

TEMA 3.2: LA HISTORIA GEOLÓGICA

1. LA GEOLOGÍA HISTÓRICA
2. LA GEOCRONOLOGÍA
 - 2.1 LA DATACIÓN ABSOLUTA
 - 2.2 LA DATACIÓN RELATIVA
 - 2.3 LA ESCALA DE TIEMPO GEOLÓGICO
3. EL ORIGEN DEL UNIVERSO y DEL SISTEMA SOLAR
4. EL EÓN HÁDICO
5. EL EÓN ARCAICO
6. EL EÓN PROTEROZOICO
7. EL PALEOZOICO
8. EL MESOZOICO
9. EL CENOZOICO
10. EL CALENTAMIENTO GLOBAL
11. EL ANTROPOCENO Y EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS



Playa fósil en Peralta de la Sal, en la comarca de la Litera.

1- LA GEOLOGÍA HISTÓRICA

La **Geología Histórica** es la parte de la Geología que trata de reconstruir como ha ido evolucionando la fisonomía de nuestro planeta desde que se formó hasta la actualidad, atendiendo a aspectos geográficos, climáticos, o biológicos. Para ello, toma aportes de las siguientes disciplinas:

1. **Estratigrafía:** es la parte de la geología que estudia la disposición y características de los estratos en que se disponen las rocas sedimentarias. En cada estrato se tienen en cuenta su litología, el medio de sedimentación y la datación cronológica.
2. **Paleogeografía:** se encarga del estudio de la distribución de los continentes y de las cuencas oceánicas en el pasado geológico. Para ello utiliza indicadores como fósiles de animales marinos que se encuentran incluidos en los estratos, el tamaño del grano de los sedimentos y las marcas fosilizadas producidas en la superficie por la acción de las olas y de las corrientes marinas.
3. **Paleontología,** dedicada al estudio de los fósiles cuyo aporte se basa en que las formaciones geológicas originadas en tiempos diferentes presentan fósiles diferentes. Además de conocer grupos de organismos ya extintos, permite la datación relativa de estratos y estructuras (especialmente a través de los fósiles guía), y la distribución de los seres vivos en otras épocas geológicas (**paleobiogeografía**).
4. La **paleoclimatología** estudia y reconstruye el clima en tiempos históricos, aplicando el principio del actualismo y utilizando los **indicadores paleoclimáticos** que nos permite identificar el clima pasado y el momento en que se produjo.

2- LA GEOCRONOLOGÍA

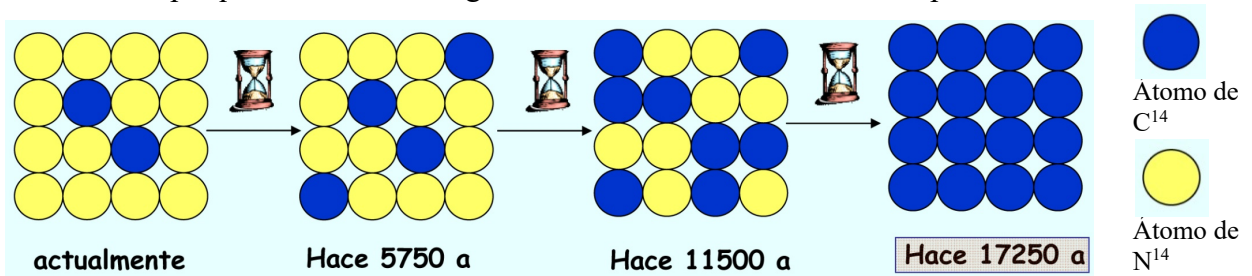
La **geocronología** es la parte de la geología que trata de determinar la edad de los procesos geológicos registrados en la historia de la Tierra.

2.1 LA DATACIÓN ABSOLUTA

La **datación absoluta** se aquella en la que se asigna la edad cronológica de un material expresada en años.

1. Los **métodos radiométricos** utilizan isótopos radiactivos y son sólo aplicables en rocas magmáticas y algunas metamórficas, puesto que en las rocas sedimentarias se datarían los minerales de la roca del cual proceden los sedimentos que las originan.

Las rocas pueden tener minerales como el **circón** o la **biotita**, que contienen isótopos radiactivos. Éstos son átomos del mismo elemento que los habituales, pero con distinto número másico y cuyos núcleos además son inestables, por lo que se desintegran a un ritmo constante, liberando energía. La **vida media** o **periodo de semidesintegración** es el tiempo que tarda en desintegrarse la mitad de una masa de isótopos radiactivos.

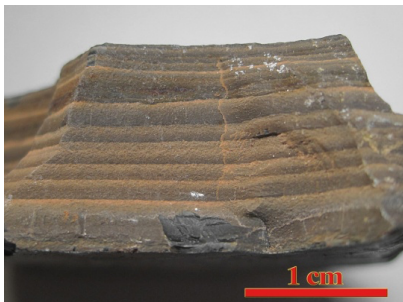


Con un **espectrógrafo de masas** se calculan las proporciones de elemento inicial (a través de una muestra de roca de formación reciente) y final (analizando la muestra de roca que queremos datar). Al establecer la relación entre la proporción obtenida y el periodo de semidesintegración del isótopo utilizado, se puede calcular la edad de la muestra.

Isótopos que más se utilizan en geología:

ELEMENTO RADIATIVO inicial	ELEMENTO ESTABLE final	VIDA MEDIA	UTILIZACIÓN
^{87}Rb	^{87}Sr	47.000 M.a	En micas y feldespatos.
^{238}U	^{206}Pb	4.510 M.a	Método más preciso. En uraninita y circón.
^{235}U	^{207}Pb	713 M.a	
^{40}K	^{40}Ar	1300 M.a.	Método más usado. En micas, feldespatos y anfíboles.
^{14}C	^{14}N	5.730 años	Para la materia orgánica de menos de 50.000 años.

- Relojes biológicos** como los anillos de crecimiento de árboles (dendrocronología) y de corales. También resultan útiles los relojes moleculares (ADN y proteínas), basados en la tasa de mutación en algunos genes.
- Relojes estratigráficos** como las **varvas glaciares**, que son estratos de pequeño grosor que se depositan estacionalmente en el fondo de lagos yuxtaglaciares. Cada uno



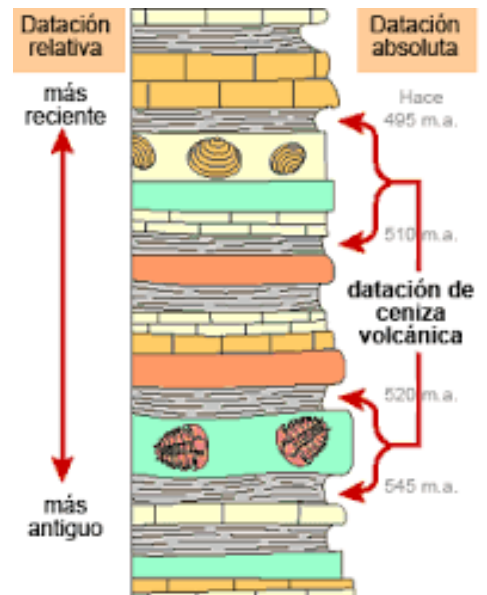
de ellos tienen una banda clara de arena o limo que se deposita en primavera y otoño, y una banda oscura de arcilla y materia orgánica que se deposita en invierno.

- Testigos de hielo** de grandes casquetes glaciares, en cuyas capas se encuentran burbujas de aire (indicador paleoclimático) o partículas de polvo (indicador de posibles erupciones volcánicas).

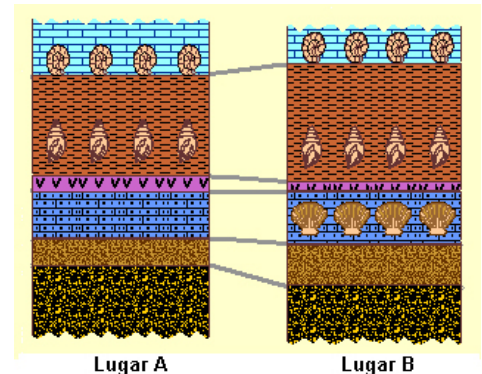
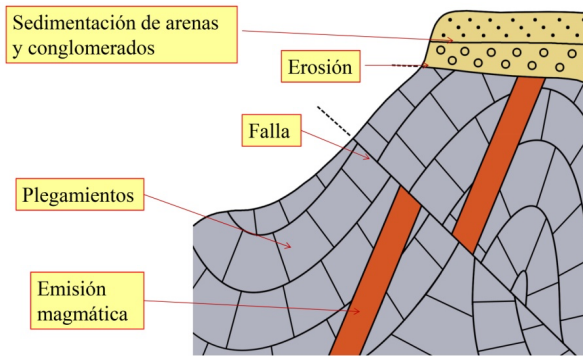
2.2 LA DATACIÓN RELATIVA

La **datación relativa** establece el orden de antigüedad de los materiales o eventos geológicos. Este orden se deduce mediante el uso de siguientes principios estratigráficos y paleontológicos:

- **Principio de la superposición de los estratos:** en una sucesión de rocas sedimentarias no deformadas, un estrato es más moderno que los que se encuentran por debajo y más antiguo que los que se encuentran por encima.
- **Principio de continuidad de los estratos:** un estrato tiene la misma antigüedad en todas sus partes.
- **Principio de la superposición de los procesos geológicos:** un acontecimiento geológico (plegamiento, fractura, intrusión, etc) es más joven que las rocas a las que afecta y más antiguo que las rocas no afectadas por él.
- **Principio de la sucesión faunística** (o biótica): en rocas de diferente edad, encontramos una distinta composición paleontológica (de fósiles). Se basa en la irreversibilidad de la evolución biológica, dado que especies que se extinguen, no pueden volver a aparecer.



- **Principio de correlación:** dos estratos que contengan los mismos fósiles, aunque sean de litología distinta, tienen la misma edad.

