



**Climántica**

Clima

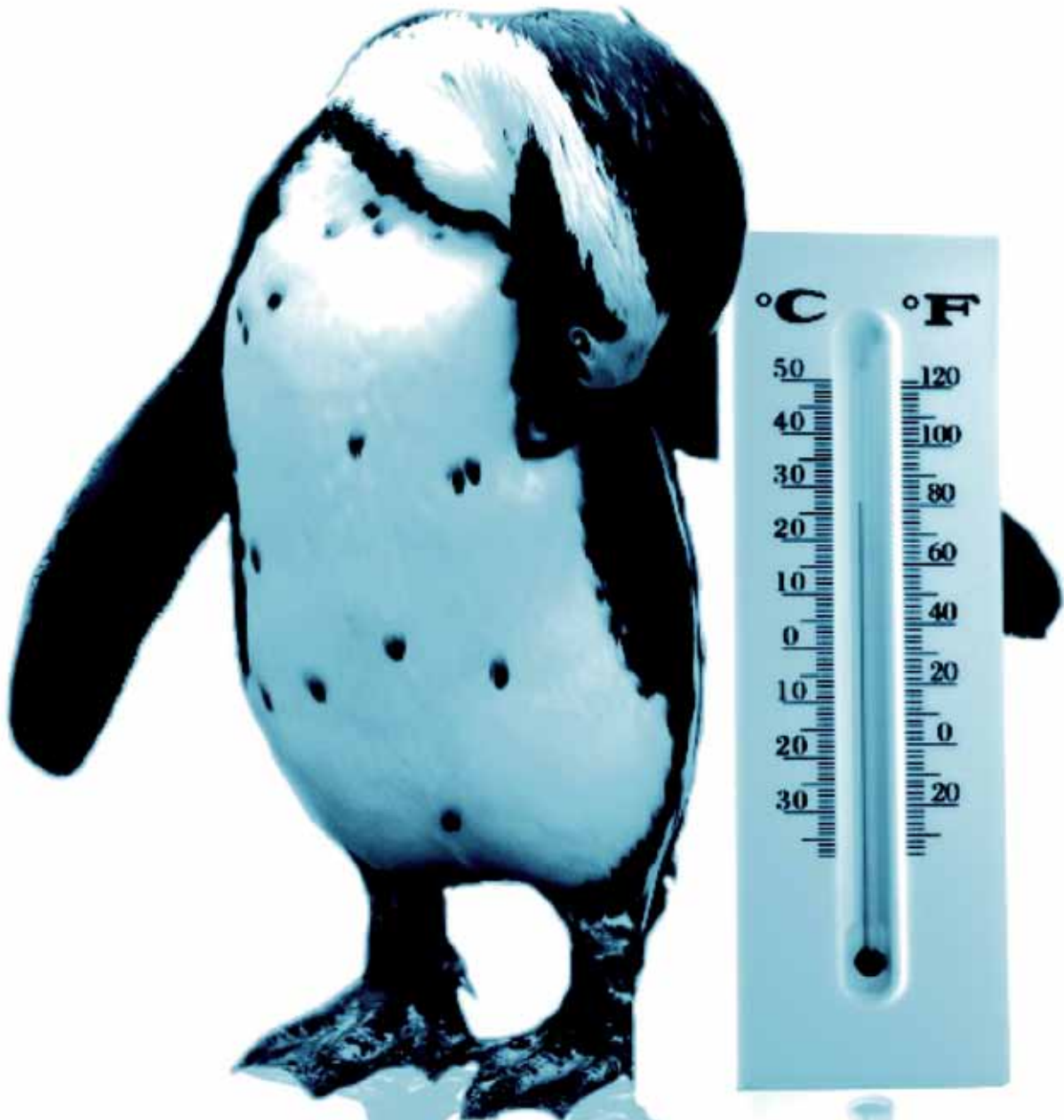
Home

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<sup>a</sup> 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

## 4 CAMBIO NORMAL DEL CLIMA

responde con lo que sabes ahora

- ¿Se produjeron cambios climáticos antes de aparecer el hombre en la Tierra?
- ¿Qué responsabilidad tenemos nosotros en los cambios del clima?

