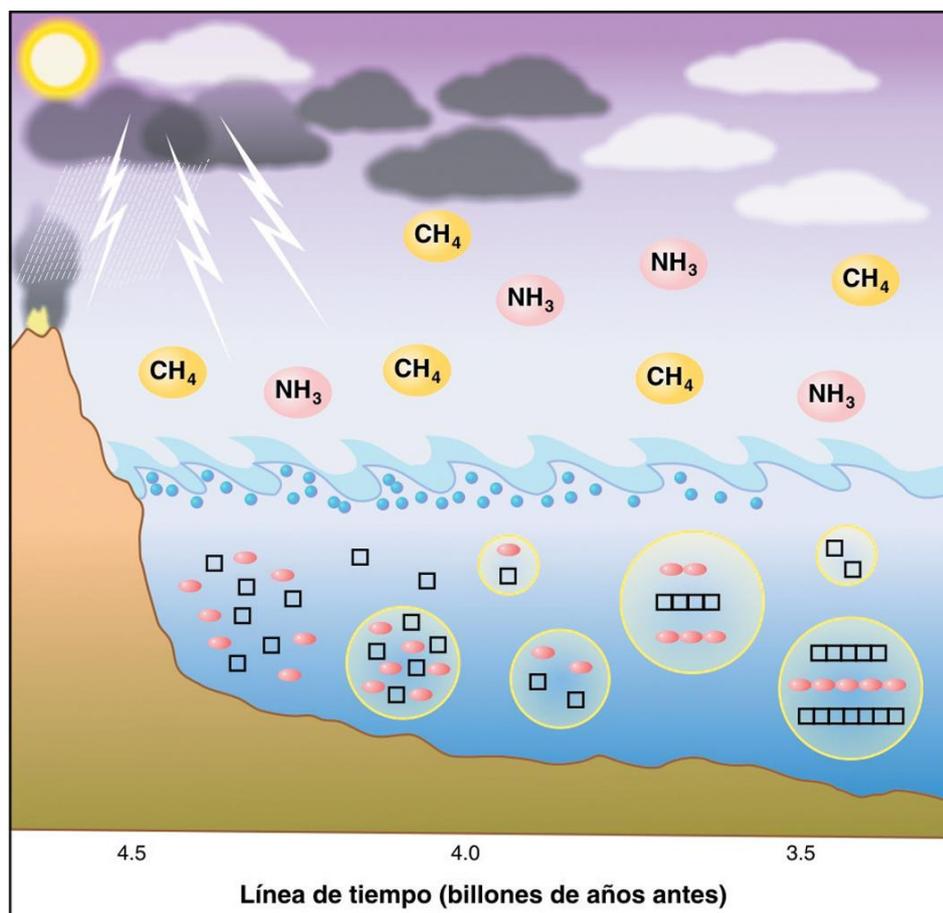
C) Hasta el momento hemos visto una de las hipótesis sobre el origen de la vida. Busca información sobre otra de las teorías: la teoría de la panspermia. ¿Qué diferencias observas?

3. El origen de la vida en la Tierra

3.1. Hipótesis del inicio de la vida

Gran parte de la comunidad científica propone que, en una Tierra primitiva, de condiciones muy diferentes a las actuales, se habrían originado los primeros compuestos orgánicos y, a partir de estos, los primeros seres vivos. Es lo que se denomina evolución química de la vida, que se produjo gracias a las siguientes cuatro condiciones:

1. Disponibilidad de agua y compuestos químicos simples.
2. Ausencia de oxígeno libre. Habría oxidado los primeros compuestos orgánicos.
3. Presencia de una fuente de energía. Podrían ser tormentas, actividad volcánica, fuentes hidrotermales, etc.
4. Transcurso de millones de años. Se cree que pasaron unos 900 Ma desde la formación de la Tierra hasta el origen de la vida.



Hay quien cree que las primeras moléculas orgánicas se formaron en la superficie del mar, y formaron un mar de caldo orgánico (**hipótesis del caldo prebiótico**).

Otros piensan que se originó en chimeneas hidrotermales de los fondos oceánicos (**hipótesis de las fuentes hidrotermales**).

Los partidarios de la primera hipótesis defienden que las primeras células fueron procariotas, heterótrofas y anaerobias, y los de la segunda hipótesis, que fueron procariotas, autótrofas y anaerobias.

Después habrían aparecido los procariotas autótrofos fotosintéticos, que habrían generado el oxígeno atmosférico y favorecido el desarrollo de los organismos aerobios.

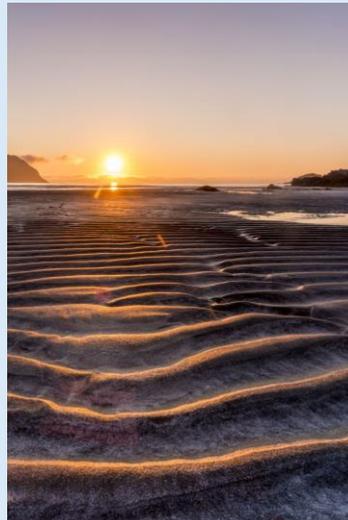
3.2. Características que hacen posible la vida en la Tierra

La Tierra es el único planeta donde se ha encontrado vida.

Para que exista vida, tal y como la conocemos, es indispensable la presencia de agua en estado líquido; no hay ningún organismo vivo conocido que pueda sobrevivir sin agua en estado líquido, y todos ellos, en mayor o menor medida, están compuestos de agua líquida. La gran diferencia con el resto de los planetas del sistema solar es que en la Tierra hay agua en estado líquido de manera estable. Esto es una consecuencia de diversos factores:

a) Una distancia adecuada respecto al sol.

La temperatura de la Tierra permite que haya agua en los tres estados (sólido, líquido y gaseoso). Si estuviese más cerca del Sol, la temperatura sería demasiado alta y el agua se evaporaría. Si estuviese más lejos del Sol, el agua se congelaría.