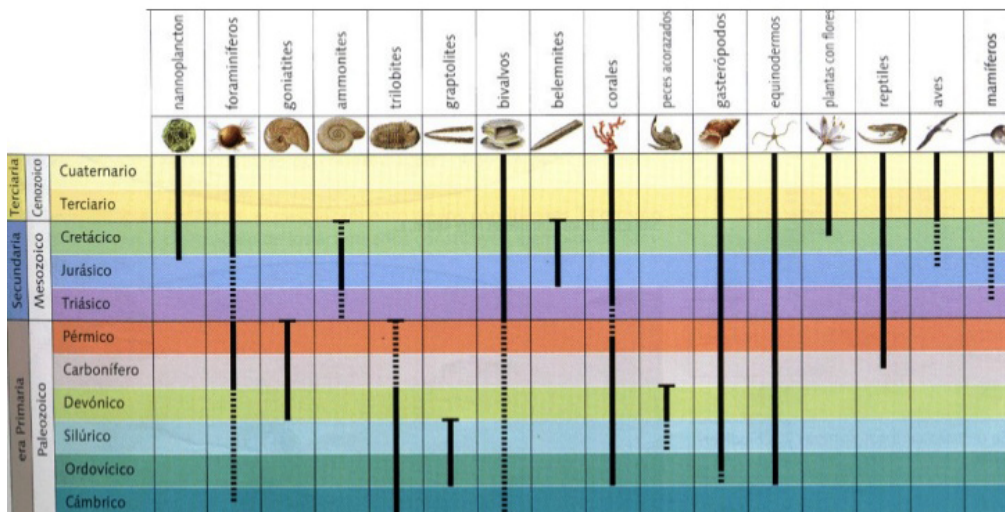


Correlación de estratos del mismo periodo

Los dos últimos principios demuestran la gran importancia que tienen los fósiles para la datación de las rocas. El **fósil guía** es el que se puede considerar característico de un periodo concreto, hasta tal punto que su identificación en un estrato permite datar y correlacionar las rocas que los contienen. Para ello, tiene que cumplir dos cualidades:

1. Una **gran expansión geográfica** con cierta abundancia, que permite encontrarlo fácilmente en áreas muy distantes.
2. **Existencia corta** desde su aparición hasta su extinción.

FÓSIL	GRUPO	AMBIENTE	PERIODO
Arqueociátidos	Espojas	Marino	Cámbrico
Graptolites	Hemicordados	Marino	Cámbrico a carbonífero
Trilobites	Artrópodos	Marino	Cámbrico a pérmico
Orthoceras	Cefalópodos	Marino	Ordovícico
Corales rugosos	Celentéreos	Marino	Ordovícico a pérmico
<i>Calceola</i>	Celentéreos	Marino	Devónico
<i>Paraspirifer</i>	Braquiópodos	Marino	Devónico
Goniatites	Cefalópodos	Marino	Carbonífero
Fusulinas	Foraminíferos	Marino	Carbonífero a pérmico
Sigilaria, Lepidodendron, Calamites	Helechos	Continental	Carbonífero a pérmico
Encrinurus	Crinoideos	Marino	Triásico
Ammonites	Cefalópodos	Marino	Jurásico a cretácico
Belemnites	Cefalópodos	Marino	Jurásico a cretácico
Terebrántulas	Braquiópodos	Marino	Jurásico
Orbitolinas	Foraminíferos	Marino	Cretácico
Dinosaurios	Reptiles	Continental	Mesozoico
Nummulites	Foraminíferos	Marino	Paleógeno
Quercus	Angiospermas	Continental	Terciario
Dinotherium	Mamíferos	Continental	Neógeno
Equus	Mamíferos	Continental	Cuaternario
Homo (huesos e industria lítica)	Mamíferos	Continental	Cuaternario



Líneas gruesas = períodos durante los cuales son abundantes los fósiles
Líneas discontinuas = períodos durante los cuales son escasos los fósiles

2.3 LA ESCALA DEL TIEMPO GEOLÓGICO

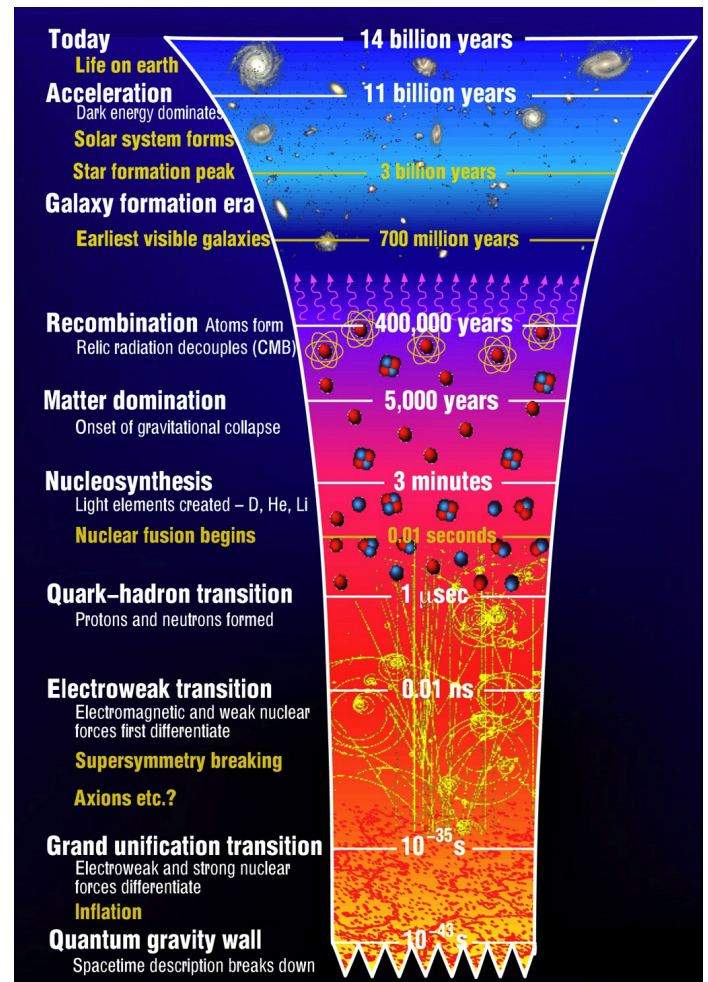
Los geólogos subdividen los 4.560 millones de años de la Tierra en distintos periodos que se disponen en una estructura temporal denominada **escala de tiempo geológico**, dentro de la cual se ubican los distintos acontecimientos del pasado geológico. Estas divisiones geocronológicas se encuentran jerarquizadas, siendo los **eones** los más grandes, que se subdividen en **eras** y éstas a su vez en **periodos**, subdivididos en nuevo en **épocas** y éstas, por último, en **edades**. La escala y el nombre de estas divisiones es universal y se establece por la Comisión Internacional de Estratigrafía.

M.a	EÓN	ERA	M.a	ERA	PERIODO	Etimología	
542	Fanerozoico (<i>phaneros</i> : evidente)	Cenozoico (<i>koinos</i> : común)	23	Cenozoico	Neógeno	De <i>neos</i> : nuevo y <i>genos</i> : origen.	
		Mesozoico (<i>meso</i> : medio)			Paleógeno	De <i>palaios</i> : antiguo y <i>genos</i> : origen.	
		Paleozoico (<i>palaios</i> : antiguo)	65,5	Mesozoico	Cretácico	De <i>creta</i> : tiza, nombre que se le designa a una roca caliza blanca y muy disgregable que es muy común en ambos lados del Canal de la Mancha	
2500	Proterozoico (<i>proto</i> : anterior)	Neoproterozoico	146		Jurásico	De las montañas del <i>Jura</i> , entre Suiza y Francia.	
		Mesoproterozoico			200	Triásico	Del término <i>Trias</i> : tres, pues designa tres formaciones rocosas características en Alemania.
		Paleoproterozoico			251	Pérmico	Del antiguo reino de <i>Permia</i> , en los Urales rusos.
4000	Arcaico (<i>arkhé</i> : primitivo)	Neoarcaico	299		Paleozoico	Carbonífero	De <i>carbonium</i> : carbón y <i>fero</i> : llevar.
		Mesoarcaico	359	Devónico		Del condado de <i>Devon</i> , sur de Inglaterra.	
		Paleoarcaico	416	Silúrico		De los <i>silures</i> , tribu galesa que vivía en las montañas.	
		Eoarcaico	444	Ordovícico		De los <i>ordovices</i> , última tribu celta en sucumbir ante los romanos en el País de Gales	
488			488				

3- EL ORIGEN DEL UNIVERSO y DEL SISTEMA SOLAR

Según la teoría actualmente más aceptada (la gran explosión o **Big Bang**), hace 13.700 millones de años, la materia concentrada virtualmente en un punto (muy denso y a muy alta temperatura) empezó a expandirse en un proceso que todavía continúa, a la vez que se iba concentrando en algunos puntos dispersos, formando los astros. De forma resumida, la evolución de la materia en las distintas etapas del origen del universo serían las siguientes:

- Antes de 10^{-6} segundos ($t^a = 3 \times 10^{12}$ K): formación de las partículas subatómicas (quarks y partículas subatómicas como protones y neutrones). Todo queda mezclado en un **plasma** (mezcla de partículas cargadas a alta temperatura).
- Tres minutos ($t^a = 3 \times 10^9$ K): se forman los primeros núcleos de átomos (He, Li, Be) en un proceso conocido como **nucleosíntesis primordial**. La bajada gradual de la temperatura hace que este proceso cese pronto, razón por la cual el universo quede con una proporción del 75 % de H y un 25 % de He (como el universo actual, al que hay que añadir la pequeñísima proporción de átomos pesados sintetizados en las estrellas).
- 380.000 años ($t^a = 3.000$ K): los electrones se unen a los núcleos y se forman los primeros átomos. El universo pasa de ser un plasma de partículas cargadas a un gas formado por hidrógeno y helio. Por tanto, se hace transparente y la luz puede viajar libremente al desacoplarse de la materia (aparece la radiación cósmica de fondo, el rastro más antiguo que podemos captar del universo en formación).

