



Climántica

Clima

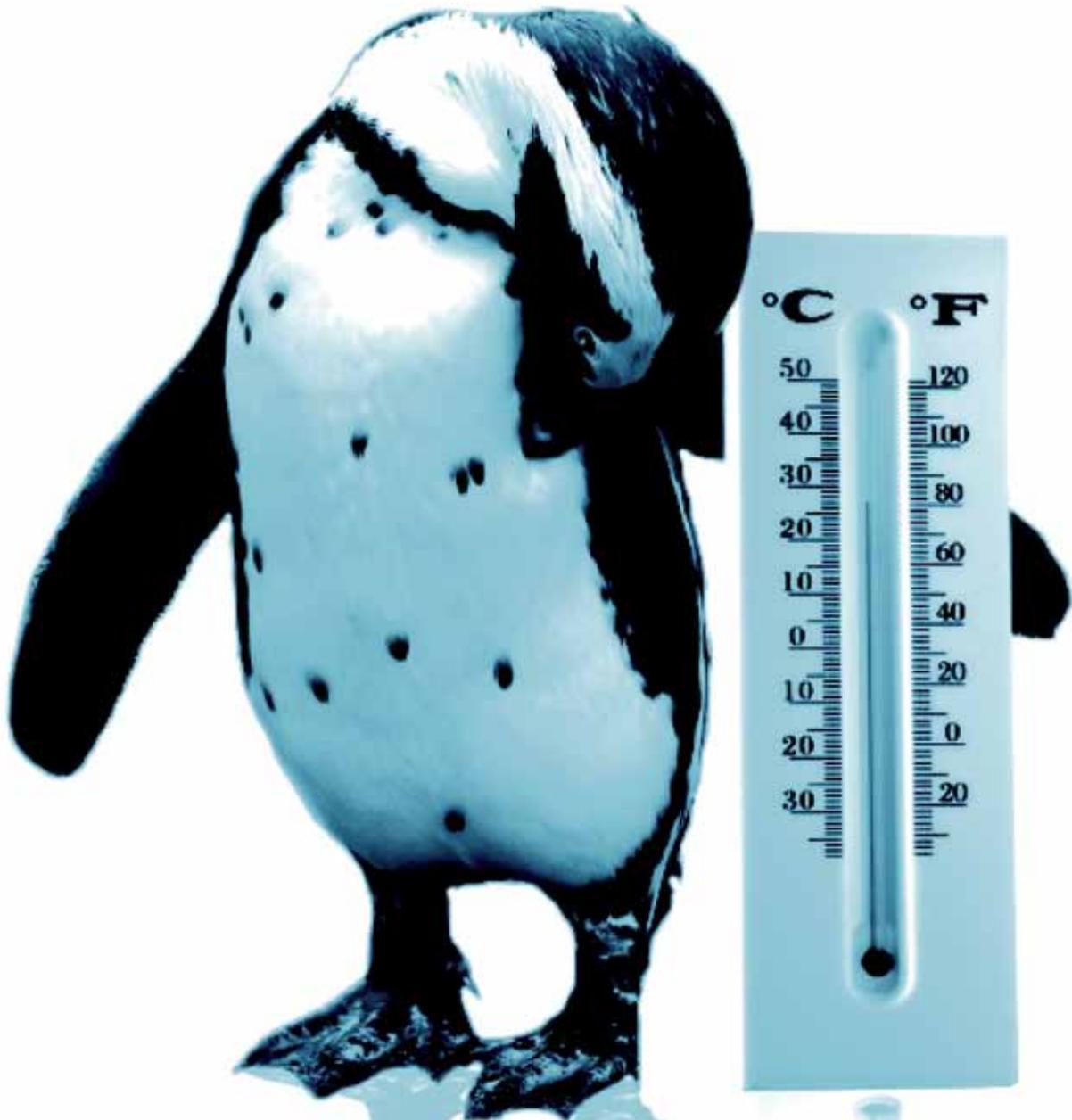
Home

Cambio

Proxecto de Educación Ambiental CAMBIO CLIMÁTICO

Unidad Didáctica **1**

¿CAMBIA EL CLIMA?



AUTORES

Francisco Sónora Luna (coord.) y José Lires Corbal.

MAQUETACIÓN Y COORDINACIÓN DEL EQUIPO DE EDICIÓN GRÁFICA

Vanessa García Sampedro.

FOTOGRAFÍA

Pedro García Losada.

ILUSTRACIÓN

Raquel González Redondo e Iván Rodríguez Castro.

ASESORÍA CIENTÍFICA

Francisco Díaz-Fierros Viqueira.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS RELATIVAS A LOS CONTENIDOS DE FÍSICA Y QUÍMICA

Jesús M^a Teira Rois.

REVISIÓN ORTOGRÁFICA

Rita Molinos Castro.

IMAGEN Y DISEÑO

NO-LINE.

ENTIDADES COLABORADORAS

MeteoGalicia (Ana Lage, Raquel Cruz y Santiago Salsón) y CNEAM.

CRÉDITOS DE LAS IMÁGENES

Emilio Varela/Imágenes del mundo Natural/Fondo NUTUREIMAGENES, Francisco Díaz-Fierros Viqueira, Victoria Alonso, A. Camoyán, Valdecantos, Jaime Bonachea, Kendrick Taylor, Jerry Wellington, Jamie Goode, Marli Miller (Earth Science World Image Bank), Gary Braasch, alumnos do ciclo de urbanismo do IES Torrente Ballester (Pontevedra), MeteoGalicia, CNEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental), CNICE (Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa), Noble Drilling Corporation (Earth Science World Image Bank), NASA (National and Aeronautics and Space Administration), NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), USGS (United States Geological Survey), IMB (Internacional Mission Board), IMF (Internacional Monetary Fund).

EDITA

Dirección Xeral de Sostibilidade e Paisaxe
Consellería de Medio Ambiente, Territorio e Infraestruturas
San Lázaro s/n. 15781. Santiago de Compostela
ISBN: 978-84-453-4376-0
PRIMERA EDICIÓN FEBRERO 2007