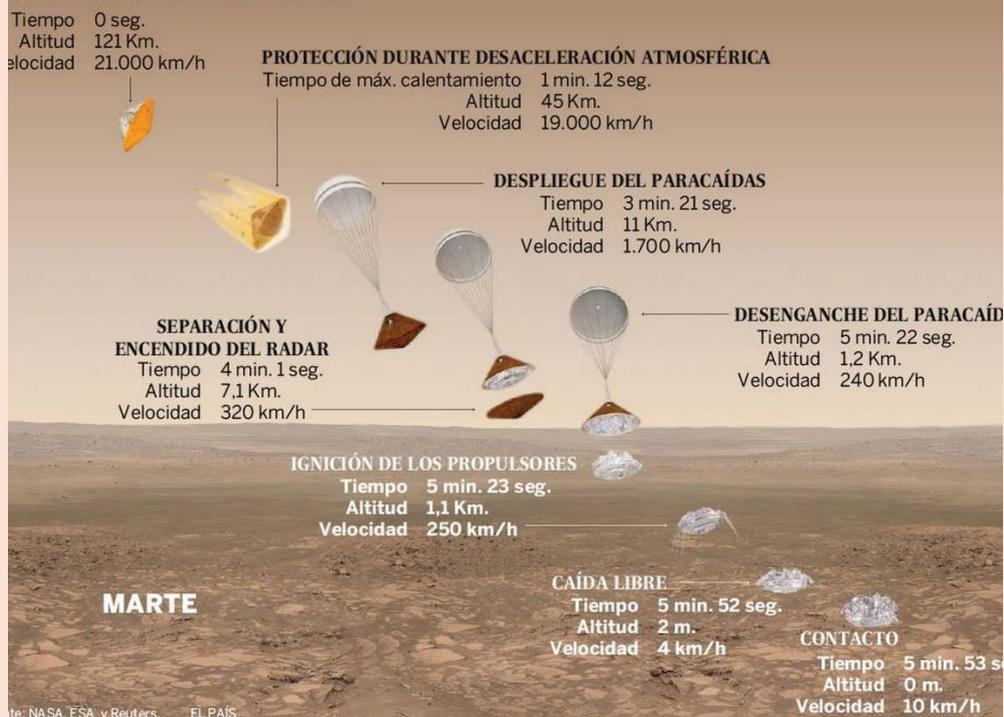
b) Una medida adecuada

Es suficientemente grande para que su fuerza de gravedad atraiga y retenga los gases y no se escapen al espacio. Esto le permite tener una atmósfera gaseosa estable, compuesta de dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y vapor de agua, entre otros. Estos gases favorecen la vida de diferentes formas. Por ejemplo: El dióxido de carbono es el nutriente principal de las plantas. Además, causa un efecto invernadero natural, es decir, retiene parte del calor y evita los cambios bruscos de temperatura. Esto permite que la temperatura media del planeta sea de 15°C. El oxígeno es utilizado por la mayoría de los seres vivos para respirar y, así, obtener energía. Aparte de esto, cuando se combinan tres átomos de oxígeno se forma el ozono. Este compuesto forma la capa de ozono, que filtra las radiaciones ultravioleta del Sol, muy perjudiciales para los seres vivos.



CIENCIAS EN CONTEXTO

PERSEVERANCE ENTRA EN LA ATMÓSFERA



¿Alguna vez ha existido vida en Marte?

En febrero de 2021, el robot Perseverance aterrizó en Marte. Desde entonces se dedica a encapsular muestras del terreno por donde pasa. Se prevé que en la década de 2030 otro robot viaje a Marte para recoger estas muestras y llevarlas a la Tierra para analizarlas y comprobar si ha habido alguna vez vida en Marte.

- a) ¿Por qué crees que las muestras de Marte que se están recogiendo son justamente de zonas donde se sabe que existió agua?
- b) Si encontrásemos restos de moléculas orgánicas simples, ¿podríamos decir que es una prueba concluyente de que ha existido vida en Marte? ¿Por qué?

4. EL TIEMPO GEOLÓGICO

FÓSILES

¿QUÉ SON LOS FÓSILES?

¿PUEDE HABER FÓSILES DE CUALQUIER SER VIVO?

Los fósiles son restos de organismos, o indicios de su actividad, que vivieron en épocas geológicas pasadas y que encontramos en las rocas. La ciencia que los estudia se llama Paleontología.

4.1. Fósiles

Según el proceso de fosilización, se distinguen los siguientes fósiles:

- Los que conservan la forma, la estructura microscópica y la composición química, tanto de la materia orgánica como de la inorgánica del organismo cuando estaba vivo. Como los cadáveres de mamut encontrados en los hielos de Siberia.
- Los que conservan la forma, la estructura microscópica y la composición química solo de la parte mineral del organismo cuando estaba vivo. Solo pasa en restos de menos de 2 Ma. Por ejemplo, huesos de vertebrados.
- Los que conservan la forma y estructura microscópica, pero no la composición química. Algunas moléculas del organismo son sustituidas por las de la sustancia englobante. Como los troncos petrificados, en los que las moléculas de celulosa han sido sustituidas por las de sílice que aporta el agua. Otras veces, se produce un cambio en la proporción de sus átomos, por ejemplo, la pérdida de átomos de oxígeno en los vegetales hace que sus fósiles sean muy ricos en carbono.
- Los que presentan la misma forma, pero no conservan la misma estructura microscópica. Son los más abundantes. Se originan cuando los organismos quedan enterrados en sedimentos muy finos, dejan su huella y después se disuelven. El agujero se rellena de sedimentos y se forman moldes.
- Los icnofósiles o icnitas. Son huellas que permiten conocer las actividades de los organismos del pasado. Como marcas que dejan los animales al desplazarse por el barro, los excrementos, etc.



TRONCOS
FOSILIZADOS



ICNITAS DE
DINOSAURIO

¿Etheldred Bennet rompió moldes en la historia de la ciencia?