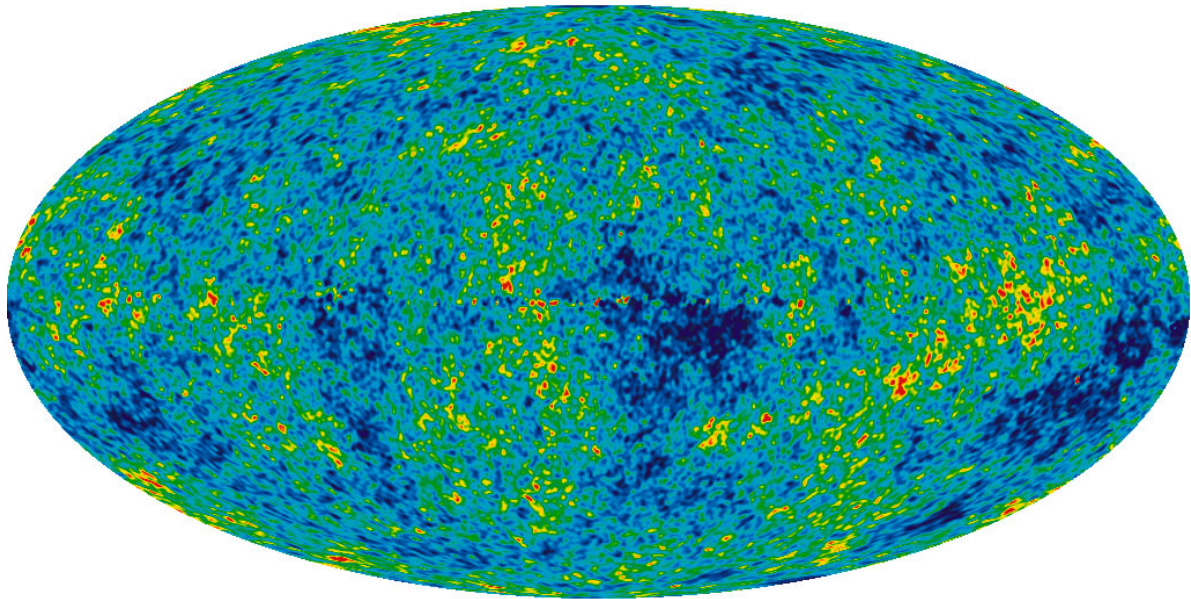


Fuente: www.etc.cam.ac.uk

- 100 millones de años a 1.000 millones de años ($t^a = 2,7$ K), se forman los primeros cuerpos celestes (nebulosas primarias). Las **nebulosas primarias** se empezaron a contraer debido a la atracción gravitatoria de las partículas de H y He. Los átomos chocan y la temperatura aumenta hasta producir las **reacciones termonucleares de fusión** en la que los núcleos de H se unen para formar nuevos elementos químicos más pesados (He primero y después C, N, O, hasta el Fe) y se irradia gran cantidad de energía luminosa. Aparecen entonces las **estrellas primarias**, que se asocian para formar las primeras galaxias.
- 3.000 a 9.000 millones de años: Las estrellas primarias moderadamente masivas cuando acaban su combustible, primero colapsan por acción de la gravedad, lo que vuelve a generar nuevas reacciones nucleares de fusión en donde se forman los elementos más pesados (del Fe hasta el U). La energía generada se libera en una gran explosión, formando **supernovas**, que lanzan al espacio toda la materia que se acumulan en nebulosas secundarias. Éstas son el germen de las **estrellas secundarias** y sus sistemas planetarios asociados (que ya poseen los elementos de la tabla periódica, generadas en el núcleo de las estrellas primarias).

Somos polvo de estrellas:

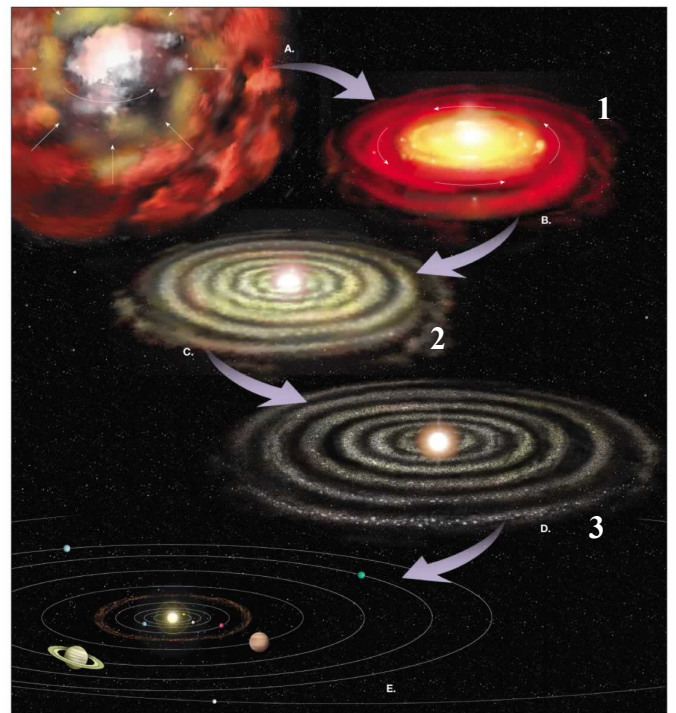
Alrededor del 10 % del peso de un ser humano está formado por el H formado en el Big bang. El resto corresponde a elementos sintetizados en las reacciones nucleares de las estrellas primarias (fundamentalmente 65 % de O, 18 % de C y 3 % de N).



WMAP 5-year
-200 T(μK) +200
Radiación cósmica de fondo (espectro de microondas)

Dado el elevado grado de orden que se observa en el **Sistema Solar**, se tiende a creer que todos los astros integrados en él tuvieron un origen simultáneo. De todos los modelos propuestos para este proceso, el más aceptado sería la de la **teoría nebular**, formulada al final del siglo XVIII por Laplace y que incluye la siguiente secuencia de acontecimientos:

1. Condensación por rotación de Hace 4.570 millones de años, a partir de una nebulosa secundaria, que se comprime por acción de la gravedad o la explosión de una supernova cercana.
2. En el centro de la nebulosa se almacenan más partículas, que chocan más y las temperaturas que se alcanzan permiten la activación de reacciones termonucleares de fusión. Se origina entonces una **estrella** (el sol).
3. En la periferia del disco central, por acción del viento solar, se forman núcleos secundarios en torno a él, formándose los planetas interiores con los elementos más pesados (**planetas rocosos**) y los planetas exteriores con los elementos más ligeros (**planetas gaseosos**).



4- EL EÓN HÁDICO (4.550 – 4.000 m.a.)

El Sistema Solar se formó hace unos 4.550 millones de años a partir de una nebulosa con varios núcleos en torno a uno central de mayor tamaño. En este último se encuentra casi toda la masa nebular y formará el Sol. En cada uno de los núcleos secundarios se produce, por acción gravitatoria, la colisión de los fragmentos materiales en un proceso denominado **acreción**. Estos fragmentos se van haciendo más grandes, convirtiéndose en planetésimos primero y en planetoides después.

La acreción de todos los planetoides en su órbita originó el **protoplaneta** Tierra, un astro formado por materiales fundidos a causa de la energía liberada por las colisiones, la compresión derivada de la acreción y la desintegración de isótopos radiactivos.



Por diferenciación gravitatoria en el seno de esta masa fundida, se fueron separando los componentes de aquella materia fundida por orden de densidades, generando las distintas capas y sistemas terrestres.

De este modo, en la geosfera se origina un núcleo metálico y denso, un manto formado por silicatos de hierro y magnesio y una corteza externa sólida generada por el enfriamiento terrestre que se produce tras el fin de las colisiones. Después,

los silicatos de aluminio (más ligeros) forman la corteza continental, mientras que los silicatos de hierro y magnesio (más densos) forman la corteza oceánica.

La **desgasificación interna** consistente en la expulsión de los gases del manto a la superficie mediante una intensa actividad volcánica origina una **atmósfera primitiva** formada por CO₂, N₂, vapor H₂O y H₂. Además, queda retenida por el campo gravitatorio terrestre y por una temperatura superficial lo suficientemente baja como para que las partículas gaseosas no escapen de la atracción terrestre.

Los meteoritos, más probablemente cometas, al chocar contra la Tierra incandescente, incorporan el agua que tienen al interior terrestre. Durante la desgasificación, sale el vapor de agua y se incorpora a la atmósfera primitiva. El progresivo enfriamiento de la Tierra provoca la condensación y posterior precipitación del agua, generándose la **hidrosfera**.

También en este eón se forma **la luna**, según la teoría más aceptada, probablemente por un fuerte impacto de un gran cuerpo celeste, que expulsó gran cantidad de masa fundida en órbita. Por un proceso similar a la acreción, se originó nuestro satélite.

5- EL EÓN ARCAICO (4.000 – 2.500 m.a.)

Los primeros fósiles de los que se tiene constancia tienen una edad de 3.800 millones de años y corresponden a unas cianobacterias (que producen los estromatolitos, estructuras surgidas de la acumulación de materiales de las vainas de estos microorganismos) por lo que la vida tuvo que surgir unos 400 millones de años antes.

Según la teoría más aceptada, la vida se originó mediante una síntesis abiótica a partir de



componentes gaseosos de la atmósfera primitiva para generar compuestos orgánicos sencillos mediante al aporte energético de descargas eléctricas y la desintegración de isótopos radiactivos. Estas sustancias precipitaron hacia los océanos, en donde se produce la evolución bioquímica posterior hacia la formación de las primeras células. Los seres vivos actúan también sobre los demás sistemas terrestres:

- La fotosíntesis (sobre todo de cianobacterias) permitió el cambio de la atmósfera primitiva reductora, por la actual oxidante (con oxígeno).
- Se originan los suelos.
- Se activan los ciclos biogeoquímicos, que hace que aparezcan nuevas rocas de origen orgánico (combustibles fósiles y rocas carbonatadas).

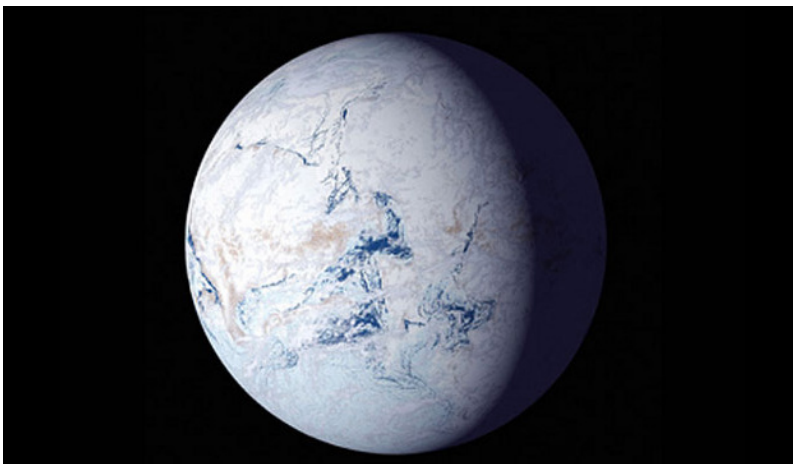
Las rocas más antiguas datadas tienen unos 3.800 millones de años (Groenlandia). Durante este periodo de tiempo la Tierra se enfrió y se formó la corteza sólida y todo hace indicar que hace 2.700 millones de años una tectónica de placas semejante a la actual, aunque el tamaño de las placas era menor y el flujo energético mayor, por lo que las deformaciones implicaban a toda la masa continental (todavía pequeña) y no a los bordes como actualmente ocurre.

6- EL EÓN PROTEROZOICO (2.500 - 542 m.a.)

Se caracteriza por la presencia de una litosfera rígida y bien consolidada, en la cual tiene lugar una tectónica de placas como la que en la actualidad conocemos. En la parte final del eón (1.000 m.a), se formó un supercontinente denominado Rodinia y que empieza a fragmentarse hace unos 750 m.a.



Reconstrucción hipotética de Rodinia



La Tierra como gran *bola de hielo* durante la glaciación eocámbrica

ca estaría detrás de las intensas glaciaciones proterozoicas.