Impreso en papel reciclado Cyclus 115 g

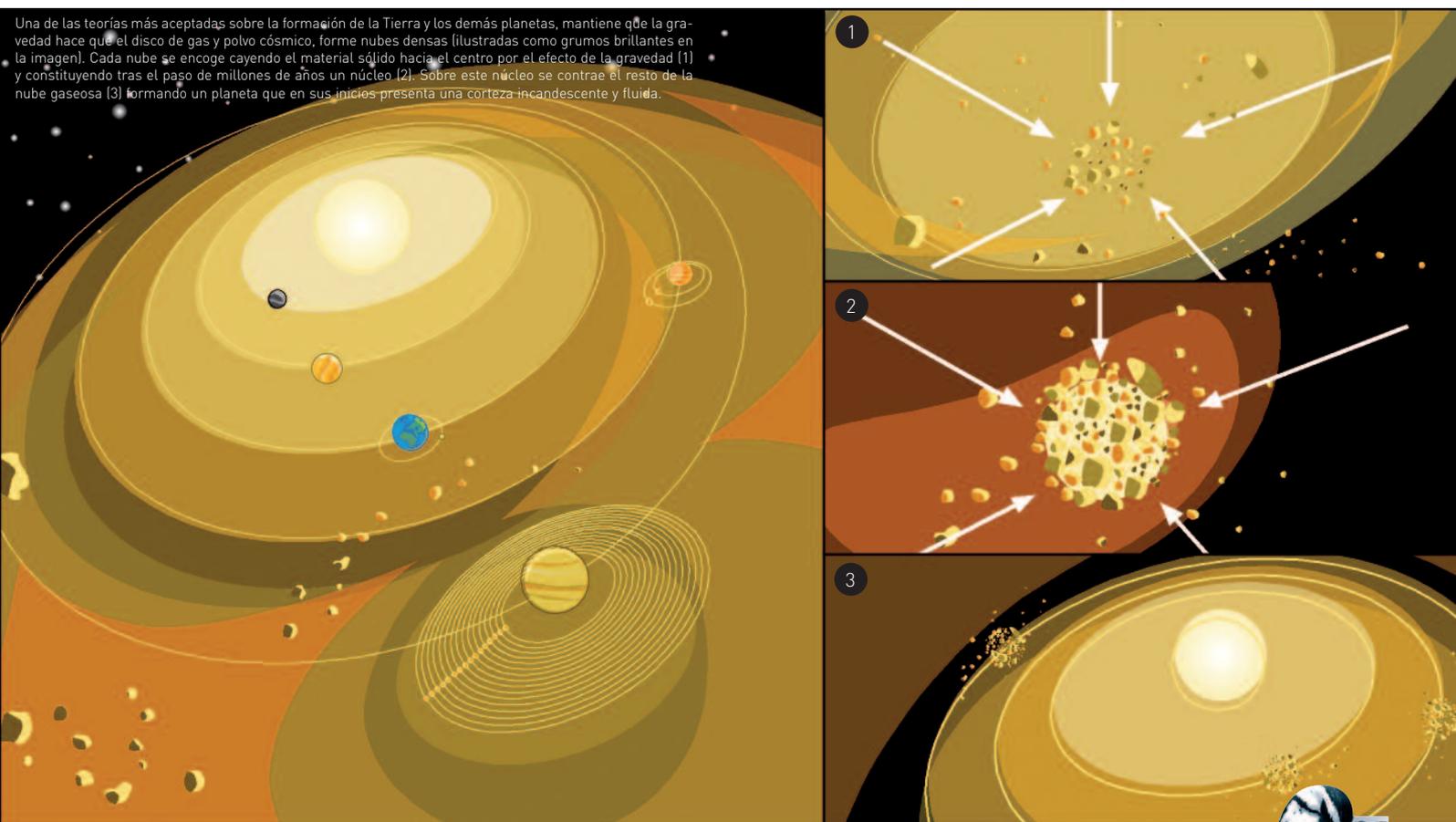
3 ¿CÓMO EVOLUCIONÓ EL CLIMA DESDE EL ORIGEN DE LA TIERRA?

responde con lo que sabes ahora

- El calentamiento global que estamos experimentando debido a la alta concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, ¿es un evento único en la historia de la Tierra o ya tuvo lugar antes del presente?
- Pon ejemplos de eventos que hayan acontecido en la Tierra hace millones de años, varios miles de años y en el siglo pasado.
- ¿Podrían estar relacionados los episodios de extinciones en masa con cambios climáticos bruscos?
- ¿Dónde buscarías datos que te permitiesen caracterizar los climas que se sucedieron a lo largo de la historia de la Tierra?

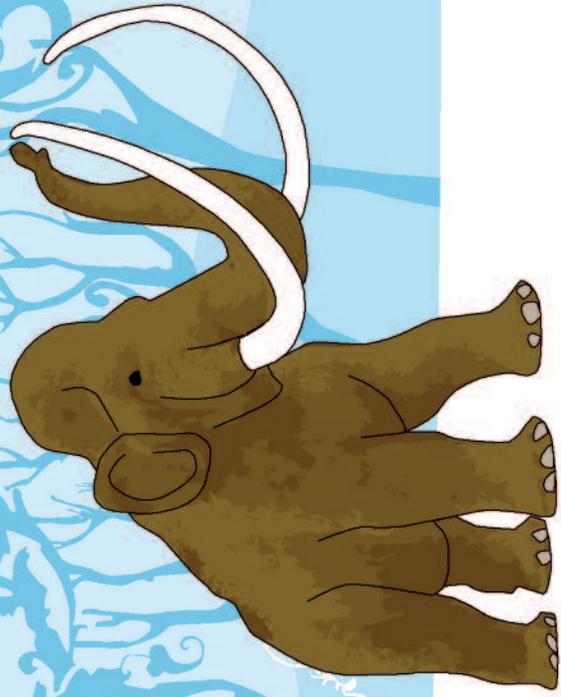
La historia de nuestro planeta comenzó hace unos 4500 millones de años cuando diversos cuerpos estelares se fueron juntando hasta que la Tierra alcanzó el tamaño que tiene hoy día. Los rasgos superficiales e internos de la misma fueron cambiando fruto, en una Tierra joven, de los impactos meteoríticos y posteriormente del movimiento de las placas tectónicas que provocaron sucesivas aperturas y cierres de océanos, elevaciones de cordilleras, etc.

Una de las teorías más aceptadas sobre la formación de la Tierra y los demás planetas, mantiene que la gravedad hace que el disco de gas y polvo cósmico, forme nubes densas (ilustradas como grumos brillantes en la imagen). Cada nube se encoge cayendo el material sólido hacia el centro por el efecto de la gravedad (1) y constituyendo tras el paso de millones de años un núcleo (2). Sobre este núcleo se contrae el resto de la nube gaseosa (3) formando un planeta que en sus inicios presenta una corteza incandescente y fluida.



CENOZOICO

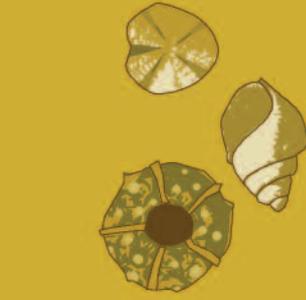
Los geólogos dividen el tiempo en eras, períodos y pisos que en muchos casos están en relación con eventos fundamentales de la historia de la Tierra, tal y como se pone de manifiesto en la tabla.