La británica Etheldred Bennet, nacida en 1776, es considerada una de las primeras geólogas de la historia. Dedicó gran parte de su vida a la recolección de fósiles, y consiguió unas 1500 especies. En el año 1836, a los 60 años, envió una colección de fósiles a la Universidad de San Petersburgo, por la que se le otorgó el título de “doctor honoris causa en Derecho Civil”.

En la universidad se pensó que se lo otorgaban a un hombre y, cuando se supo que era una mujer, hubo mucho revuelo, ya que en aquella época las mujeres no iban a la universidad.

A) **Pensamiento crítico.** ¿Crees que el hecho de ser mujer en aquella época perjudicó a esta gran paleontóloga?

B) En 1832, el presidente de la Sociedad de Geología citó a Etheldred Bennet en un discurso, aunque no fue hasta 1919 que las mujeres no fueron incluidas en esta agrupación. ¿Crees que fue revolucionario para su época?

4.2. La datación de los fósiles

Los fósiles solo se pueden encontrar en las rocas sedimentarias y en las metamórficas que hayan experimentado un metamorfismo ligero, ya que un metamorfismo intenso o un proceso magmático los destruyen.

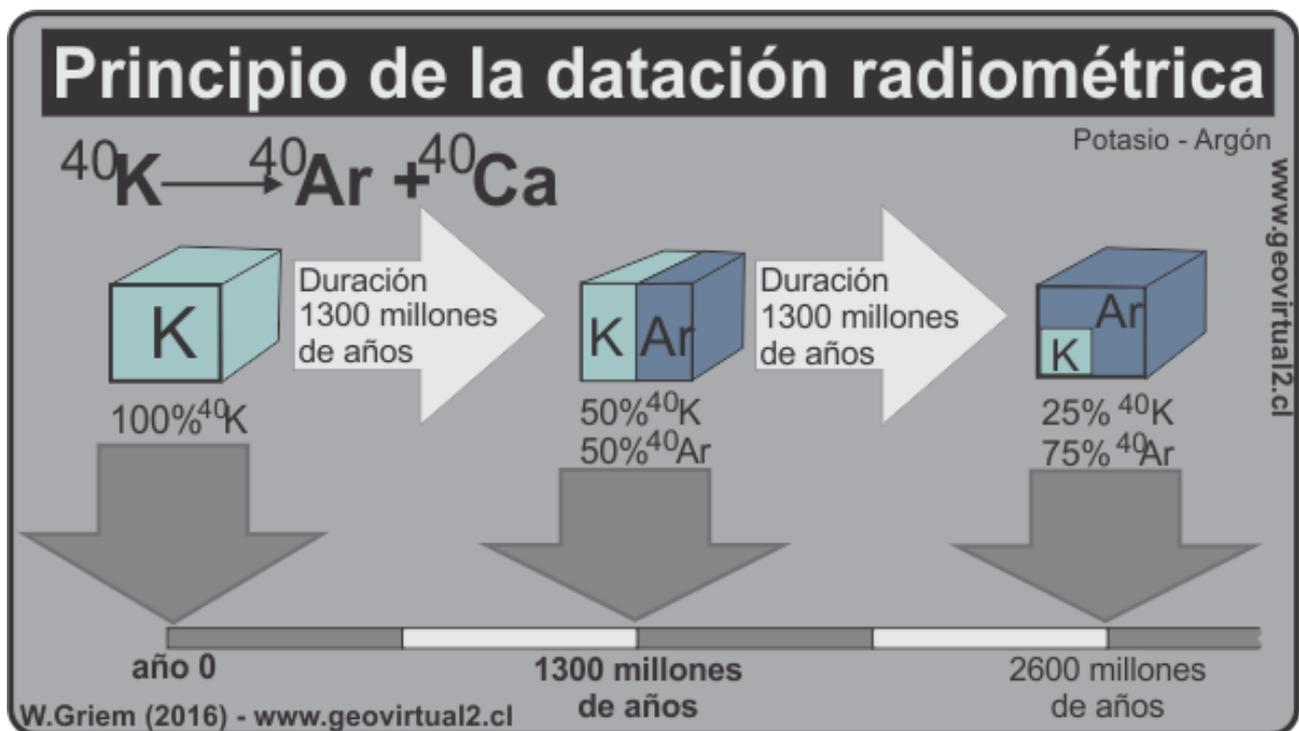
Las rocas sedimentarias, generalmente, se presentan en forma de capas superpuestas denominadas estratos. Como los organismos inician la fosilización en los sedimentos que después constituirán un estrato, si conocemos la antigüedad del estrato, se puede saber la edad de los fósiles que contiene y viceversa. Hay dos tipos principales de datación: la absoluta y la relativa.

Datación absoluta

Este tipo de datación consiste en saber la antigüedad de un estrato en millones de años. Generalmente se utiliza el método de la desintegración radioactiva.

Los átomos de los isótopos radioactivos de un elemento se desintegran mediante la pérdida de protones, neutrones y electrones, y dan lugar a átomos de otros elementos.

Esta desintegración se produce a una velocidad constante. El tiempo que tardan en desintegrarse la mitad de los átomos se denomina periodo de semidesintegración o semivida y es variable entre los diferentes isótopos. Midiendo la cantidad de átomos “iniciales” y de átomos “finales” del isótopo radioactivo de un mineral y conociendo el periodo de semidesintegración, se puede saber la antigüedad del estrato y, por lo tanto, de los fósiles que contiene.



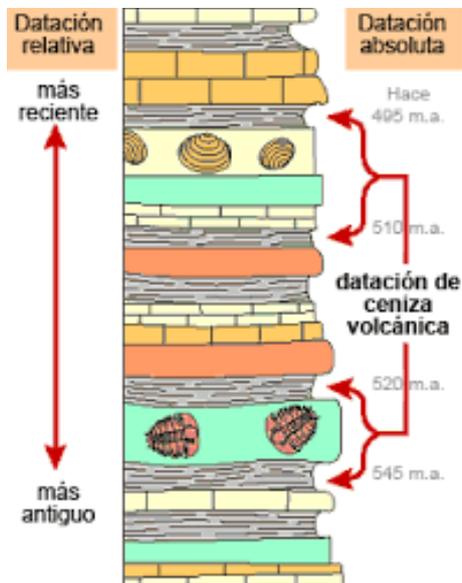
Datación relativa

Este tipo de datación no nos indica la antigüedad del estrato en millones de años, sino solamente si es anterior o posterior a otros estratos. La datación relativa se basa en la ley de la superposición de los estratos y en la ley de la correlación de los fósiles.