Durante esta época se produjo la evolución de los seres vivos procariontes que habían aparecido en la era anterior. Los cambios externos no son muy significativos, pero si lo debieron ser los bioquímicos:

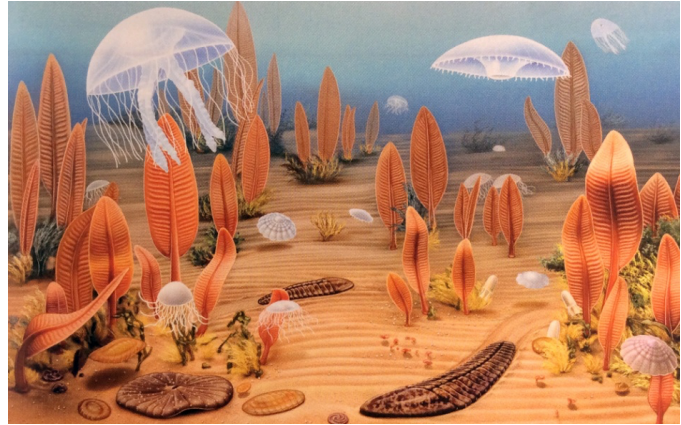
- La fotosíntesis produjo el cambio progresivo de una atmósfera reductora a una oxidante (al inicio del eón sólo había un 0,02 % de O₂ atmosférico). Esto se constata por la

En esta época se produce la cuarta y última glaciación que registran las tillitas de este eón. Se trata de la glaciación eocámbrica o vendiense, que pasa por ser la más intensa de la historia geológica, pues se generalizó a todos los continentes, aunque sin llegar a congelar toda la hidrosfera (lo que sirvió como refugio de los seres vivos). Se cree que la drástica reducción del CO₂ atmosférico debido a la actividad fotosintética

observación de rocas oxidadas como los hierros bandeados (láminas de óxidos de hierro acumulados en potentes estratos). Este oxígeno se transforma en ozono (O₃) en la estratosfera, en donde forma la capa de ozono que filtra la mayoría de los rayos ultravioleta y permitirá la vida terrestre en el siguiente eón.

- Aparición de los primeros seres vivos eucariotas (hace 1.400 m.a.). por endosimbiosis.
- Diversificación muy rápida hace unos 700 millones de años.

Hace unos 670 millones de años apareció el primer grupo de animales pluricelulares de la que se tiene constancia, denominado conjuntamente como **fauna de Ediacara**. Son fósiles caracterizados por la ausencia de esqueleto y su simetría radial o helicoidal. Algunos de estos animales (de organización supuestamente diblástica, como los cnidarios) vivían fijos al sustrato, mientras que otros eran reptadores o nadadores.

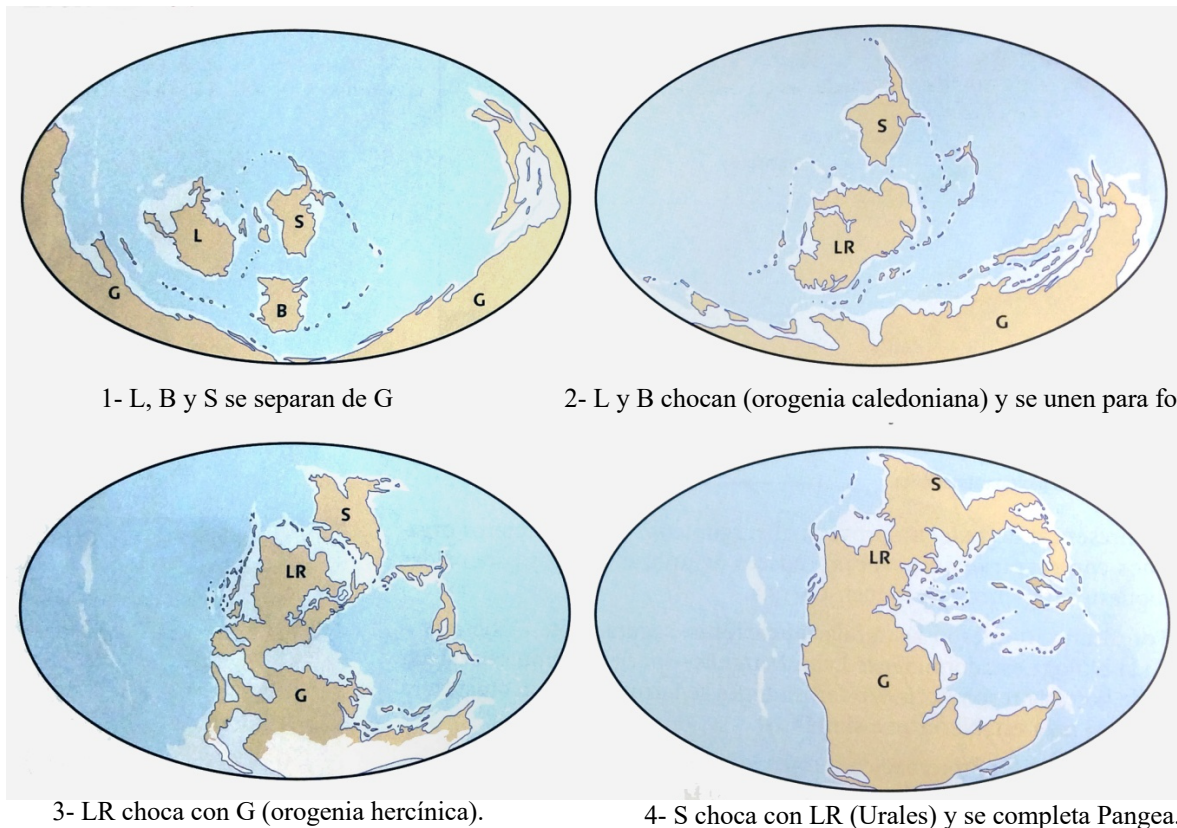


7- EL PALEOZOICO (542- 251 m.a.)

El Paleozoico es la primera era del eón Fanerozoico. La aparición súbita de abundantes fósiles de animales con caparazón marca la frontera entre este eón y el anterior.

Geología:

Al fragmentarse la **Rodinia**, se originaron diferentes masas continentales que se volvieron a juntar durante el Pérmico para formar un nuevo supercontinente denominado **Pangea**, rodeado de un superocéano llamado **Pantalasa**.



G: Gondwana (África, Suramérica, Australia, India y Antártida); **L: Laurentia** (Norteamérica y Groenlandia); **B: Báltica** (Rusia y norte de Europa), **LR: Laurusia** (Laurentia y Báltica); **S: Siberia**.

Como consecuencia de las colisiones entre los fragmentos continentales, se produjeron dos grandes orogenias:

- **La orogenia caledoniana.** Ocurrió durante el Silúrico y el Devónico a consecuencia del choque entre los continentes Báltica y Laurentia. Afectó a lo que es ahora el norte de Europa (Noruega, Islas Británicas, Groenlandia) y Norteamérica. Los montes Caledonianos en Escandinavia y los Apalaches en Norteamérica no son sino las mitades de un antiguo orógeno de colisión que se habrían separado al abrirse el Océano Atlántico.
- **La orogenia herciniana.** Se produce en el Carbonífero a consecuencia del choque entre Gondwana y Laurasia para formar el supercontinente Pangea. Las muestras de esta orogenia se encuentran en el este de América, SO de Europa y el norte de África.

Clima:

Durante los primeros 70 millones de años del Paleozoico el clima era más cálido que el actual como se demuestra por la abundancia de depósitos calizos (las primeras, formadas por arqueociátidos). Destacan en esta era dos glaciaciones:

- **Silúrico – ordovícica** (470 – 410 m.a), que afectó principalmente al norte africano.
- **Permo – carbonífera** (340 – 255 m.a.), que afectó a la totalidad de Gondwana. En los continentes norteños, el clima era cálido y húmedo.

Durante el Pérmico las temperaturas aumentaron y llegaron a originar un clima árido, produciéndose los mayores depósitos de rocas salinas de la historia de la Tierra.

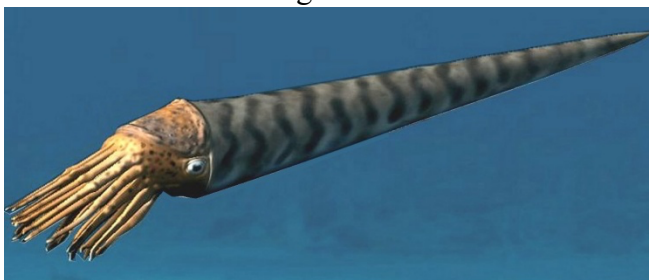
Flora:

Hace algo más de 400 millones de años las primeras plantas conquistan el medio terrestre y 30 millones de años después aparecen las primeras gimnospermas. Durante el Carbonífero, los helechos arborescentes (*Glosopteris* y *Lepidodendron*) y los equisetos gigantes (*Calamites*) formaron grandes bosques en zonas pantanosas y cálidas que más tarde originaron los yacimientos de carbón que son explotados en la actualidad.

Fauna:

El registro fósil durante el inicio del paleozoico aumenta de forma repentina, tal es así que los paleontólogos lo han denominado la **explosión del Cámbrico** caracterizada por su gran diversidad y porque la mayoría de los animales están provistas de conchas o de esqueleto. La fauna característica de este periodo es la siguiente:

- **Moluscos cefalópodos** nautiloideos (Nautiloideos, Orthoceras y Goniatites)
- Esponjas y **arqueociátidos**, organismos análogos a las esponjas que vivieron en el Cámbrico y formaban arrecifes costeros, junto a corales.
- **Trilobites:** artrópodos con un par de antenas y un cuerpo dividido en tres partes: escudo cefálico, tórax y pigidio. Se utilizan como fósil guía de esta era.