Cuaternario



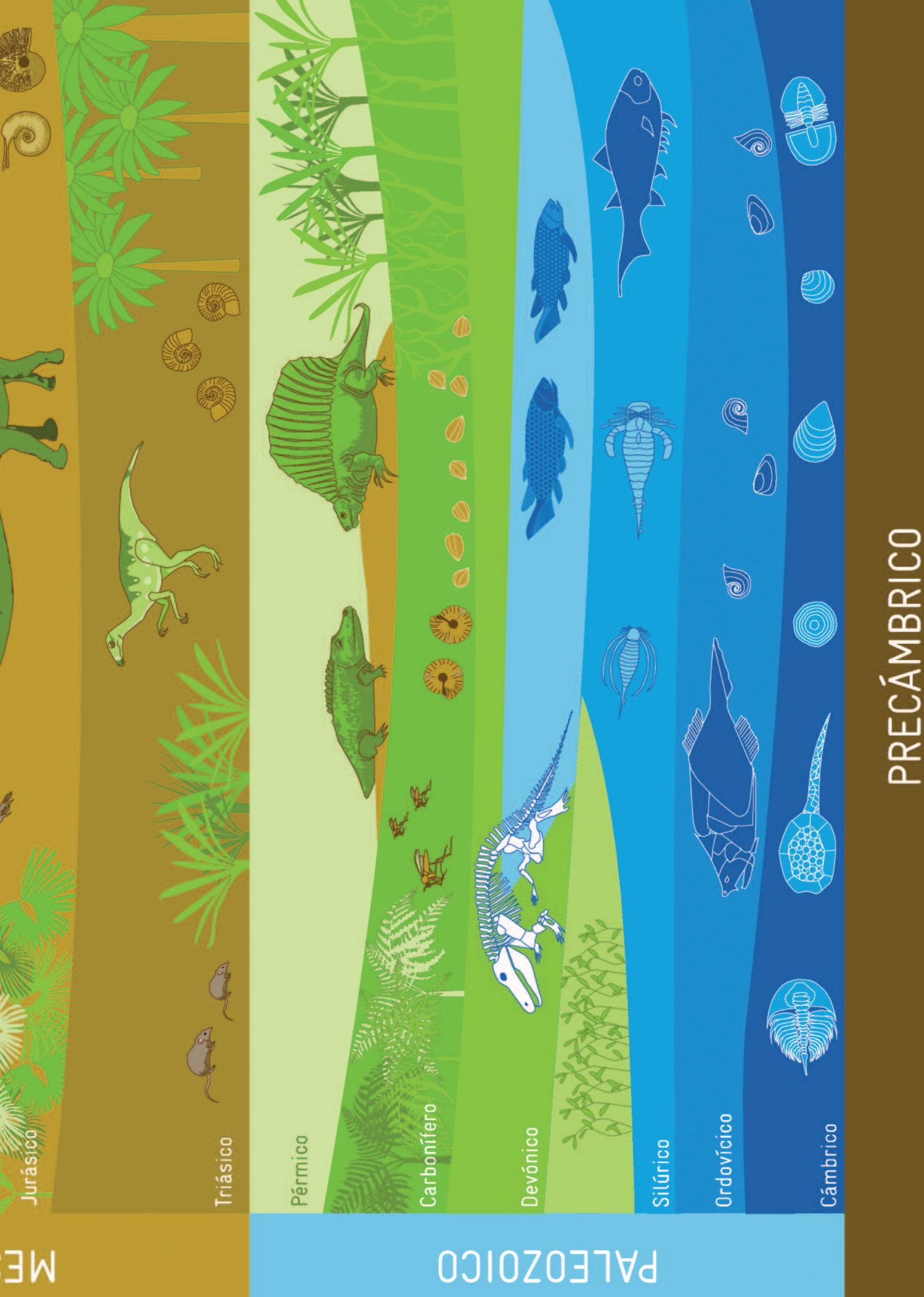
Terciario



Cretácico



SOZOICO



Jurásico

Triásico

Pérmico

Carbonífero

Devónico

Silúrico

Ordovícico

Cámbrico

PALEOZOICO

PRECÁMBRICO



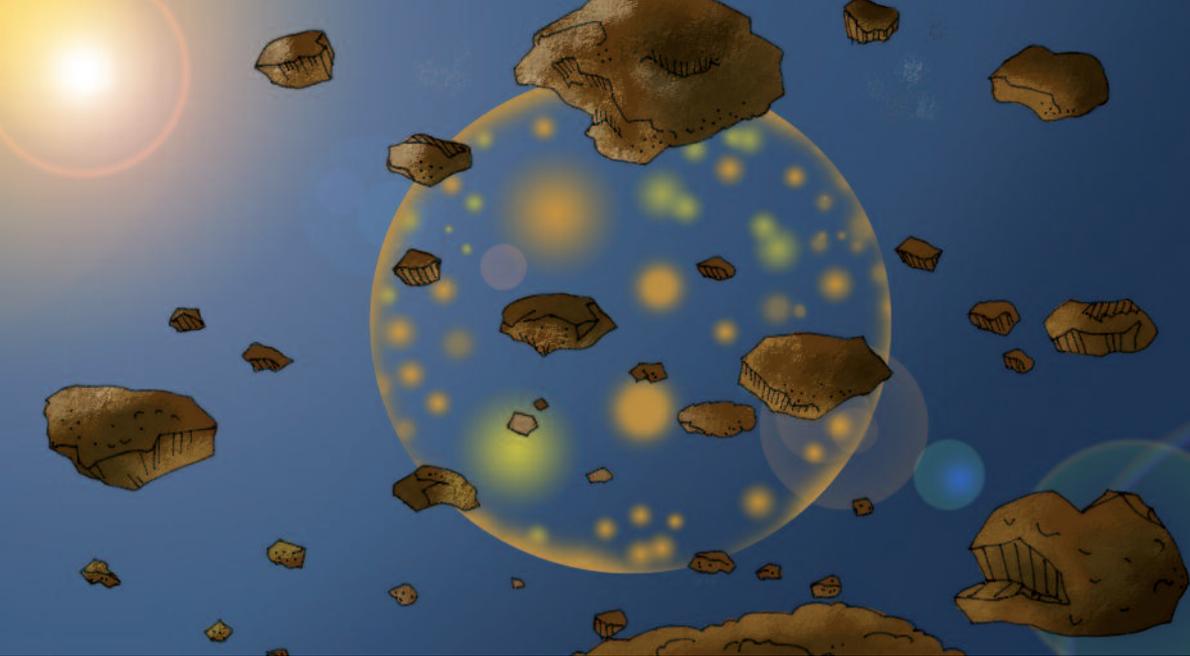
¿Qué eventos destacas a la vista de la tabla sobre la historia de la vida en el planeta?

Estamos acostumbrados a medir el tiempo en días, meses, años; a estudiar acontecimientos que se remontan siglos atrás en la historia de la humanidad. Pero todavía nos cuesta mucho esfuerzo cambiar nuestra percepción del tiempo y situar fenómenos datados en millones de años.



- ¿Qué pasaría si resumiésemos toda la evolución del planeta en un único mes?
- Si decimos que la edad de la Tierra son 4500 m.a. ¿a cuántos millones de años equivale 1 día en nuestro calendario? ¿y una hora?
- Recientemente el descubrimiento de un fósil en Australia de unos 380 millones de años, prueba que los vertebrados salieron del agua antes de lo que los científicos habían datado. Con esta nueva información responde:
 - ¿A qué grupo de animales pertenecería este organismo fósil?
 - ¿Cuánto tiempo tendríamos que retrasar la hora de aparición de estos organismos en el calendario?
- ¿Cuánto tiempo llevamos sobre la superficie de la Tierra en comparación con otras especies animales?
- Representa el tiempo de cada grupo de animales en la Tierra por un círculo, expresando los más antiguos con círculos de mayor radio y los más recientes con círculos de menor radio. Marca en cada círculo un sector que exprese la duración relativa de la especie humana en la Tierra en relación con la aparición del grupo expresado en el círculo.
- ¿La unidad de tiempo para describir los fenómenos geológicos será más grande o más pequeña que la utilizada para situar los tiempos históricos? Razona la respuesta.

Un hito fundamental de la historia del planeta es la aparición de las primeras formas de vida de las que tenemos constancia gracias al descubrimiento de fósiles que datan de unos 3500 millones de años.

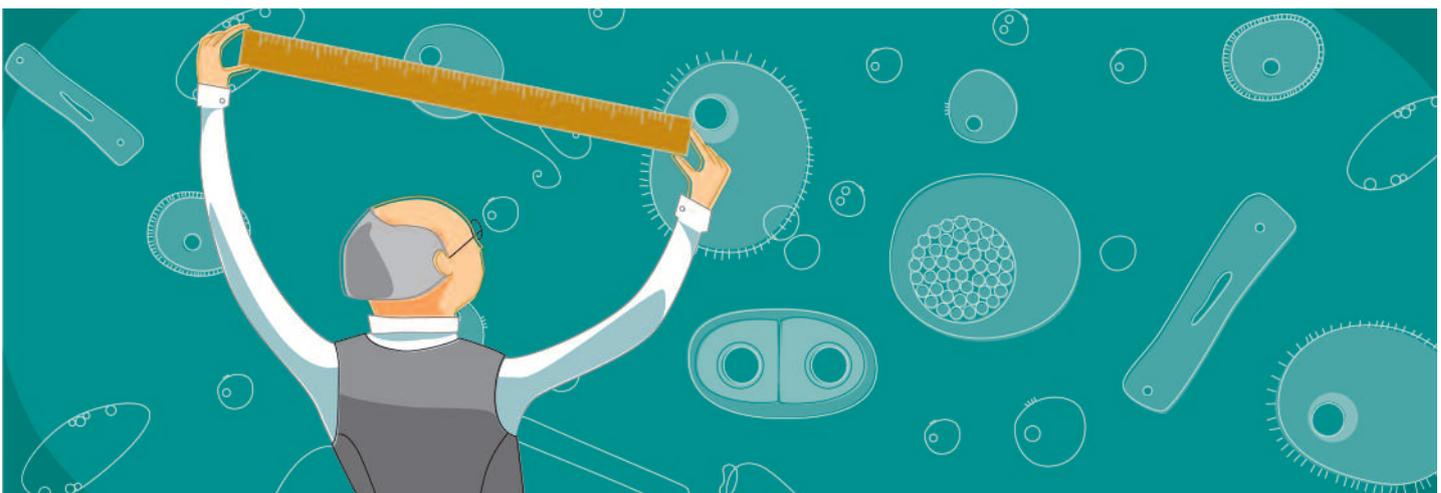


Las cianobacterias son microorganismos fotosintéticos que jugaron un papel fundamental en la evolución de la vida en el Planeta, ya que fueron las responsables de la primera acumulación de oxígeno en la atmósfera hace unos 3500 m. a. aproximadamente. En la actualidad tienen una amplia distribución tanto en ambientes continentales como en los marinos.