- **La ley de la superposición de los estratos** dice que los sedimentos más modernos se depositan sobre los más antiguos, de manera que, si no se han producido perturbaciones

importantes, los estratos superiores son los más modernos y los inferiores son los más antiguos.

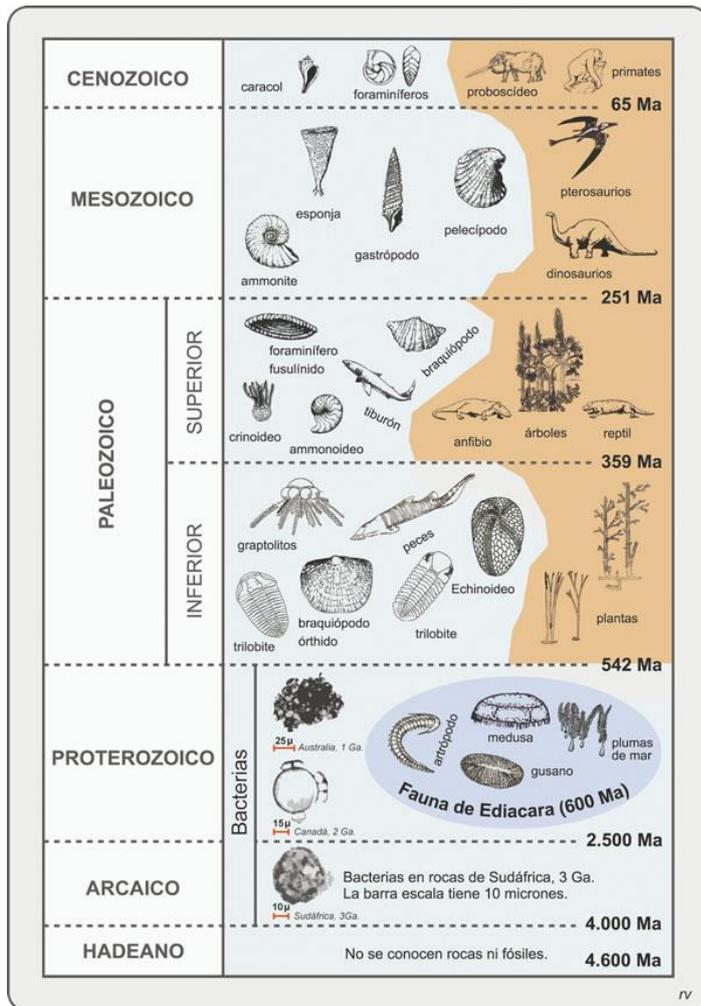
- **La ley de la correlación de fósiles** dice que los estratos de diferentes edades presentan fósiles característicos determinados, que se suceden verticalmente en un orden específico, incluso en zonas alejadas unas de otras.



4.3. Los fósiles guía

Todos los fósiles son importantes, pero algunos como los fósiles guía o los de facies dan más información.

- Los fósiles guía proceden de organismos con gran distribución geográfica, pero solo durante una época muy concreta. Esto permite ubicar los estratos que los contienen en un tiempo muy concreto.
- Los fósiles de facies proceden de seres vivos que solo pueden vivir en un ambiente determinado. Así indican el ambiente en que se formó la cuenca sedimentaria. Por ejemplo, los fósiles de corales indican aguas claras, transparente y oxigenadas.



Las especies de fósiles guía estaban ampliamente distribuidas y sus fósiles son muy abundantes. Generalmente, se trata de especies que tenían partes duras. Gracias a estos fósiles guía se pueden datar con relativa facilidad los estratos de otras zonas. Ejemplos de estos fósiles son los trilobites y graptolites de la era paleozoica; los amonites, las belemnites y los dinosaurios de la era mesozoica, y los numulites y los mamíferos de la era cenozoica.

Los fósiles también aportan información sobre el clima que había en la antigüedad (paleobiología); a esos fósiles se les denomina fósiles de facies. Por ejemplo, si en un estrato se encuentra un fósil de un helecho muy parecido a un helecho actual, que requiere un clima cálido y húmedo como el de las selvas, se puede deducir que, en ese lugar, en aquella época, también debía haber habido un clima cálido y húmedo.

Aplica

A) En un yacimiento arqueológico se ha encontrado un cráneo que contiene el 25% del ^{14}C original. Sabiendo que el periodo de desintegración del ^{14}C al ^{14}N es de unos 5730 años, ¿de cuándo son los restos?

B) Justifica si es posible que las siguientes parejas de fósiles se encuentran en un mismo estrato.

- Goniatites y ave
- Amonites y Belmnites
- Coral y pez acorazado

4.4. Criterios de polaridad. El paleomagnetismo de la Tierra

La Tierra actúa como un imán inmenso, ya que su núcleo induce un campo magnético, con un polo norte y un polo sur magnéticos fácilmente detectables con una brújula.

La magnetita (Fe_3O_4) es un mineral con propiedades magnéticas y, por eso, se orientan según el campo magnético terrestre. En los magmas hay pequeños cristales de magnetita que se mueven desordenadamente a causa del calor. Cuando el magma se enfría, se origina una roca ígnea en cuyo interior los cristales de magnetita se disponen orientándose según el campo magnético terrestre.

El magnetismo fósil o paleomagnetismo es el estudio de la orientación de los cristales de magnetita en las rocas magmáticas formadas hace millones de años. Esto nos ha permitido descubrir que, a lo largo de la historia de la Tierra, se han producido inversiones en la orientación del campo magnético terrestre.