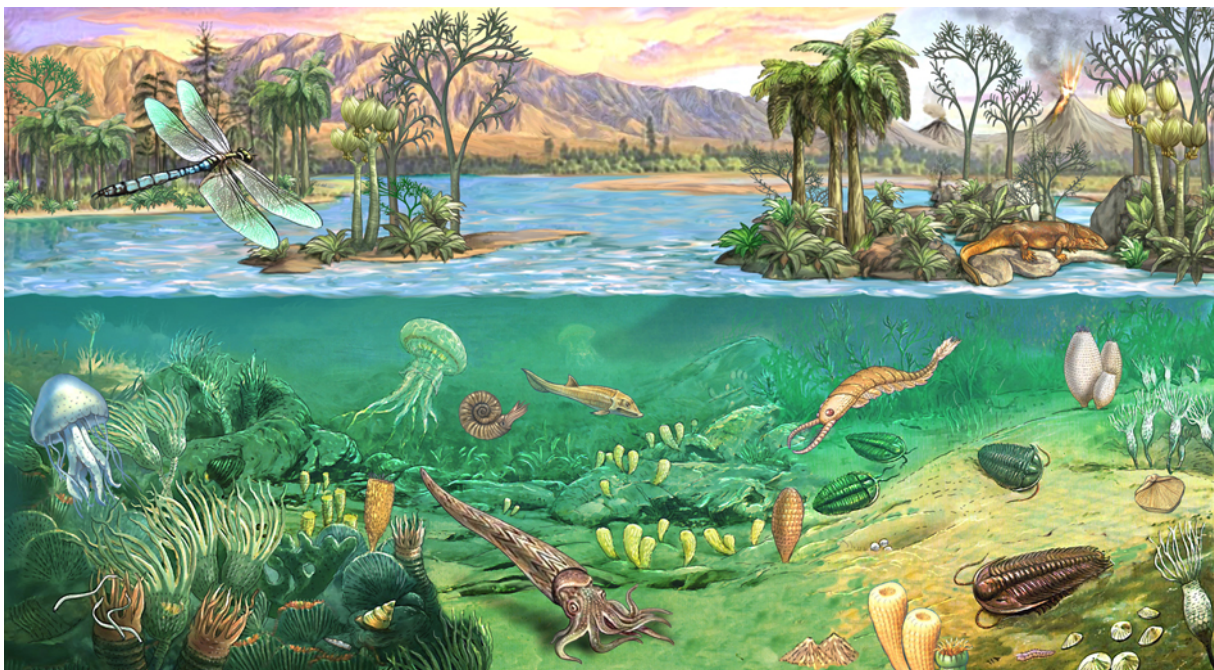


- **Graptolitos:** animales marinos que formaban colonias flotantes existentes principalmente entre el Silúrico y el Ordovícico.
- **Fusulinas:** foraminíferos fósiles que aparecieron en el Cámbrico, pero no tienen importancia hasta el Carbonífero, momento en que se acumulan sus caparazones para formar gruesas capas de calizas.
- **Braquiópodos:** organismos con dos valvas y de vida sésil (fijos en el fondo del mar). Fueron muy abundantes en el Paleozoico desde el Cámbrico y persisten en la actualidad de una forma muy residual.
- Hace unos 500 millones de años aparecen los **agnatos**, los primeros peces sin mandíbula.



Éstos se diversificaron durante el Ordovícico para generar el resto de los grupos de peces, ya con mandíbulas. Un grupo destacable fue el de los peces acorazados (los **placodermos**).

Se produce también un hecho biológico muy importante como es la conquista del medio terrestre; además de las plantas anteriormente citadas, existen animales como escorpiones en el Devónico y grandes insectos voladores en el Carbonífero. Algunos peces desarrollaron patas y pulmones y acabaron originando a los anfibios durante el Devónico (hace 360 millones de años). Más tarde y a partir de estos anfibios surgirían los reptiles.



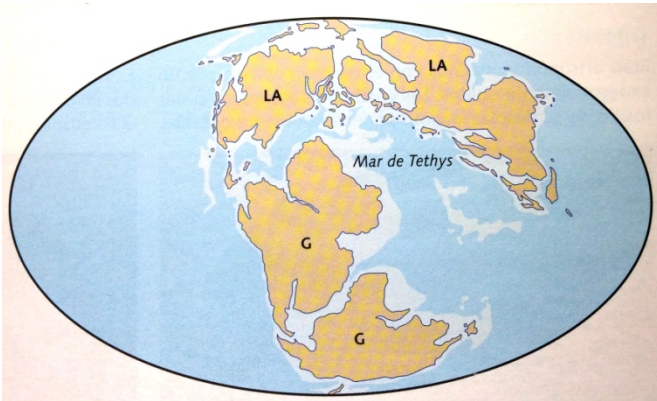
El fin del Paleozoico lo marca la **gran extinción del Pérmico**, la más importante de toda la historia geológica (con la desaparición de 150 familias y el 95% de las especies marinas), a causa de cambios climáticos y paleogeográficos, como consecuencia de las orogenias, las colisiones continentales y la reactivación del vulcanismo que suponen estos procesos. El CO₂ emitido potencia el efecto invernadero, lo que genera el calentamiento del mar y la disminución del O₂ disuelto, lo que hace que aparezcan condiciones de anoxia.

8- EL MESOZOICO (251 – 65 m.a.)

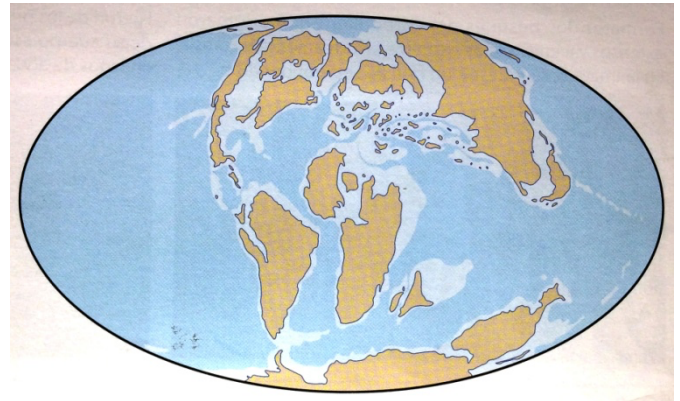
Esta era comprende tres periodos: **Triásico**, que llega hasta 208 millones de años, **Jurásico**, hasta hace 144 millones de años y el **Cretácico**, que da fin a la era hace unos 65 millones de años y viene marcada por la extinción de los dinosaurios.

Geología:

A consecuencia de una distensión cortical, hace unos 200 millones de años, la Pangea empezó a fragmentarse, por lo que aparecen dos supercontinentes: Laurasia y Gondwana, separados ambos por el mar de Tetis. Posteriormente, se abre el océano Atlántico, por lo que estos dos supercontinentes se fragmentan para dar lugar a los actuales. De esta manera Laurasia se escinde en Eurasia y Norteamérica, y Gondwana en Sudamérica, Australia, África, Antártida, Arabia y la India.



Se abre el mar de Tethys y se separan Laurasia (LA) de Gondwana (G)



Se abre el océano Atlántico y Gondwana y Laurasia se escinden en los continentes actuales

Como resultado de la dispersión de los continentes se produjeron diferentes colisiones que iban a desembocar en la **orogenia alpina** del terciario. Su comienzo se cifra en hace 100 m.a en la denominada orogenia **circunpácífica**, que originó las Montañas Rocosas y los Andes. En este espacio de tiempo casi la mitad de los continentes quedaron inundados y como consecuencia de ello se depositaron potentes capas de calizas y se formaron el 60% de los yacimientos petrolíferos que conocemos en la actualidad.

Clima:

El clima se mantiene cálido y homogéneo durante el Mesozoico, gracias a la gran efectividad en la redistribución del calor de las corrientes oceánicas y atmosféricas debido a la existencia de un sólo océano.

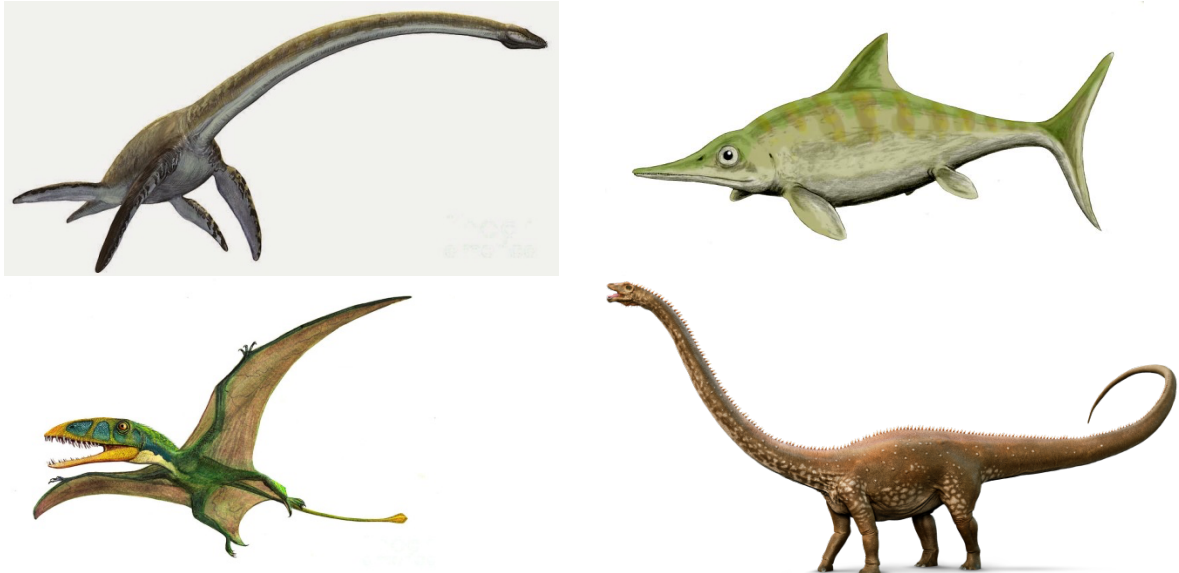
Al final de esta Era se produjo un cambio climático y muchas especies no pudieron resistirlo con lo que se extinguieron como es el caso de los dinosaurios y los ammonites. Una de las hipótesis que se barajan para explicar este cambio climático es el choque de un gran meteorito que produjo una importante nube de polvo estratosférico que enfrió la Tierra (registrada en el límite K-T, una fina capa de separación entre los estratos del cretácico y del terciario, rica en iridio). Otros científicos dicen que se debió a un aumento en las erupciones volcánicas, con similares efectos (las cenizas se dirigen a la estratosfera). Actualmente existe una tercera teoría que aglutina a las dos anteriores, considerando que el choque del meteorito activó la actividad vulcanológica.