### Los cambios del clima en la historia de la Tierra

Los cambios en el clima inducidos por causas naturales se sucedieron de manera constante en la historia de la Tierra, pasando de climas cálidos a fríos, y viceversa, en períodos de tiempo dilatados o en ocasiones de manera brusca. En estos cambios, la temperatura superó entre 8 y 15 °C la temperatura media actual (15 °C) haciendo inviable, por ejemplo, la existencia de hielo en los polos.

- ¿Cuáles pueden ser los desencadenantes naturales que provocan estos cambios climáticos?

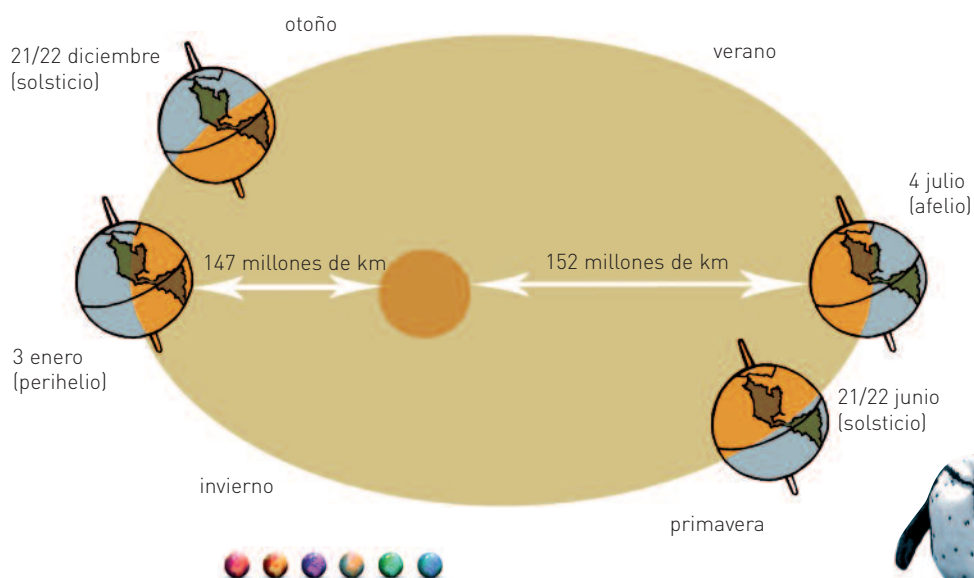


Milutin Milankovitch (1879-1958) fue un matemático serbio que comenzó su investigación en la Universidad de Belgrado, aunque pronto tuvo que emigrar a Budapest a causa de la Primera Guerra Mundial. En esta ciudad encontró trabajo en la biblioteca de la Academia Húngara de las Ciencias donde se dedicó a investigar sobre el origen de las glaciaciones. Fruto de estas investigaciones, Milankovitch estableció una teoría astronómica en la que relacionaba los movimientos orbitales de la Tierra, el grado de insolación y el clima del planeta.

Los científicos separan en dos las causas naturales principales para el origen de los cambios climáticos naturales: externas e internas. Las primeras se relacionan con movimientos orbitales de la Tierra y su interrelación con el Sol como fuente de energía fundamental del planeta, por lo que las variaciones de la misma influirán en los cambios climáticos.