Es lógico, por lo tanto, pensar que hasta el presente, el planeta tuvo que sufrir diferentes variaciones del clima, y que estas, como así ocurre, tuvieron que dejar huellas en la naturaleza: en las rocas, en los fósiles, en la vegetación. El estudio de climas del pasado es objeto de la Paleoclimatología.

Unas herramientas singulares: los marcadores paleoclimáticos

Los científicos actúan como detectives, buscando las pruebas que les permitan desenmascarar los enigmas de las variaciones climáticas que imperaron en épocas remotas. Sus herramientas de trabajo son distintas de las que utilizan los que estudian el clima actual; es necesario recordar que sólo disponemos de datos recogidos por instrumentos meteorológicos diseñados por el hombre desde 1860.



- Con la ayuda de una enciclopedia indica qué parámetros registran los aparatos de la página siguiente que puedes encontrar en una estación meteorológica. ¿Podrías "medir" el clima directamente con estos instrumentos?
- ¿Sirven estos instrumentos para conocer la evolución del clima desde el origen de la Tierra? Justifica la respuesta.





INSTRUMENTOS	PARÁMETRO QUE REGISTRAN	UNIDADES DE MEDIDA
TERMÓMETRO		
PIRANÓMETRO		
PLUVIÓMETRO		
EVAPORÍMETRO		
ANEMÓMETRO		
HELIÓGRAFO		



El estudio de climas del pasado emplea diferentes medios que se tienen que adaptar a las necesidades de la escala temporal a la que nos vamos a remontar: son los marcadores paleoclimáticos.

Uno de los primeros indicadores paleoclimáticos que tenemos en mente son los [datos históricos](#) que se utilizan para las reconstrucciones climáticas en escalas desde siglos a miles de años, y se basan principalmente en escritos e inscripciones antiguas referidos a periodos de sequías, inundaciones, o importantes heladas. Existen grabados del siglo XVII, que muestran el río Támesis en Londres totalmente helado.

Estas situaciones eran aprovechadas para celebrar mercados y ferias sobre la capa helada del río.



Torres de Catoira donde se celebra la fiesta vikinga en el mes de agosto

- Los vikingos dirigidos por Eric el Rojo en el siglo X llegaron a una extensa isla situada muy al norte, cerca del polo y la bautizaron en inglés con el nombre de Greenland. Encuentra la traducción de este término inglés. ¿Por qué crees que le llamaron así? ¿Piensas que si llegaran en esta época le darían el mismo nombre?
- La foto corresponde al lugar de Catoira. Haz una investigación usando bibliografía e internet para explicar los siguientes puntos:
 - a) El origen de la fiesta.
 - b) Qué se representa.
 - c) Cómo sería la vida y el clima de esa zona en el contexto histórico de la representación.

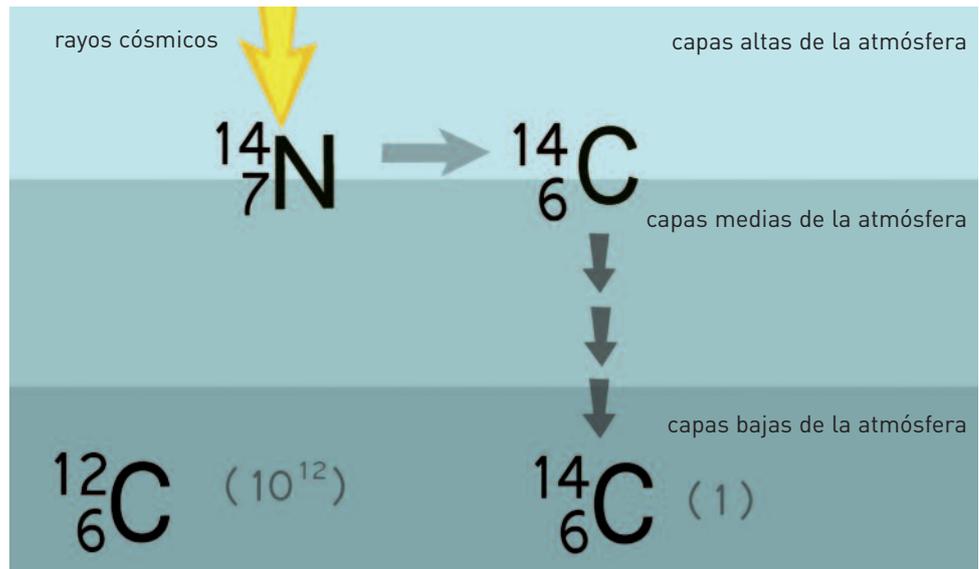
La nieve y el hielo en su proceso de acumulación en los casquetes polares y en los glaciares va reteniendo una información valiosa de las condiciones climáticas del planeta dentro del último millón de años. Sobre las muestras de hielo en las que están recogidos estos valiosos elementos que nos van a informar, hay que aplicar métodos que actuarán como "relojes" para determinar la edad del bloque de hielo y conocer así en que momento quedaron atrapados esos componentes.

El primer paso es datar estos testigos de hielo mediante el uso de isótopos radioactivos, como el ^{14}C . Este es el método radiocronológico más conocido y que se basa en la idea de que la proporción entre carbono normal (^{12}C) y el carbono radiactivo (^{14}C) se mantiene constante en la composición de los seres vivos debido a que las plantas lo recogen de la atmósfera en la proporción en la que se encuentra.

Esta proporción atmosférica se debe a que la forma radiactiva se forma en las capas altas de la atmósfera a partir de la incidencia de los rayos cósmicos sobre el nitrógeno estable (^{14}N) que lo transforma en carbono radiactivo (^{14}C). Este carbono radiactivo desciende y se mezcla con el estable en una proporción de un billón de isótopos de carbono estable (^{12}C) por cada carbono radiactivo (^{14}C):