Flora:

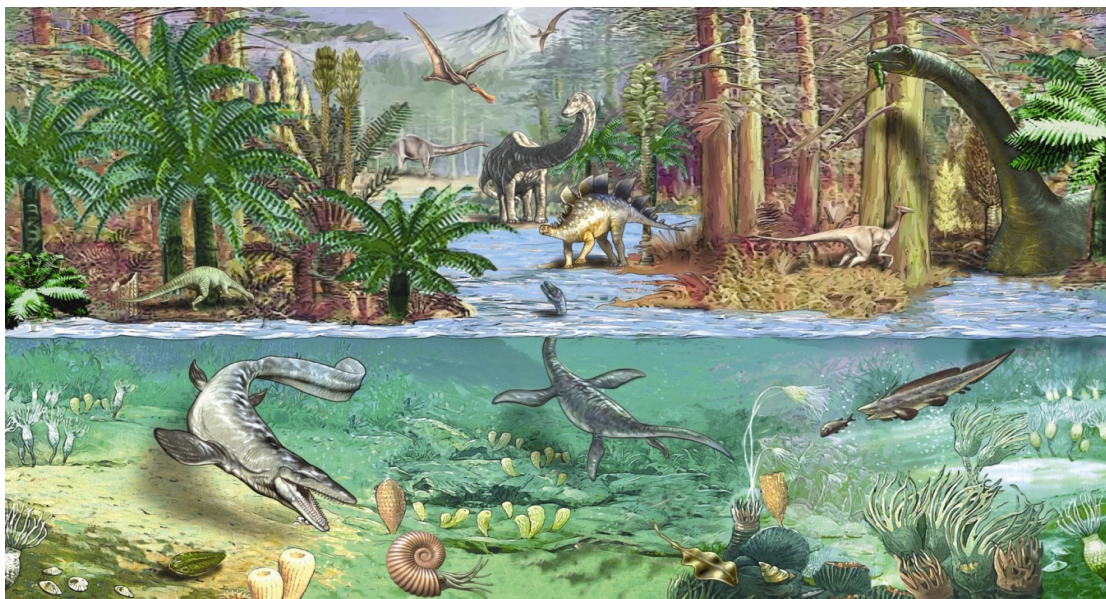
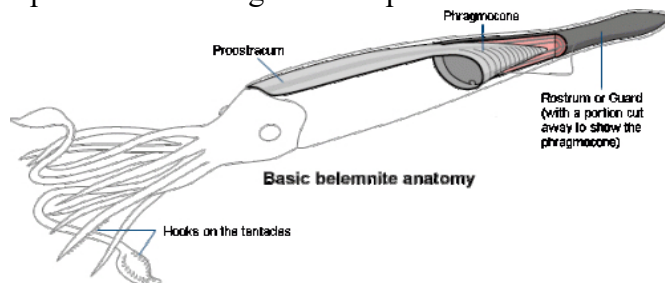
Las **coníferas** tuvieron un gran desarrollo durante casi todo el Mesozoico. Sustituyeron a los helechos gracias a la capacidad de formar semillas, lo que les permitía la vida, la reproducción y la dispersión en las secas condiciones del ambiente terrestre. Hacia el final del Cretácico, ya aparecen las **angiospermas** (con flores y frutos).

Fauna:

El acontecimiento principal fue la gran diversificación que alcanzaron los reptiles y el tamaño que llegaron a alcanzar algunos herbívoros. Los **ictiosaurios** y **plesiosaurios** colonizaron el medio acuático, los **dinosaurios** el medio terrestre y los **pterosaurios** dominaban el medio aéreo. Durante esta era aparecen las aves (procedentes de los dinosaurios) y los primeros mamíferos (procedentes de los terápsidos), de pequeño tamaño y hábitos nocturnos gracias a su homeotermia.



En el medio acuático es de destacar la existencia de dos grandes grupos de cefalópodos: los **ammonites**, que presentan una concha enrollada en espiral y los **belemnites**, con una concha interna maciza y alargada. Aparecen también los hexacorarios, gracias a las condiciones cálidas de los océanos (responsables de los grandes depósitos de caliza del cretácico).

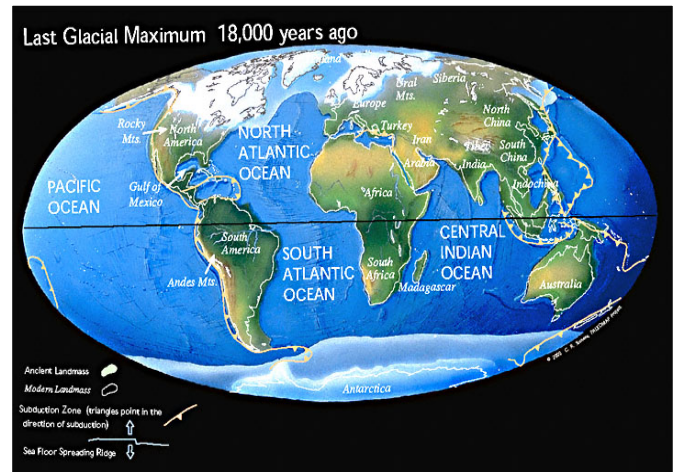
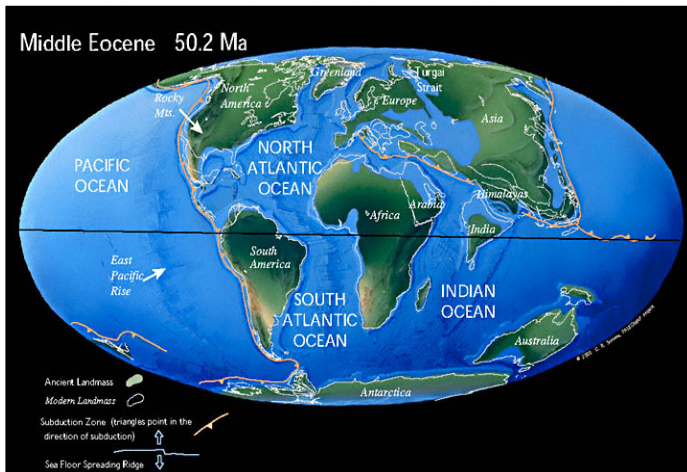


9- EL CENOZOICO

Comprende los últimos 65 millones de años y se divide en dos periodos que son el Terciario y el Cuaternario. El primero comprende desde el inicio de la era hasta hace dos millones de años y el segundo hasta la actualidad.

Geología:

Durante este periodo los continentes alcanzaron la posición que ocupan en la actualidad, de tal forma que se completó la apertura del Atlántico, se originó el Mar Rojo (por separación de África y Arabia), se estableció el istmo de Panamá y se completó la orogenia alpina, con la formación del sistema alpino – himaláyico (Pirineos, Alpes, Cárpatos, Cáucaso, Zagros, Pamir, Tien San, Himalaya, etc.) debido al cierre del mar de Tetys y la colisión de la India con Eurasia.



Clima:

La dispersión continental provoca la interrupción de las corrientes oceánicas y la formación de relieves durante la orogenia alpina impiden la entrada de vientos húmedos marinos. Todo esto lleva a una tendencia del clima a hacerse más frío y árido durante el Terciario. Por esta razón se produce la formación de los casquetes polares al final de la Era, favorecidos por la presencia de un océano cerrado en el norte (no le llegan las corrientes cálidas, lo que forma la banquisa ártica y el casquete de Groenlandia) y de un continente en el sur (casquete glaciar antártico).

Esta tendencia desencadena las glaciaciones cuaternarias, de tal forma que en el Pleistoceno la cubierta glacial llegó a ser tres veces la actual. Hay muchas evidencias (formas de erosión y sedimentación, tills, etc) de épocas glaciares múltiples separadas por períodos interglaciares más cálidos. Actualmente nos encontramos en una época interglaciar.

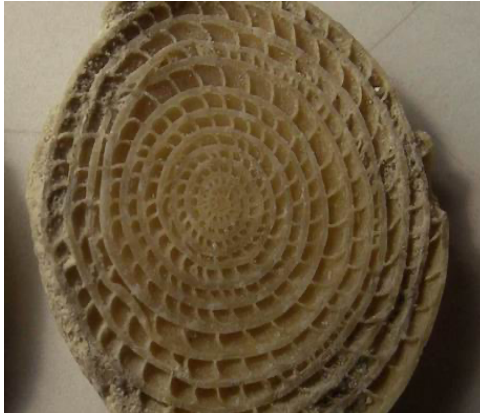
Flora:

Las **angiospermas** se extendieron con gran rapidez gracias a la existencia de una polinización entomógama (más eficaz y específica) y a la producción de semillas protegidas por el fruto con una cubierta carnosa atractiva a insectos y vertebrados, lo que favorece la dispersión.

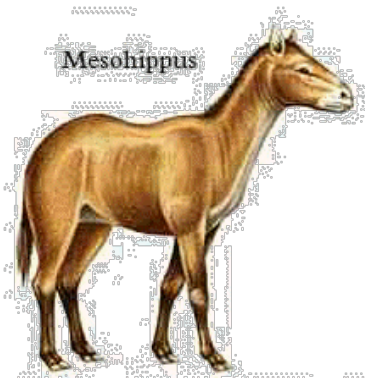
Al aumentar la estacionalidad del clima, se desarrollan los anillos anuales de crecimiento (con un crecimiento máximo en primavera y mínimo en invierno), aparecen las especies caducifolias (dejan caer su hoja en las épocas desfavorables, tanto frías como secas) y también las especies herbáceas anuales como las gramíneas (sólo se desarrollan durante la época favorable, pasando la desfavorable en forma de semillas).

Fauna:

- Entre los artrópodos, se produce una nueva expansión de los **insectos**, favorecidos por la relación simbiótica con las angiospermas.
- Entre los foraminíferos (protozoos unicelulares con concha) se desarrollan los **Nummulites** (fósiles guía del cenozoico).
- Aparecen y se diversifican los peces **teleósteos** (actualmente dominantes).



- Las **aves** y los **mamíferos**, surgidos en el Mesozoico, fueron los más beneficiados por la desaparición de estos grandes reptiles, lo que dejó vacantes bastantes nichos. Sobre todo, los mamíferos, con un cerebro más grande y un comportamiento social más complejo, conquistaron todos los medios gracias a la posibilidad de controlar su temperatura corporal.
- Al finalizar la era, aparecieron los primeros primates y los primeros homínidos (como el *Australopithecus*), que evolucionarían durante el Cuaternario hasta dar lugar a nuestra especie.