Cuando el polo norte magnético coincide con el polo Norte geográfico, hablamos de periodos de polaridad magnética normal, como la que tenemos en la actualidad. Las rocas magmáticas formadas durante este periodo presentan los cristales de magnetita orientados hacia el polo Norte geográfico.

Los periodos en los que el polo norte magnético se sitúa en el polo Sur geográfico se denominan periodos de polaridad magnética invertida. Las rocas formadas durante este periodo presentan los cristales de magnetita hacia el polo Sur geográfico.

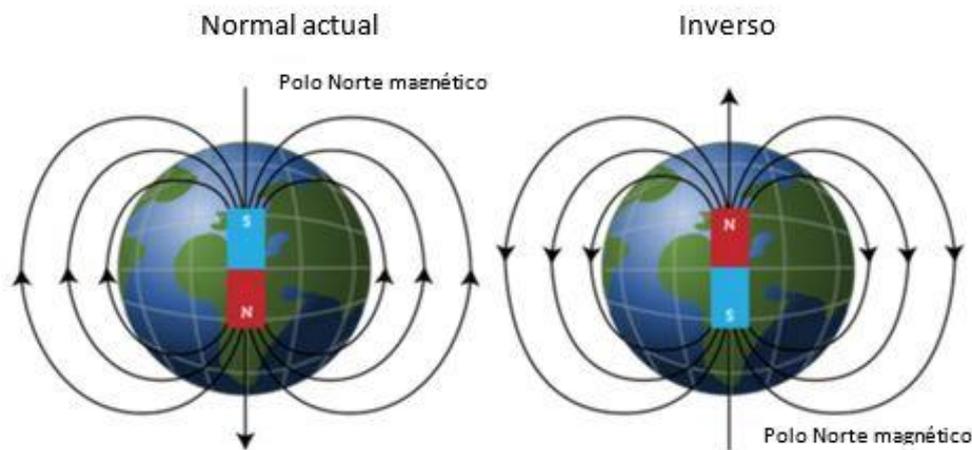


Figura En la actualidad el polo norte geomagnético coincide con el polo norte geográfico (polaridad normal), esta polaridad se invierte sin ser un proceso cíclico.

4.5. Teorías geológicas

Las ideas sobre la historia de la Tierra eran, en principio, conjeturas no científicas y relacionadas con creencias religiosas o mitológicas.

Las primeras explicaciones eran fijistas, es decir, consideraban que la Tierra surgió o fue creada con una forma invariable.

Se basaban en la percepción, lógica teniendo en cuenta la escala de tiempo de la vida humana. Aparte de acontecimientos puntuales, como las erupciones volcánicas o las avalanchas y riadas que modifican el relieve, no se sospechaba que las grandes formaciones, como las cordilleras, valles, etc. fueran resultado de evolución geológica.

En occidente se basaba en textos de la biblia. Por ejemplo, el arzobispo irlandés James Ussher, en el siglo XVII, todavía utilizó dichos textos para calcular que Dios creó el mundo en seis días del otoño del 4004 a.C.

A partir del XVII comienza la geología científica

CATASTROFISMO Y UNIFORMISMO

En un principio, esta ciencia geológica estuvo muy influida por la religión y por el fijismo. Además, las interpretaciones de las pruebas geológicas tenían dos líneas principales:

El catastrofismo. Encabezada por Cuvier, esta tendencia indicaba que tanto los fósiles de seres extinguidos como los cambios en los estratos sedimentarios eran pruebas científicas de enormes catástrofes, como el diluvio universal

El uniformismo. Liderada por Lyell, consideraba que la Tierra tenía una historia mucho más larga de lo que se pensaba y los acontecimientos habían sucedido de forma gradual y no como catástrofes.

Las primeras hipótesis no fijistas

Ya en el siglo XX, la geología descarta definitivamente la tradición y pasa a apoyarse exclusivamente en datos encontrados en las rocas del relieve.

Se empieza a pensar que la Tierra ha cambiado de aspecto a lo largo de su historia.

El trabajo de Wegener aportó evidencias de esos cambios y la tectónica de placas lo corroboró.

01. Explica las diferencias entre el catastrofismo de Cuvier y el uniformismo de Lyell.
02. ¿Qué ventajas tienen las formaciones de rocas sedimentarias frente a otras rocas en cuanto a aportar información sobre la historia de la Tierra?
03. ¿Pueden contener fósiles las rocas magmáticas? ¿Por qué?

4.6. Las eras de la Tierra

El tiempo geológico

La geología histórica divide el tiempo geológico de la historia de la Tierra en intervalos de duración variable, cuyos límites se establecen en función de la presencia en el registro estratigráfico de las huellas de ciertos eventos importantes.

Para clasificar estos eventos, haremos tres categorías: los sucedidos en relación con la dinámica litosférica, los relacionados con el clima y los cambios en la biodiversidad.

Eventos derivados de la dinámica litosférica

- La dinámica litosférica se inició poco después del origen del planeta; aún no ha cesado y se produce con intensidad.
- A lo largo de la historia de la Tierra, las placas litosféricas han variado su tamaño y se han desplazado, haciendo que la distribución de las masas de litosfera continental y de los fondos oceánicos haya sido muy distinta en las diferentes épocas.
- Gracias al análisis de rocas se ha concluido que ha habido periodos con numerosas “islas continentales” y periodos de grandes supercontinentes (pangeas). [Supercontinentes del pasado y del futuro.](#)

- Se han producido grandes **orogenias**, ha habido grandes extensiones de terreno que a lo largo de la historia terrestre han experimentado **transgresiones** (fueron cubiertas por el océano) y **regresiones** marinas (el océano se retiró cuando se elevaron).