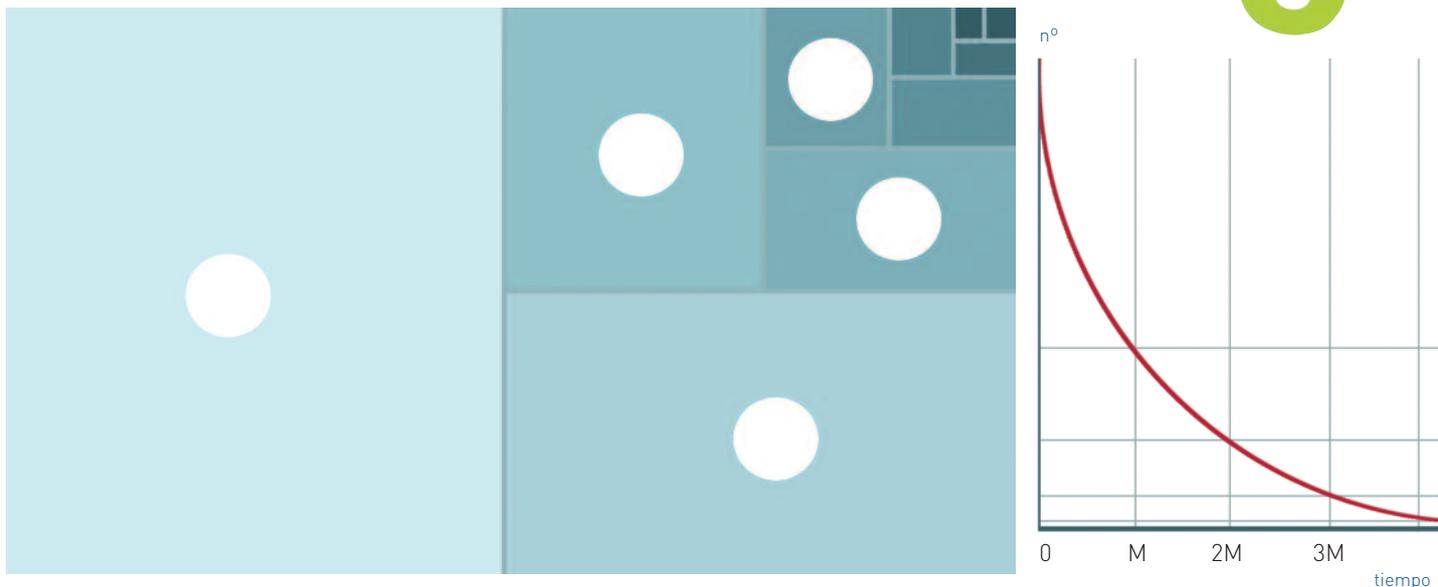
$$^{14}\text{C}/^{12}\text{C} = 1/10^{12} = 10^{-12}$$





Cuando la planta o el animal mueren, dejan de incorporar carbono a la atmósfera por el proceso de la nutrición. y comienza a producirse la desintegración radiactiva del ^{14}C que se transmuta en ^{14}N . De este modo la proporción $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ va disminuyendo con el tiempo. Para que la cantidad de ^{14}C se reduzca a la mitad tienen que transcurrir 5730 años (vida media). Si conocemos la proporción de $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ de un resto fósil, podemos conocer su edad usando el dato de vida media. Para la datación con este método se debe conocer la vida media o el tiempo en que la mitad de una cantidad de isótopo radioactivo se descompone. Por tanto, este tipo de métodos consiste en estudiar las proporciones entre el isótopo radioactivo del que partimos y el isótopo estable resultante.

- Analizando la proporción de $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ de un resto fósil se encontró que el ^{14}C se había reducido a la mitad de la cantidad inicial que tenía en vida. ¿Qué edad le atribuirías a la muestra analizada? Justifica la respuesta.
- Analizando la proporción $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ de un resto fósil, se valoró en $0,25 \times 10^{-12}$. ¿Cuál será su edad aproximada?
- Pon en práctica el método de datación determinando la edad de una muestra que presenta tres veces más ^{14}N que ^{14}C , sabiendo que la vida media del ^{14}C es de 5730 años.
- Para simular la desintegración radioactiva del carbono en un resto fósil, considera que una página del cuaderno es la cantidad de carbono del resto del organismo cuando murió. Divide la página en dos partes y pinta de color media página que indica la reducción a la mitad de la de la cantidad inicial (porción 1). ¿Cuál es la proporción que queda en la porción sin pintar? ¿Cuánto tiempo pasó para esa reducción?
- Divide la porción sin pintar en dos partes, pinta de otro color la mitad de proporción de lo que se reduce con esta división (porción 2). Responde las mismas preguntas que en la actividad anterior pero en relación a esta nueva proporción.
- Repite el procedimiento de la actividad anterior hasta llegar a pintar la porción 5.
- Pon los números de esas porciones en los círculos de las figuras.



- Coloca en cada una de las divisiones del eje de las Y los números de los cuadros correspondientes en la figura rectangular que representa la hoja del cuaderno, siendo M la vida media.
- Indica qué números le corresponderían a los dos cuadros más pequeños de la figura. ¿Cuántos años tendría el resto fósil en ese momento?
- Se divide la clase en grupos, y a cada grupo se le entrega una cartulina, un cronómetro, unas tijeras y un sobre cerrado con una hoja donde se indica un tiempo en minutos. La cartulina que se les entrega debe dividirse por la mitad y cortarse retirando una de las porciones y quedándose con la otra, que se doblará de nuevo. El tiempo que se indica es el que se debe mantener entre corte y corte. Este proceso se inicia con una indicación acústica (inicio de la desintegración) y termina con otra indicación igual (final de la desintegración). Cuando se para la "desintegración" los alumnos deberán intercambiarse las porciones y a la vista de las mismas deberán:
 - a) Averiguar la vida media en minutos que tienen el "grupo isótopo" con el que intercambiaron los fragmentos.
 - b) En la puesta en común se dará una equivalencia minuto-vida media del ^{14}C para localizar el grupo que actúa como ese isótopo, y en ese caso se determinará el valor de la proporción al finalizar la desintegración.

Con estos métodos radioactivos se podrá determinar la edad de diferentes muestras de hielo recogidas en distintos niveles. Una vez determinada la edad del testigo de hielo, los científicos que quieren conocer los momentos relevantes en relación con el cambio climático, estudian la relación entre los isótopos de oxígeno de la muestra, por ser un gas que permite reconstruir cambios en el clima a partir de la relación entre sus isótopos. El oxígeno tiene dos isótopos estables el ^{16}O y el ^{18}O ; este último, el más pesado, será el que opondrá más resistencia a la evaporación en la superficie del océano.

- ¿Qué se entiende por isótopos?
- Pensando en la estructura de los dos isótopos, ¿por qué el ^{18}O es más pesado que el ^{16}O ?
- En relación a lo que estudiamos en la datación con ^{14}C , ordena de mayor a menor masa ^{14}N , ^{12}C , ^{14}C

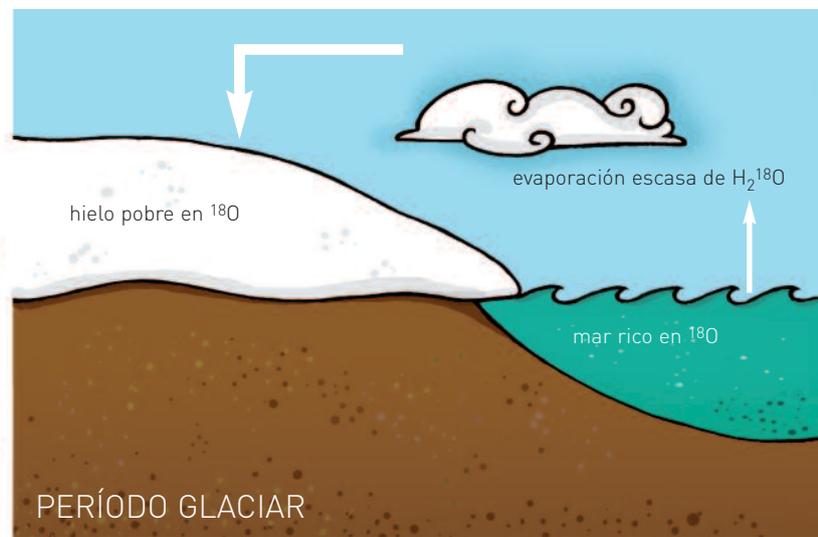
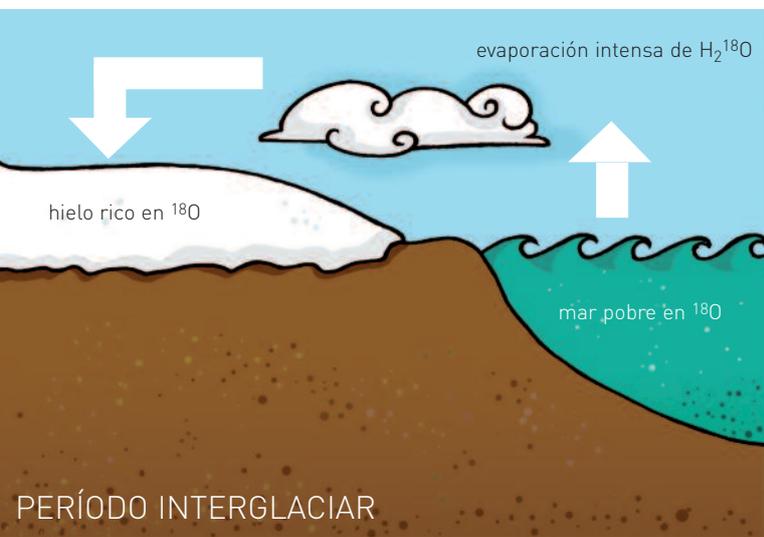