Basilosaurus

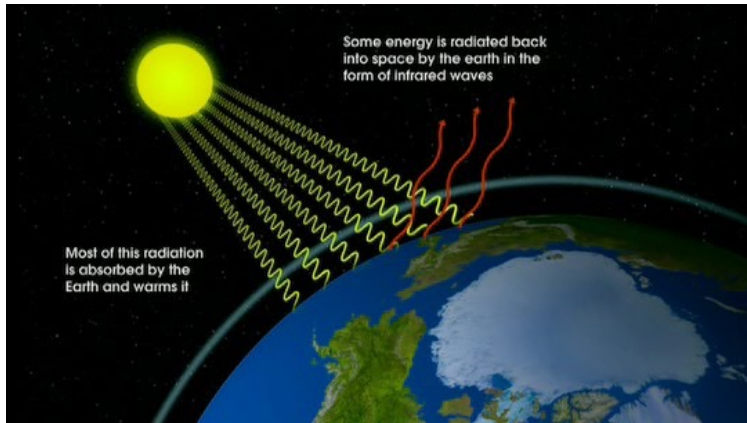


Australopithecus

ERA	GEOLOGÍA	CLIMA	FLORA	FAUNA
PRECÁMBRICO (4500 – 570 m.a)	<ul style="list-style-type: none"> - Origen de la Tierra (4.500 m.a) por acreción y de la corteza oceánica por enfriamiento. - Crecimiento gradual de la corteza continental. - Hace 1000 m.a. los continentes reunidos en un supercontinente: Rodinia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Atmósfera primitiva anóxica (CO₂, v H₂O, N₂) por desgasificación. - Cambio a una atmósfera oxidante (con O₂) por acción de cianobacterias fotosintéticas. - Clima variable (con glaciaciones y épocas invernadero). 	<ul style="list-style-type: none"> - Origen de la vida. - Cianobacterias (forman estromatolitos). 	<ul style="list-style-type: none"> - Protoctistas. - Primeros metazoos de cuerpo blando (fauna de Ediacara).
PALEOZOICO (570 – 230 m.a.)	<ul style="list-style-type: none"> - Dispersión continental de fragmentos de Rodinia: Gondwana y Laurasia - Reunión final de estos continentes en otro supercontinente: Pangea. - Dos orogenias: caledoniana (<i>Escocia, Apalaches</i>) y hercínica (<i>Macizo ibérico</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Clima cálido al principio. - Dos glaciaciones: Ordovícico – Silúrica (Gondwana) y carbonífera, con una periodo templado – húmedo entre ambos. - Clima árido y continental al final (Pangea). 	<ul style="list-style-type: none"> - Primeras plantas terrestres. - Grandes bosques de helechos, equisetos y gimnospermas, que generan depósitos de carbón. 	<ul style="list-style-type: none"> - Invertebrados marinos con exoesqueletos y conchas: trilobites, braquiópodos, equinodermos, gasterópodos, bivalvos y cefalópodos con concha. - Primeros vertebrados: agnatos y peces acorazados. - Primeros animales terrestres: Insectos, anfibios y reptiles.
			Gran extinción pérmica al final de la era.	
MESOZOICO (230 – 65 m.a.)	<ul style="list-style-type: none"> - Apertura de los océanos Atlántico e Índico y fragmentación de Pangea. - Depósitos de sedimentos en la plataforma continental. - Orogenias en América: <i>Andes</i> y <i>Rocosas</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - De árido a cálido y húmedo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominio de las gimnospermas. - Aparecen las angiospermas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cefalópodos: ammonites y belemnites. - Dominio de los reptiles terrestres (dinosaurios), acuáticos (ictiosaurios y plesiosaurios) y voladores (pterosaurios) - Aparecen las aves y los mamíferos.
			Extinción cretácica (límite K – T) al final de la era.	
CENOZOICO (65 – 0 m.a.)	<ul style="list-style-type: none"> - Separación de los continentes por expansión del Atlántico e Índico. - Orogenia Alpina: formación de las cordilleras del sur de Eurasia (<i>Atlas, Pirineos, Alpes, Cárpatos, Cáucaso, Zagros, Himalaya</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> - Progresivamente más frío a lo largo del terciario. - Glaciación cuaternaria: 4 periodos glaciares con sus periodos interglaciares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dominio de las angiospermas, gracias a la alianza con los insectos polinizadores. - Aparecen las plantas caducifolias (climas templados). 	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de los numulites (foraminíferos), peces óseos, mamíferos, aves e insectos. - Aparición de los homínidos.

10- EL CALENTAMIENTO GLOBAL

El **efecto invernadero** es un fenómeno consistente en la absorción por parte de unos gases atmosféricos (los **gases invernadero** como CO₂, H₂O, CH₄, etc) de radiaciones del espectro infrarrojo (de una longitud de onda entre 700 y 1.300 nm.), producidos por la irradiación de calor por parte de la superficie terrestre al devolver la energía solar absorbida. Este fenómeno natural produce un aumento de 33° C en la temperatura media atmosférica (de -18°C a 15°C), lo que permite la presencia de agua líquida y de la vida.



La radiación solar que llega a la superficie terrestre es irradiada de nuevo al espacio en forma de radiación Infrarroja

Los gases de **efecto invernadero** (CO_2 , vapor de agua, metano) captan buena parte de la radiación infrarroja emitida, impidiendo su salida al espacio exterior, por lo que las temperaturas medias aumentan.

	Temperatura real	Temperatura teórica
Venus	445 ° C	115 ° C
Tierra	15 ° C	- 18 ° C
Marte	- 55 ° C	- 63 ° C

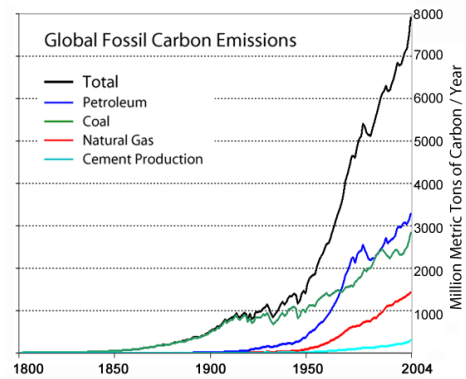
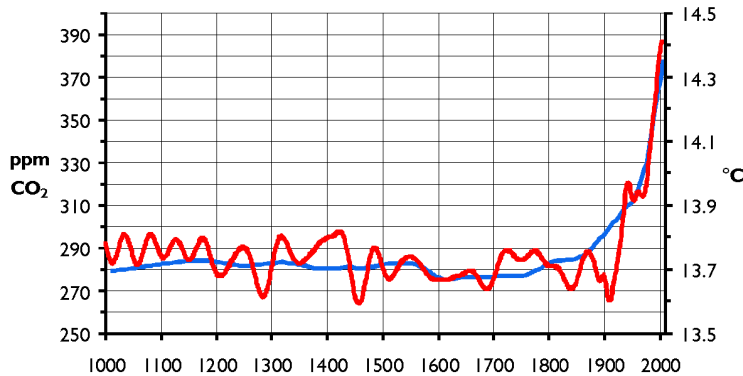
A lo largo de la historia geológica, el clima no ha permanecido inalterable, puesto que se han sucedido periodos invernadero cálidos con episodios fríos que en casos extremos han originado glaciaciones. Estos cambios climáticos se han producido por la sucesión de causas naturales de distintos tipos:

- Los factores **astronómicos** son cambios cíclicos de la intensidad o la incidencia de la radiación solar. Son variaciones de la radiación solar (ligados a la presencia de manchas solares), en la excentricidad de la órbita terrestre y en la inclinación de su eje de rotación. También se incluyen los impactos de cometas y meteoritos, que liberan gases y partículas.
- Los factores **geológicos** pueden ser la deriva continental (modifica la distribución de los océanos y por tanto de sus corrientes), la formación de cordilleras que pueden hacer de barreras climáticas o el vulcanismo, que puede emitir CO_2 (favorece el calentamiento) o cenizas (favorecen el enfriamiento al apantallar la radiación solar si llegan a la estratosfera)
- Existen factores **biológicos** que favorecen el enfriamiento, como la actividad fotosintética o favorecen el calentamiento, como la liberación de CH_4 por parte de microorganismos fermentadores (en zonas pantanosas o en el estómago de los rumiantes)

A partir del análisis del aire contenido en núcleos de hielo tomados en la Antártida, se ha podido observar que la concentración del CO_2 y la temperatura siguen curvas paralelas. Por otro lado, los datos de los dos últimos siglos muestran un incremento correlativo de ambos parámetros. Por ello, actualmente, es aceptado por gran parte de la comunidad científica la idea de que el efecto invernadero se está incrementando en gran medida por acción antrópica, lo que desencadena el **calentamiento global**. Esta idea surge porque, además de los factores naturales aludidos anteriormente, existen actividades humanas que emiten **gases de efecto invernadero** como las siguientes:

- El uso de combustibles fósiles y de biomasa para el transporte o la generación de energía, que emiten CO_2 y N_2O .

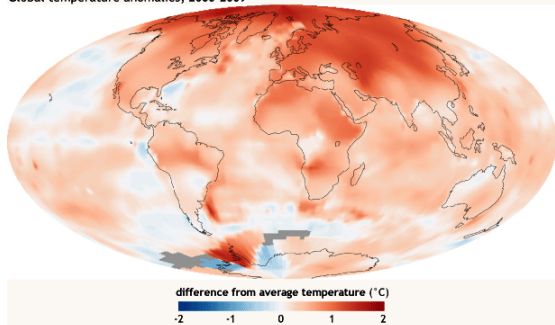
- Las emisiones de CH₄ debido a fermentaciones de materia orgánica en vertederos, granjas de ganado vacuno, arrozales y zonas pantanosas. También de escapes de gas natural.
- La producción de CO₂ como consecuencia de la deforestación realizada mediante incendios (accidentales o intencionados).
- La fertilización agrícola y la fabricación de fibras sintéticas, que producen N₂O.
- La generación de ozono troposférico como consecuencia de reacciones fotoquímicas en los que están implicados componentes de la contaminación urbana.



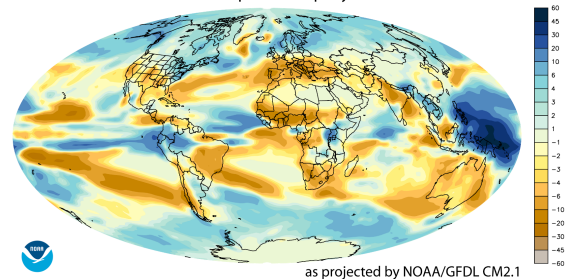
Las **consecuencias** del calentamiento global (del orden de 0,3°C /10 años, aunque puede ser mayor en latitudes medias y altas) son las siguientes:

1. **Aumento del nivel del mar** por la fusión de los casquetes polares (0,65 m para el 2100) y por la expansión de los océanos a causa de la dilatación del agua. Esto a su vez tiene las siguientes consecuencias:
 - Inundación de áreas costeras densamente pobladas (islas y deltas).
 - Desaparición de lagunas costeras y marismas (origen de muchos organismos marinos, lo que acarrea una disminución de la pesca).
 - Avance de las zonas batidas por temporales y salinización de acuíferos.
2. El incremento en prácticamente todo el globo de las temperaturas medias va a generar un **cambio climático** tendente al aumento de acontecimientos climáticos extremos (huracanes, ciclones, inundaciones y olas de calor o de frío) en cantidad e intensidad.