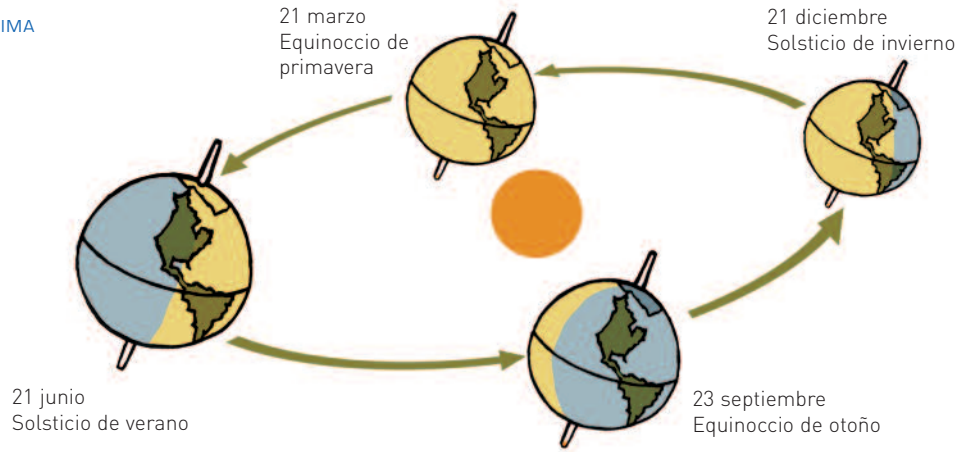
### Los cambios climáticos naturales debidos a causas externas

El matemático Milutin Milankovitch, a principios del siglo XX, señaló las principales causas de origen externo que afectan a la variabilidad del clima. La órbita que describe la Tierra en su viaje de translación alrededor del Sol es elíptica y de esta manera en algún momento del año el planeta estará más cercano al mismo. La cantidad de radiación solar que incide sobre la Tierra depende de la distancia de ésta respecto al Sol. En el punto más cercano (perihelio) la superficie terrestre recibirá más radiación, y por tanto más calor, que cuando se encuentra más lejos (afelio).