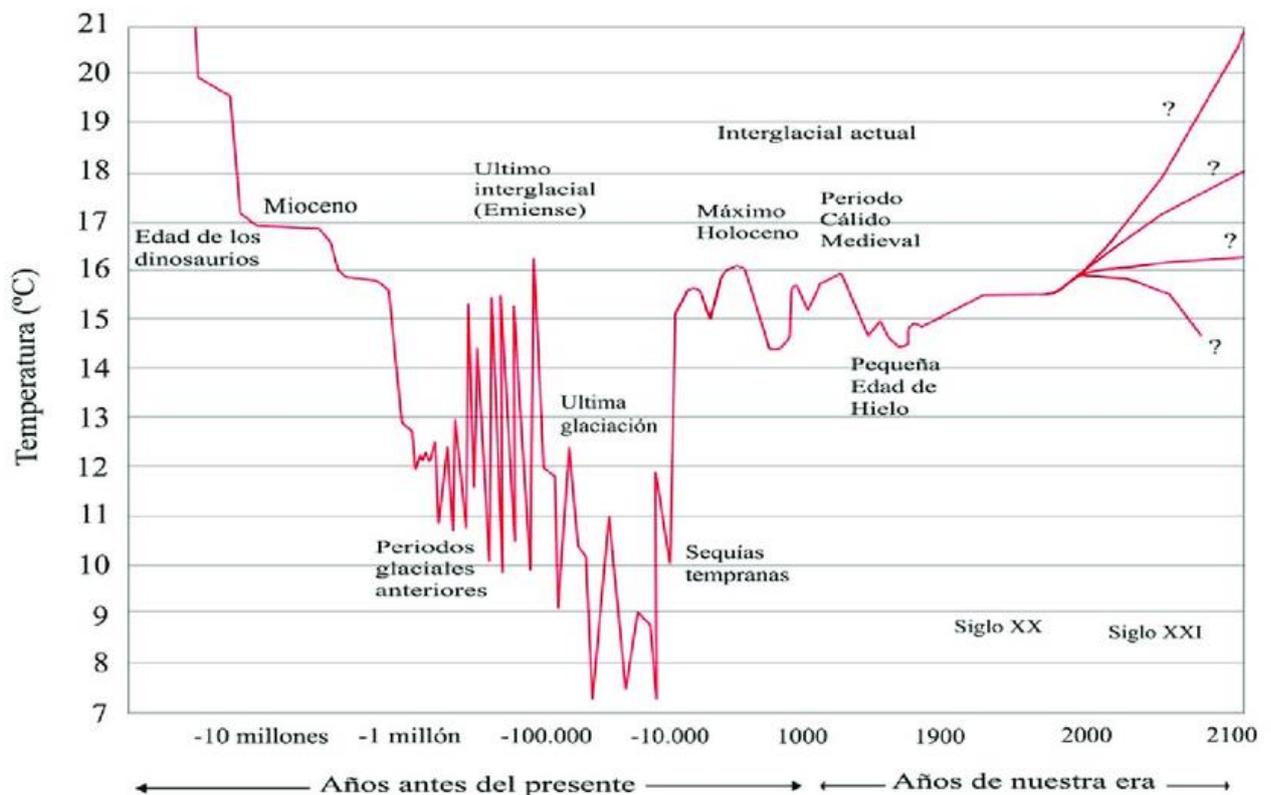
Eventos relacionados con el clima

- Al igual que sucede en la actualidad, la Tierra, en cada época de su historia, ha tenido una variedad climática determinada por la latitud y la inclinación del eje de rotación.
- La geología histórica divide el tiempo geológico de la historia de la Tierra en intervalos de duración variable cuyos límites se establecen en función de la presencia en el registro estratigráfico de las huellas de ciertos eventos importantes.

Entre los principales eventos climáticos destacan:

- Glaciaciones con climas muy fríos y secos, un gran desarrollo de los casquetes polares y reducción del volumen de agua de los océanos.
- Periodos muy cálidos y áridos con extensos desiertos por todo el planeta.
- Periodos cálidos y muy húmedos, semejantes a los de los trópicos actuales.

Estos cambios paleoclimáticos (de los climas primitivos) están muy relacionados con la distribución de los continentes y los océanos, las **variaciones en la inclinación del eje de la Tierra**, con los periodos de intensa actividad volcánica, con la mayor o menor abundancia de vegetación...



- 4. ¿A qué se piensa que se deben los grandes cambios climáticos que la Tierra ha experimentado a lo largo de su historia?
- 5. ¿Qué es una glaciación?

Eventos relacionados con la biodiversidad

- El registro fósil es una prueba inequívoca de que se ha producido una evolución biológica a lo largo de la historia del planeta. La diversidad de las especies ha ido cambiando constantemente, adaptándose a las condiciones ambientales de cada época.
- Las variaciones de biodiversidad más importantes que se pueden detectar en el registro estratigráfico son:
 - La aparición de la vida (que se deduce del hallazgo de indicios de actividad biológica en las rocas y de los primeros fósiles)
 - La aparición de los principales grupos de seres vivos. Como las plantas, los peces, los mamíferos, el ser humano...
 - Las extinciones masivas (desapariciones bruscas en el registro fósil de un porcentaje elevado de los grupos de seres vivos presentes en los estratos anteriores), generalmente, debidas a eventos catastróficos como un vulcanismo intenso o impactos de asteroides.

5. EL CALENDARIO DE LA HISTORIA DE LA TIERRA

- La historia de la Tierra se divide en unidades temporales de mayor o menor rango en función de la importancia de los eventos registrados en los estratos. Estas divisiones y subdivisiones del tiempo constituyen el calendario de la historia de la Tierra.

5.1. Las divisiones del calendario de la Tierra

- Los eones, las eras y los periodos.

Los eones. Sus límites coinciden con eventos a escala planetaria. Generalmente se consideran cuatro: Hádico, Arcaico, Proterozoico y Fanerozoico.

- Eón hádico. Incluye el origen del planeta y acaba con la consolidación de la corteza y la formación de los océanos.
- Eón arcaico. Desarrollo de las primeras masas continentales, de pequeño tamaño y dispersas. Probablemente aquí surgieron las primeras formas de vida.
- Eón proterozoico. Comienza con la movilización de las primeras masas continentales debido a la dinámica litosférica, que los reúne en el Pangea I. El final del eón coincide con una gigantesca glaciación global y una extinción.
- Eón fanerozoico. Es el eón en el que nos encontramos. Comienza con Pangea I y continúa en el momento actual.