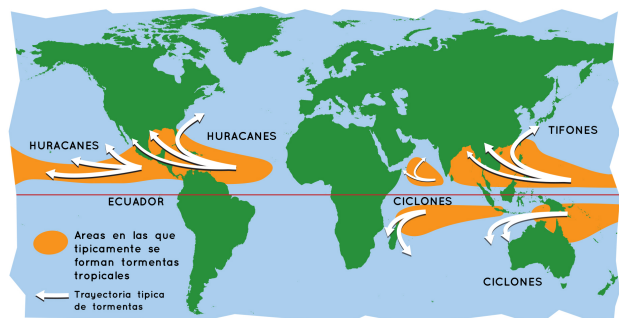
Global temperature anomalies, 2000-2009



CHANGE IN PRECIPITATION BY END OF 21st CENTURY
inches of liquid water per year



Al haber más evaporación por el incremento de la temperatura, aumentan las sequías en algunos lugares (generalmente latitudes bajas) o las precipitaciones se hacen más abundantes en lugares donde llegan los vientos húmedos (más bien latitudes altas).

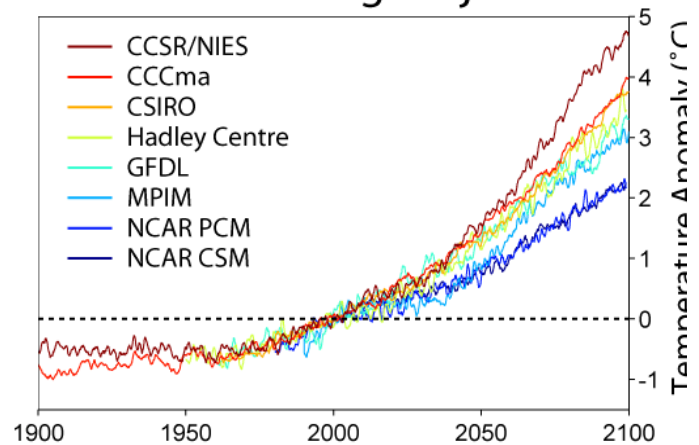


3. **Acidificación de los océanos** debido a la disolución del CO₂ en el agua, que produce ácido carbónico. Esta disminución del pH interfiere en la formación de caparzones y esqueletos calcáreos de corales, moluscos, equinodermos y foraminíferos, pudiendo causar su muerte.
4. **Desertificación** de amplias zonas (especialmente las de propensión subárida) como consecuencia de la reducción de las precipitaciones o la tendencia al carácter irregular de los mismos, algo que puede favorecer la erosión de los suelos y la extensión de las condiciones de aridez.
5. **Pérdida de ecosistemas y de biodiversidad** puesto que el cambio climático puede suponer la alteración de la distribución de los recursos hídricos y la desaparición de especies estenotermas
6. **Desplazamiento a latitudes superiores** de cultivos (donde hay peores suelos) o de algunas enfermedades tropicales como la malaria.
7. El impacto sobre las sociedades humanas de las **migraciones masivas** que se pueden producir por las sequías o la pérdida de terrenos de cultivo por desertificación o inundaciones asociadas al aumento del nivel del mar.

Las medidas que se pueden tomar para frenar el calentamiento global se basan en la reducción de los niveles de gases invernadero (especialmente el CO₂), mediante dos vías:

- **Reduciendo las emisiones** mediante la mejora de la eficiencia energética, la descarbonización en la generación de energía (menor uso de combustibles fósiles y más uso de energías limpias y/o renovables), el cambio de hábitos (alimentación, consumo, movilidad) o la planificación urbana. Todo esto se debe coordinar a través de leyes estatales y acuerdos internacionales (protocolo de Kioto de 1997 y acuerdos tomados en las distintas cumbres del clima).
- Activando los **sumideros de CO₂** que atrapan este gas (el más relevante en este problema ambiental) como los bosques (transforman el CO₂ en biomasa por fotosíntesis), los arrecifes de coral (toman el HCO₃⁻ disuelto en el agua para formar sus estructuras esqueléticas) o las trampas de CO₂ ubicados a mucha profundidad en lugares de gran estabilidad geológica (por ejemplo, yacimientos agotados de gas natural).

Global Warming Projections



11- EL ANTROPOCENO Y EL PROBLEMA DE LOS RESIDUOS

El término **antropoceno** ha sido popularizado en las última décadas por el premio Nobel P. Cruzen y se refiere a una nueva etapa geológica que sustituiría al holoceno (definido a partir del término del último periodo glaciario del cuaternario). Dado su carácter informal (y controvertido), más que una unidad cronoestratigráfica, se prefiere considerar al antropoceno como un evento geológico caracterizado por los impactos ambientales del ser humano, especialmente a partir de la revolución industrial del siglo XVIII, como el aumento de la concentración del CO₂ atmosférico (el calentamiento global), la rápida pérdida de especies (la sexta extinción) y la acumulación de residuos (plásticos, cementos, residuos nucleares y demás desechos) que tendrán un registro geológico en los estratos.

Denominamos **residuo** a todo material resultante de un proceso de fabricación, utilización y consumo que es abandonado por carecer de utilidad. Generalmente están en estado sólido, por lo que no extienden la contaminación más allá del vertido, aunque en parte pueden

pasar al aire o al agua. La superpoblación, el desarrollo económico y el progreso tecnológico son los factores que han hecho incrementar de forma significativa la cantidad y variedad de los residuos, hecho que constituye uno de los más importantes problemas a los que se enfrenta la humanidad.

5.1- TIPOS DE RESIDUOS

1. **Residuos sólidos urbanos (R.S.U.):** son producidos en poblaciones y lugares de influencia, como domicilios (basuras, muebles, piezas de electrodomésticos), comercios (embalajes), construcción (escombros), limpieza de calles (animales muertos) y actividades sanitarias en hospitales. Tienen componentes inertes (metal, vidrio, tierra, escombros y electrodomésticos), residuos orgánicos y combustibles (papel, cartón, plásticos, madera, goma y materiales textiles).

La cantidad de las R.S.U. aumenta debido al crecimiento y concentración de la población, el uso de envases no retornables y el uso de materiales de difícil degradación.

2. **Residuos agrícolas, ganaderos y forestales,** consistentes en restos de materia orgánica vegetal (pajas y ramas) o animal (purines y estiércol). El exceso de restos vegetales favorece la aparición de plagas y aumenta el riesgo de incendios, mientras que el exceso de restos animales genera malos olores, contaminación de aguas y problemas sanitarios.
3. Los **residuos sólidos industriales** son subproductos de la industria, muchas veces recuperados en las propias fábricas o en plantas de tratamiento. Pueden ser inertes, de baja o nula toxicidad, pero con impacto en cuanto a que ocupan un espacio (escombros, roca triturada en extracciones mineras o de áridos, lodos inertes, cenizas y escorias) o tóxicos y peligrosos, como metales pesados, ácidos fuertes y sustancias radiactivas.
4. **Residuos sanitarios:** generados por la actividad médica y sanitaria. Son peligrosos por la contaminación microbiana que presentan (pueden transmitir enfermedades).
5. **Residuos radiactivos:** generados en actividades médicas o de investigación, aplicaciones industriales en aparatos de medida y detección (pararrayos) y sobre todo en la obtención de energía y armamento nuclear. Su peligrosidad se deriva de la elevada toxicidad al ser mutágenos y cancerígenos combinada con su elevada persistencia en el medio (hasta 100.000 años antes de desintegrarse).

5.2- LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

La acumulación de los R.S.U. genera una serie de impactos como el deterioro del paisaje, malos olores e incendios por autocombustión de los gases generados, humos peligrosos que contaminan el aire, contaminación de las aguas superficiales y subterráneas por el lavado de las aguas de las precipitaciones y la presencia de roedores o insectos que puedan ser vectores potenciales de enfermedades.

La **gestión de los residuos sólidos urbanos** consiste en un plan que garantice la evacuación, tratamiento y eliminación o reciclaje de estos residuos, aunque se dificulte por la heterogeneidad de estos. Consta de las siguientes etapas:

1- **Recogida y transporte:**

La evacuación de los residuos ha de ser selectiva, lo que facilita el posterior tratamiento y transformación, puesto que los residuos van a tener destinos distintos. Esto implica una colaboración y concienciación ciudadana. De este modo se desechan y recogen los residuos en los puntos verdes o **puntos limpios** divididos varios grupos:

- Papel y cartón (contenedor azul)
- Envases de plástico, latas de metal y briks (contenedor amarillo)
- Materia orgánica (contenedor gris)
- Vidrio ((contenedor verde)
- Aceites usados (contenedor naranja)
- Pilas y baterías.



Los destinos de estos materiales pueden ser el reciclaje, la reutilización, la separación y neutralización de materiales tóxicos o la transformación (como la materia orgánica, que se convierte en compost).

2- Tratamiento.

Supone la transformación química por combustión, hidrólisis u oxidación, o bioquímica por compostaje, degradación biológica o digestión anaerobia. Los tratamientos físico – químicos se realizan sobre residuos tóxicos o peligrosos procedentes de la industria.

El compostaje consiste en la obtención de **compost**, sustancia parecida al humus, con algunos nutrientes y oligoelementos, que se utiliza como fertilizante agrícola, en combinación con otros abonos. Se obtiene por descomposición aerobia mediante bacterias, hongos y lombrices, de la materia orgánica procedente de basuras, de la industria alimentaria y de la agricultura. Este proceso requiere mucha aireación, para evitar condiciones anaerobias que favorezcan la aparición de microorganismos patógenos y también, por otra parte, permitir cierta refrigeración, pues se pueden alcanzar temperaturas de hasta 70° C.

3- Eliminación.

1. Depósitos en **vertederos controlados**, de los R.S.U. no transformados ni reciclados (escombros, grandes plásticos, etc.). Estos vertederos deben tener espacio suficiente, características geológicas y topográficas adecuadas, estar aislados del entorno para evitar la contaminación, estar impermeabilizados para evitar la filtración de lixiviados (recogidos por un sistema de tuberías para ser tratados después) y respiraderos para la evacuación de gases (CH₄) que se producen (utilizados después como combustible). Los residuos se van compactando entre capas de tierra y el vertedero al llenarse se sella al final con tierra y se reforesta la superficie.
2. La **incineración** es la combustión de los R.S.U. en plantas incineradoras para reducirlos a cenizas. Este método tiene como ventaja el permitir la obtención de energía, aunque presenta el serio inconveniente de producir gases muy contaminantes como óxidos de azufre o nitrógeno y dioxinas (compuestos generados cuando la combustión es inferior a 85° C, y de acción carcinógena).

4- Reciclaje, incluido dentro de las tres R:

1. **Reducción** del contaminante, mediante la aplicación de nuevas tecnologías más limpias y de un cambio en los hábitos sociales y personales.
2. **Reutilización** de nuevo del residuo, tras una transformación suave (que utiliza poca energía, como la limpieza). Caso del vidrio y del metal.
3. **Reciclaje** o utilización del material del residuo para fabricar nuevos productos. Implica una transformación más fuerte, con un mayor gasto energético. Casos del papel, cartón, vidrio, metal, plásticos y tetrapak (cartón, plástico y aluminio, que además requieren una separación previa).