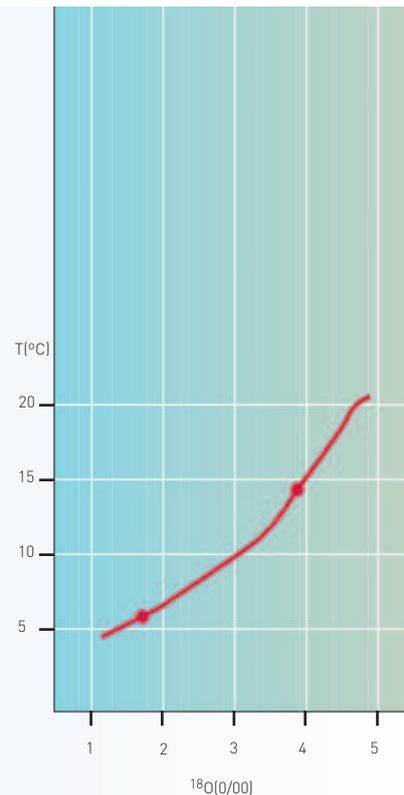
3 ¿CÓMO EVOLUCIONÓ EL CLIMA DESDE EL ORIGEN DE LA TIERRA?

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en los períodos cálidos (interglaciares) el proceso de evaporación del agua empobrecía a los océanos en ^{18}O , acumulándose después de la condensación en el hielo de los glaciares. Por el contrario en las épocas frías (glaciaciones) la evaporación del agua conteniendo ^{18}O era menor, produciendo el efecto inverso: el hielo se empobrecía en este isótopo. Además, el hielo contiene partículas de polvo que pueden ser indicativas de erupciones volcánicas que influyeron en la composición de la atmósfera.

- ¿Cómo explicas que el agua se empobrezca en ^{18}O en los periodos cálidos?
- ¿Cómo puede ser que si el agua se empobrece en ^{18}O en períodos cálidos, en estos mismos periodos el contenido de este isótopo aumente en el hielo más que en las etapas glaciares?
- Si el hielo con más polvo se asocia a mayor actividad volcánica, ¿qué relación puede tener esto con el clima de la época en que se formó el hielo rico en polvo?



- La gráfica muestra la evolución hipotética de la concentración de ^{18}O obtenida de datos pertenecientes a diferentes testigos de hielo de sondeos practicados en un glaciar. Los representados en el gráfico se corresponden con los datos obtenidos de dos perforaciones, 1 y 2, que llegaron, hasta los 120 y los 225 metros respectivamente. Los valores de temperatura reflejan las variaciones de la misma en el océano que rodea nuestra localización. Con la ayuda de la gráfica intenta responder a las siguientes cuestiones:
- Si 1 metro, en profundidad, de hielo se corresponden con 500 años ¿cuál sería la antigüedad máxima representada en los testigos de hielo recogidos de las perforaciones?
- ¿Qué conclusiones puedes extraer, en primer lugar, de las variaciones de la concentración de ^{18}O en relación con la temperatura?
- ¿Cuál de las dos concentraciones de oxígeno se correspondería con un periodo glacial? ¿Y con un interglacial? Justifica la respuesta.
- Los científicos obtuvieron dos muestras de polvo de los testigos de hielo. Una de ellas presenta 4 veces más cantidad que la otra, pero en el laboratorio se olvidaron de ponerle la etiqueta que identifica las muestras con los testigos de hielo. Podrías echarles una mano y decir a qué sondeo correspondería la muestra con mayor contenido de polvo, ¿cuál podría ser la procedencia de ese polvo, y que interpretación le darías relacionada con el clima de esa región?





Otro de los marcadores paleoclimáticos son los **anillos de los árboles**, que nos permiten obtener datos de hasta 10000 años. Además, comparando anillos de troncos fósiles de una misma especie (por ejemplo las secuoyas) datados por métodos radioactivos, en diferentes épocas, podemos formarnos una idea comparativa del clima entre las épocas características de los fósiles.

Esta ciencia denominada "Dendrocronología" estudia las relaciones entre el clima y el crecimiento del árbol que puede verse afectado por el grado de insolación, las precipitaciones o por las temperaturas a las que está sometida en las sucesivas etapas de crecimiento.

Los troncos fósiles de una misma especie que se encuentra en una misma región y que vivieron en épocas diferentes, según las dataciones realizadas con métodos radiactivos como el del ^{14}C , permiten comparar el clima de esas regiones en las épocas en las que vivieron esos árboles. Esto es así porque los anillos de los árboles registran el crecimiento a lo largo de un año al estar un anillo constituido por vasos leñosos que se producen en el crecimiento de la primavera y del verano.

- Fíjate en los anillos del tronco de la ilustración y responde:
 - a) ¿Serán más gruesos los anillos de años secos o los de años húmedos? Justifica la respuesta.
 - b) ¿Cómo definirías el clima viendo una secuencia de anillos gruesos en una sección de un árbol? ¿Y en el caso donde se encuentran anillos delgados y muy juntos?
 - c) Este tronco fue datado por métodos radiactivos que evidenciaron una edad aproximada de unos 50 millones de años. Si germinara hace exactamente esta cantidad de tiempo:
 - ¿En qué año germinaría?
 - Fijándote en la zona menos erosionada, ¿cuantos años vivió?
 - ¿Existían los humanos en la Tierra? En relación a esta respuesta, te parece lógico contar el tiempo en años? ¿Qué unidad de tiempo utilizan los geólogos? Justifica la respuesta
 - Diferencia tiempos geológicos de tiempos históricos.
 - ¿En qué época geológica vivió este árbol? Caracterízala en una pequeña redacción que recoja cuando menos: clima, paisaje, posición de los continentes y océanos, fauna y flora.





3 ¿CÓMO EVOLUCIONÓ EL CLIMA DESDE EL ORIGEN DE LA TIERRA?

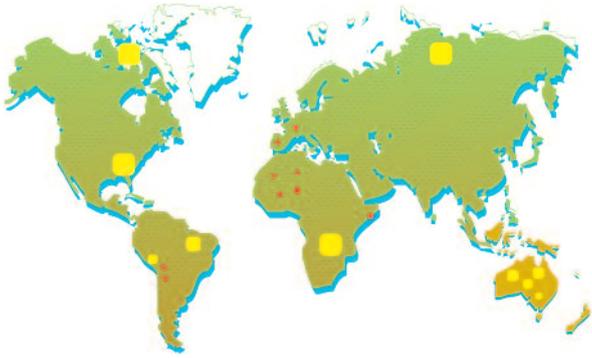
Otras pruebas importantes de cambio climático las obtenemos en los **sedimentos depositados en los fondos oceánicos**, formados por restos de organismos y material inorgánico, que pueden aportar datos sobre temperaturas, salinidad de las aguas, volumen de nutrientes en el primer caso, y sobre condiciones de humedad o aridez en el caso del material terrígeno. Muchos organismos están habituados a vivir bajo unas condiciones climáticas determinadas; así por ejemplo, si en una muestra de sedimentos del fondo del mar estudiamos la proporción relativa de especies de agua fría frente a las de aguas más cálidas, podemos hacernos una idea del paleoclima de esa región.