Las eras. Comprendidas entre ciclos orogénicos. Por ejemplo, el eón fanerozoico se divide en tres eras.

- Era paleozoica o Paleozoico. Se inicia con la orogénesis caledónica y finaliza con la orogénesis hercínica (formación del Pangea II).
- La era mesozoica o Mesozoico. Comienza con el fin de la orogenia hercínica y acaba con el inicio de la orogénesis alpina. Es la llamada era de los dinosaurios.
- La era cenozoica o Cenozoico. Es la era actual. Comienza con el inicio de la orogénesis alpina y en ella aparece el ser humano.

Los períodos. Están comprendidos entre ciertos cambios en el registro fósil (generalmente coincidentes con las extinciones masivas o con la aparición de nuevos grupos de seres vivos) o en la litología de los estratos.

- Por ejemplo, la era mesozoica se divide en tres periodos:
 - Periodo triásico. Aparecen los dinosaurios.
 - Periodo jurásico. Se caracteriza por la formación de mares someros en los que tuvo lugar una intensa sedimentación.
 - Periodo cretácico. Registra una gran diversidad de dinosaurios y acaba con el impacto del asteroide KT.

Edad (años)	Eon	Era	Periodo	Época
4.500.000.000	Precámbrico	Azoica		
3.800.000.000		Arcaica		
2.500.000.000		Proterozoica		
560.000.000	Fanerozoico	Paleozoica	Cámbrico	
510.000.000			Ordovícico	
438.000.000			Silúrico	
408.000.000			Devónico	
360.000.000			Carbonífero	
286.000.000			Pérmico	
248.000.000		Mesozoica	Triásico	
213.000.000			Jurásico	
144.000.000			Cretáceo	
65.000.000		Cenozoica	Terciaria	Paleoceno
56.500.000				Eoceno
35.400.000				Oligoceno
24.000.000				Mioceno
5.200.000				Plioceno
1.600.000			Cuaternaria	Pleistoceno
10.000				Holoceno

Era	Período	(m.a.)*	Orogénesis
Arcaica o Precámbrico		4 000-600	
Primaria o Paleozoico	Cámbrico	600-500	CALEDONIANA HERCINIANA
	Ordovícico	500-440	
	Silúrico	440-400	
	Devónico	400-350	
	Carbonífero	350-270	
	Pérmico	270-230	
Secundaria o Mesozoico	Triásico	230-180	ALPINA
	Jurásico	180-130	
	Cretácico	130-70	
Terciaria o Cenozoico	Paleoceno	70-60	
	Eoceno	60-40	
	Oligoceno	40-25	
	Mioceno	25-10	
	Plioceno	10-1,8	
Cuaternaria	Pleistoceno	1,8-0,01	
	Holoceno	0,01	

* Millones de años

6. Explica qué tipo de eventos se tienen en cuenta para definir los límites de:

- A) Un eón
- B) Una era
- C) Un periodo

7. Nombra los periodos en los que se divide la era paleozoica.

8. ¿Cuál es el eón más antiguo de la historia de la Tierra? ¿Y el periodo más moderno?

9. Analiza el calendario de la historia de la Tierra y responde a las preguntas:

- A) Ordena, de mayor a menor duración en el tiempo, los cuatro eones en los que se ha dividido el tiempo geológico.
- B) ¿Por qué se han hecho mucho más largas las divisiones más antiguas que las más modernas?

5.2. El precámbrico (“eón” que comprende 3 eones)

- Es una dilatada época comprendida entre el momento en que se formó una corteza consolidada en la Tierra, hace unos 4650 millones de años (m.a.), y el comienzo del eón fanerozoico, hace unos 542 m.a.
- Consta de tres eones: Hádico, Arcaico y Proterozoico.

Eventos geológicos del precámbrico

- 4650 – 2500 m.a. Se forman los océanos y aparecen los primeros continentes (rocas magmáticas). Comienza la sedimentación y la dinámica litosférica.
- 2000 m.a. Se forman las primeras rocas sedimentarias, con bandas de óxidos de hierro, lo que sugiere la presencia de oxígeno en la atmósfera.
- 700 – 580 m.a. Ocurren glaciaciones de alcance global (Tierra “Bola de nieve”)
- 650 m.a. Se produce la primera gran reunión de masas continentales (Pangea I)

Eventos biológicos del precámbrico

- 3800 – 3500 m.a. Aparece la vida en la Tierra, seguramente ligada al medio acuático. Se tienen indicios de ello por las pistas bioquímicas que aparecen en las rocas de esta época y por los primeros fósiles de procariontas.
- 3400 m.a. Aparecen los estromatolitos, unas estructuras debidas a la actividad de las cianobacterias. Son fotoautótrofas, junto con otros organismos similares llenaron la atmósfera de oxígeno que, hace 2000 m.a., produjo una extinción de organismos no aerobios.
- 1700 – 1000 m.a. Surgen los seres eucariotas y los organismos pluricelulares.
- 700 – 542 m.a. Ocurren extinciones masivas durante las glaciaciones y una posterior explosión de biodiversidad.

Estromatolitos

Estructuras formadas por cianobacterias. Las cianobacterias, mediante fotosíntesis, liberan oxígeno y captan de la atmósfera grandes cantidades de dióxido de carbono para formar carbonatos que, al precipitar, dan lugar a la formación de los estromatolitos.



5.3. La era paleozoica (eón fanerozoico)

El Paleozoico es la primera y más larga era del eón fanerozoico (542 a 250 m.a.). Consta de seis periodos: Cámbrico, Ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico.