- Si al estudiar los sedimentos de un lago nos encontramos fósiles de organismos adaptados a aguas más saladas en las capas más profundas y fósiles de organismos de agua dulce en sedimentos recientes, ¿qué información estamos a obtener sobre los cambios en el clima de esa región?

Si queremos ampliar nuestros horizontes de exploración de climas pasados y aventurarnos millones de años atrás en la historia del Planeta, no tenemos mejor camino que echar mano de las rocas sedimentarias. El tipo de roca está en gran medida condicionada por el clima en el momento en que se depositaron los sedimentos que posteriormente, tras la litificación dieron lugar a las mismas. Algunos ejemplos de estas rocas son las evaporitas, formadas en climas cálidos y áridos; el carbón, asociado a climas cálidos y húmedos, y las calizas arrecifales, indicadoras de mares poco profundos y cálidos.



- Dentro de la clasificación de las rocas sedimentarias se encuentran las denominadas rocas carbonatadas donde el componente mayoritario es el C en forma de CaCO_3 . La comunidad científica aventura que si todo el C retenido en estas rocas se incorporara a la atmósfera en forma de dióxido de carbono, el resultado sería que el porcentaje de este gas de efecto invernadero sería similar al que se encuentra en la atmósfera de Venus. ¿Sería compatible el consecuente aumento de temperatura con la mayor parte de los organismos que habitan nuestro planeta? ¿Qué organismos conocemos que puedan soportar estas condiciones? ¿Dónde habitan en la Tierra?
- En el mapa de la página siguiente se recogen diferentes afloramientos de rocas y sedimentos en el mundo. Por una parte se representan áreas donde se identificaron depósitos y formas geológicas de glaciares como morrenas o rocas aborregadas y por otro depósitos de sales y yesos. ¿Serías capaz de ponerle adjetivos al hipotético paleoclima de esas regiones?
- Si decimos que en estas localidades encontramos afloramientos de estos tipos de rocas sedimentarias ¿cómo eran las regiones de esas coordenadas geográficas cuando se estaban depositando los sedimentos?



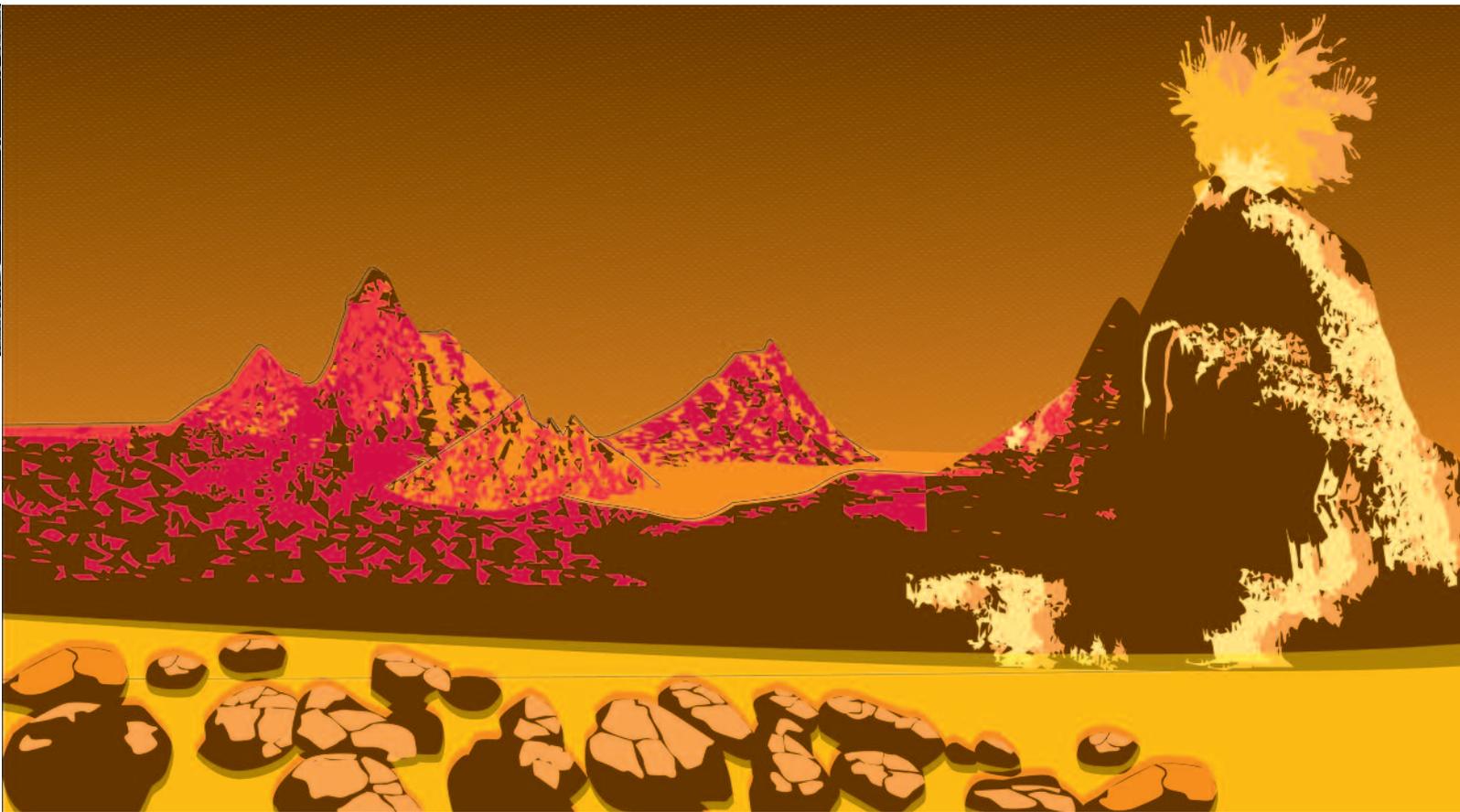
Las rocas y los depósitos sedimentarios que encontramos en diferentes lugares de la Tierra, guardan información sobre las condiciones climáticas bajo las que se formaron.

- depósitos evaporíticos
- depósitos glaciogénicos

Y con lo que sabemos, ¿qué podemos explicar en relación a la evolución del clima?

Ahora que tenemos las herramientas, sólo nos falta ponerlas a funcionar para obtener una visión global de los cambios climáticos acontecidos en el planeta. Por otra banda, el conocimiento geológico explica que la evolución climática de la Tierra es compleja, y está directamente relacionada con aspectos muy diversos de las interacciones tierra-océano-atmósfera y también por la posición que ocupamos en el Sistema Solar.

También se pueden extraer conclusiones sobre la evolución del clima en relación a la evolución de la atmósfera y la aparición de la vida. Los científicos aceptan que existió una atmósfera primitiva que desapareció para dar paso a una atmósfera secundaria compuesta principalmente por vapor de agua y CO₂.



- Observa la tabla de la página siguiente con la composición que se supone de la atmósfera primitiva y de la actual ¿qué gases se perdieron de la atmósfera, cuáles se mantuvieron y cuáles aparecieron?





3 ¿CÓMO EVOLUCIONÓ EL CLIMA DESDE EL ORIGEN DE LA TIERRA?