PALEOZOICO	PÉRMICO	250 M.a.
	CARBONÍFERO	300
	DEVÓNICO	360
	SILÚRICO	410
	ORDOVÍCICO	435
	CÁMBRICO	500

Eventos geológicos y paleoclimáticos del Paleozoico

- 542 – 500 m.a. Los continentes están separados por mares
- 460 – 350 m.a. Los continentes comienzan a reunirse. Se forman cordilleras de la orogenia caledónica y se produce una glaciación.
- 300 – 250 m.a. Orogenia hercínica. Se forma el supercontinente Pangea II y se produce otra glaciación. El clima se hace muy árido en el interior continental por la lejanía del mar.
- Al final del Pérmico se produce un gran episodio de actividad volcánica masiva en lo que hoy es Siberia. Esto causa un calentamiento global debido al aumento de gases de efecto invernadero, así como acidificación de los océanos por la emisión de gases sulfurosos.

Eventos biológicos del Paleozoico

- 542 – 460 m.a. Aparecen la mayor parte de los grupos de invertebrados, incluidos los primeros cordados (hay cordados vertebrados e invertebrados, como las ascidias).
- 460 – 400 m.a. Aparecen los peces. Disminuye la biodiversidad por la glaciación de final del Ordovícico, pero después se recupera. Surgen las primeras plantas y los artrópodos terrestres.
- 400 – 250 m.a. Se produce una gran diversificación de los peces. En tierra triunfan las plantas sin semillas y, más tarde, las coníferas (*con semillas pero sin frutos*). Surgen los primeros anfibios y los primeros reptiles. Estos últimos proliferan por su mayor adaptación a la aridez. Al final de la era se produce la mayor extinción de la historia de la Tierra (**desaparecen el 90% de las especies. Se extinguieron 9 de cada 10 especies marinas y 7 de cada 10 terrestres**). Posibles motivos de esa extinción: *Aumento de temperatura por actividad volcánica y efecto invernadero, acidificación de los mares, bacterias productoras de sulfuro de hidrógeno que lo liberaban a la atmósfera; también cabe la posibilidad de la colisión de un asteroide, de 6 a 12 km de diámetro.*

5.4. La era mesozoica

- El Mesozoico es la segunda era del eón Fanerozoico (250 a 65 m.a.). Consta de tres periodos: Triásico, Jurásico y Cretácico.

Era	Periodo	M. años	Eventos principales
Mesozoico	Cretáceo	145,5 ±4,0	Los dinosaurios comienzan a declinar, extinción masiva del Cretáceo-Terciario, primitivos mamíferos placentarios
	Jurásico	199,6 ±0,6	Mamíferos marsupiales, primeras aves, primeras plantas con flor
	Triásico	251,0 ±0,4	Extinción masiva del Triásico-Jurásico, primeros dinosaurios, mamíferos ovíparos

Eventos geológicos y paleoclimáticos del Mesozoico

- **250 – 200 m.a.**, los continentes están reunidos en Pangea II. El clima es muy cálido y muy árido en el interior del supercontinente.
- **Al final de Triásico** comienza la fragmentación continental y se abren mares profundos
- **200 – 145 m.a.**, continúa la apertura de los continentes. El clima se hace mucho más húmedo y sigue siendo cálido.
- **145 – 65 m.a.**, los continentes siguen separándose, comienza la colisión de África y la India con Eurasia, lo que inicia el levantamiento de las cordilleras de la orogenia alpina. El clima comienza a enfriarse.
- **Al final del Cretácico** aumenta la actividad volcánica global y un gran asteroide impacta con la Tierra.

Eventos biológicos del Mesozoico

- 250 – 200 Ma., los peces y los invertebrados marinos se recuperan de la extinción del Pérmico. El clima árido favorece a las gimnospermas primitivas, a los insectos y a los reptiles. Se desarrollan los primeros dinosaurios y los primeros mamíferos.
- 200 – 145 Ma., hay una gran diversidad de invertebrados marinos. Los peces y reptiles marinos dominan los mares. Las coníferas dominan la flora y los dinosaurios se diversifican y alcanzan grandes tamaños. Aparecen las primeras aves.
- 145 – 65 Ma., hay una gran diversidad de vida marina y de dinosaurios. Aparecen las plantas con flores, los insectos polinizadores y los marsupiales. Al final del Cretácico se produce una

extinción masiva y brusca. Desaparecen los dinosaurios y otros seres. (*Impacto del meteorito K/T*)

6. La era cenozoica

- El Cenozoico es la tercera era del eón fanerozoico (65 a 0 Ma.). Recientemente, se tiende a considerar que tiene tres periodos: el Paleógeno, el Neógeno y el Cuaternario (el actual).

Era	Periodo	Época	Millones años
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

Eventos geológicos y paleoclimáticos del Cenozoico

- 65 – 23 Ma., continúa la separación de los continentes iniciada en el Cretácico (apertura del Atlántico), y la India termina su colisión con Eurasia. Finaliza la orogenia alpina. También se levantan las cordilleras del borde occidental de América. El clima es aún subtropical y húmedo en casi todas las regiones.
- 23 – 2,5 Ma., los continentes alcanzan posiciones cercanas a las actuales. Se abren el mar Rojo y el Gran Valle del Rift, de África oriental. El clima se va enfriando y se hace más árido.
- 2,5 – 0 Ma., se producen varios episodios glaciares. Se supone que ya finalizaron, pero hay quien opina que nos encontramos en un periodo interglaciar.

Eventos biológicos del Cenozoico

- 65 – 23 m.a., proliferan y se diversifican los supervivientes de la extinción del Cretácico; en especial, las plantas gimnospermas (*con semillas, pero sin frutos*), los mamíferos y las aves.
- 23 – 2,5 m.a., las aves y los mamíferos alcanzan gran diversidad y, en muchos casos, gran tamaño. Aparecen muchos de los grupos actuales, incluidos los primeros primates antropoides (y los homínidos al final del periodo). Domina la flora de selva subtropical húmeda en casi todas las latitudes, aunque al final de este período, el cambio hacia un clima progresivamente más frío y más seco modifica la fauna y la flora.
- 2,5 – 0 m.a., las glaciaciones modifican profundamente la flora y causan la aparición de muchos de los grupos actuales de plantas. Surgen nuevas especies de mamíferos adaptadas a climas más fríos o más áridos. Los homínidos se desarrollan y aparece la especie humana.