GASES	TIERRA ACTUAL	TIERRA PRIMITIVA (sin organismos vivos)
dióxido de carbono	0.036%	98%
nitrógeno	78.08%	1.5%
oxígeno	20.95%	0.0%
argón	0.93%	0.1%
metano	1.7ppm	0.0%

El planeta logró retener esta atmósfera gracias al efecto de la gravedad, permitiendo que los gases más ligeros (como el hidrógeno) escapasen, y manteniendo los compuestos de mayor peso. La temperatura de la superficie terrestre en estos primeros momentos se mantendría elevado debido al efecto invernadero provocado por el CO₂ y el vapor de agua.

● ¿Qué ventaja supuso la existencia de CO₂ en esta atmósfera para la aparición de la vida?

Las condiciones de la atmósfera variaron notablemente cuando aparecen las primeras formas de vida sobre la Tierra. Los primeros organismos, las cianobacterias, son consumidores de CO₂ que lo atrapan en unas estructuras sedimentarias denominadas estromatolitos, liberando a la atmósfera O₂.

A lo largo de la historia de la Tierra se pueden correlacionar las variaciones del dióxido de carbono con la actividad de los organismos vivos. Los períodos glaciares que se sucedieron entre los 1000 y 570 m.a coinciden con una gran diversidad biológica que favoreció en gran medida la eliminación del CO₂ de la atmósfera con el consiguiente descenso de la temperatura terrestre.



Los estromatolitos son construcciones sedimentarias debidas a la acción de microorganismos como las cianobacterias. Los más antiguos se remontan al Precámbrico, hace unos 3500 m.a. Estos microorganismos fueron los primeros en reciclar el CO₂, liberando oxígeno hacia la atmósfera. Actualmente los estromatolitos crecen en costas de aguas templadas, como las de la Bahía Shark en Australia.

- ¿Cómo explicas que las cianobacterias sean consumidoras de CO₂ y liberen a la atmósfera O₂?
- ¿Cómo se explica que se correlacionen las variaciones de CO₂ con la actividad de los seres vivos?
- Localiza los mayores bancos pesqueros del mundo. ¿Coinciden con lugares de aguas frías o calientes? ¿Cómo relacionas estos bancos pesqueros con la temperatura de las corrientes marinas?



- A la vista de esta última respuesta, haz una pequeña redacción en la que expliques cómo puede afectar la actividad humana a la biodiversidad futura, de no cambiar nuestros comportamientos.

En la siguiente tabla estamos relacionando los componentes de las atmósferas de los planetas más próximos a la Tierra. ¿Cuál es la razón principal de la diferencia en porcentaje de O₂ tanto de Marte como Venus en relación a la de la Tierra? Si tenemos en cuenta la composición de la atmósfera de Venus en comparación con la Tierra ¿cómo podríamos alcanzar la temperatura del planeta vecino?

GASES	TIERRA ACTUAL	VENUS	MARTE
DIÓXIDO DE CARBONO	0.036%	96.5%	95.3%
NITRÓGENO	78.08%	3.5%	2.7%
OXÍGENO	20.95%	TRAZAS	0.13%
ARGÓN	0.93%	70ppm	1.6%
METANO	1.7 ppm	0.0%	0.0%
	TIERRA ACTUAL	VENUS	
TEMPERATURAS (°C)	15	480	



Durante la Era Mesozoica (denominada informalmente "la Edad de los Dinosaurios") la Tierra atravesó por un período de clima cálido, lo cual aprovecharon especies de animales y plantas para diversificarse y alcanzar latitudes altas, como "el árbol del pan", típica de los Trópicos y de la que se encontraron restos fósiles en Groenlandia. Los datos aportados por el registro sedimentario del Cretácico, indican una concentración de CO₂ del orden de entre dos y doce veces mayor que los niveles actuales.





Dromaeosaurus fue un dinosaurio carnívoro que vivió durante el Cretácico. Su cuerpo aparecía cubierto de plumas lo que indica que estas estructuras no eran una característica exclusiva de las aves.

- ¿Cómo era la vegetación y el clima del Mesozoico? Busca relaciones con la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera de esa era.
- Sabemos que al final del Mesozoico un meteorito impactó contra la Tierra. ¿Cuáles fueron sus efectos sobre el clima? Intenta hacer una breve historia encadenando los sucesos a partir del momento del impacto.

La Tierra conquistada por los mamíferos, después de la extinción de la mayor parte de los grupos de dinosaurios (recordemos que las aves sobrevivieron a la extinción de finales del Cretácico), comenzó a enfriarse hasta que hace entre 38 y 36 m.a aparecen los primeros glaciares en el Polo Sur que provocarán un descenso de las temperaturas globales con un "efecto dominó", ya que el blanco de la nieve refleja mucha más radiación solar. El resultado fue que los hielos llegaron al Hemisferio Norte, cubriendo la mitad de Norteamérica y Europa durante el último millón de años.



Reconstrucción de *Eomaia* ("madre antigua") el mamífero placentario más primitivo descubierto hasta el momento. Tan solo medía unos 14 cm de longitud y su peso no excedía de los 25 gramos. El fósil fue descubierto en China, en estratos de hace unos 125 millones de años, pertenecientes al Cretácico.

- Caracteriza el clima que crees que existía al final de la era de los dinosaurios.

Una base de datos natural: la Antártida

La respuesta de muchas preguntas y el contraste de determinadas hipótesis climatológicas, se encuentran en un libro de páginas congeladas, y la información se recoge codificada en isótopos. Estamos hablando de los sondeos de hielo que se trataron en este apartado.



En el sondeo más profundo de la Antártida se atravesaron cerca de 3 km de hielo recogiendo la historia del clima de los últimos 740.000 años. Por una parte, en las burbujas de aire atrapadas se determina la cantidad de CO_2 , y por otra, la proporción de isótopos de O_2 nos acerca los datos de las temperaturas. El estudio minucioso de estos registros, avalan las teorías científicas de la influencia del CO_2 sobre el sistema climático.





3 ¿CÓMO EVOLUCIONÓ EL CLIMA DESDE EL ORIGEN DE LA TIERRA?

El período interglaciar en el que estamos inmersos dura desde hace unos 10000 años, donde las oscilaciones en el clima fueron constantes. En el último milenio tenemos datos de un período cálido conocido como Período Cálido Medieval (entre los años 900 y 1300) y de una etapa de enfriamiento, denominada Pequeña Edad de Hielo (entre 1550 y 1850) donde las temperaturas de la superficie eran de entre 0.6 a 1 °C más bajas que las actuales.

En el siglo XX las actividades humanas ponen de moda el calentamiento global con razones tan potentes como la quema de combustibles fósiles.



Quizás debamos reflexionar sobre lo que nos dicen los testigos del pasado y concienciar-nos de que las actividades nocivas sobre el medio ambiente pueden tener una respuesta no muy amigable por parte del planeta que nos alberga.

- La última glaciación (Würm) empezó hace unos 80.000 años y terminó hace unos 10.000 años, la penúltima (Riss) empezó hace unos 300.000 años y terminó hace unos 120.000 años y la antepenúltima (Mindel) empezó hace 660.000 y terminó hace 350.000 años.
 - a) Calcula el tiempo que transcurrió entre el final de la antepenúltima glaciación y el de la penúltima. Haz el mismo cálculo para la antepenúltima y la actual.
 - b) Compara el resultado de las diferencias calculadas con el tiempo transcurrido desde la última glaciación y la etapa actual. De seguir la tendencia ¿cuál tendría que ser la situación climática actual? ¿a que puede deberse que no se mantenga la tendencia de la duración de los períodos interglaciares anteriores?
- Comparando el tiempo transcurrido del período interglaciar en el que estamos con la duración del anterior ¿qué conclusiones extraes en relación al tiempo que falta para una próxima glaciación?
- El aumento de la temperatura media actual ¿coincide con tus previsiones? En caso contrario justifica la diferencia.
- Responde con lo estudiado en este capítulo a las cuestiones iniciales del apartado "RESPONDE CON LO QUE SABES AHORA"