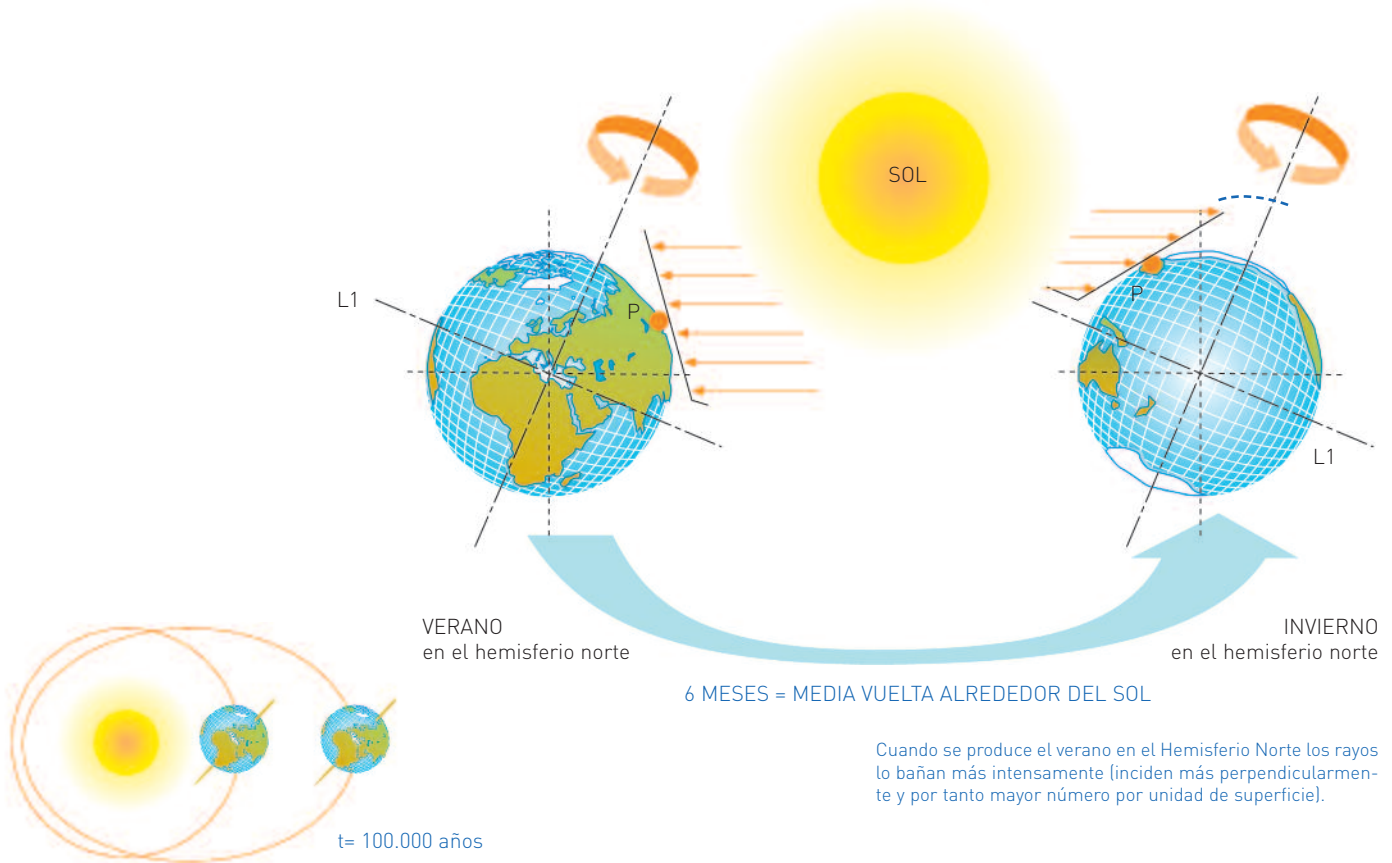


4 CAMBIO NORMAL DEL CLIMA



Hace 11000 años la situación donde se producían las estaciones en la Tierra estaba invertida. Así, en el Hemisferio Norte se alcanzaba el invierno durante el afelio (siendo estos más fríos) y el verano en el perihelio (veranos más cálidos)

- Elige la posición en la Tierra en la que estamos en verano y en la que estamos en invierno. Señala zonas que están en invierno cuando nosotros estamos en verano. Explica en qué te basas para hacer la elección.



Cuando se produce el verano en el Hemisferio Norte los rayos lo bañan más intensamente (inciden más perpendicularmente y por tanto mayor número por unidad de superficie).

Pero debido a las fuerzas de atracción que los demás planetas ejercen sobre la Tierra, la forma de la órbita varía de más elíptica a más circular, y estas variaciones (denominada excentricidad) ocurren en ciclos de 100000 y 400000 años. Cuando la órbita es fuertemente elíptica, el planeta pasará por puntos más cercanos o más distantes al Sol.

- ¿Cómo sería el clima cuándo la órbita era más circular que ahora? ¿y cuándo era más elíptica? Justifica las respuestas.



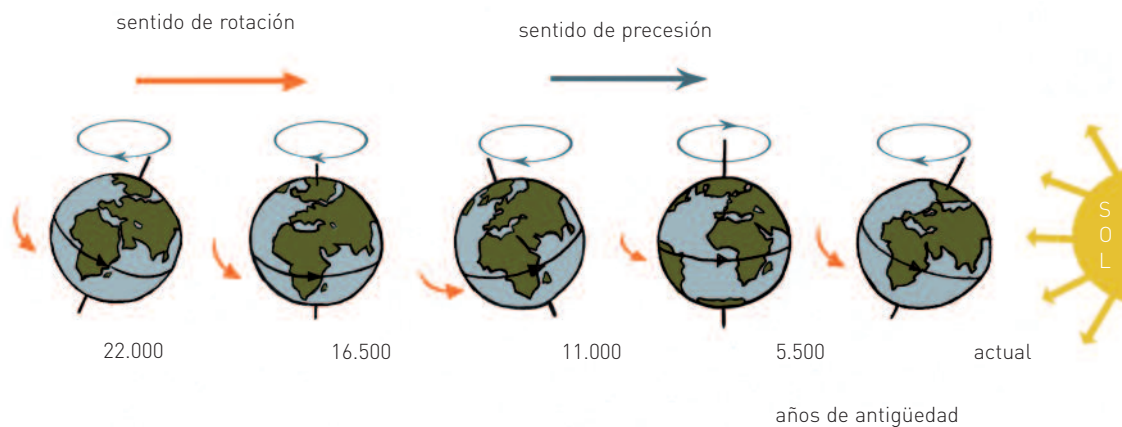
En la actualidad la Tierra pasa por el punto más alejado durante el invierno del Hemisferio Sur haciendo que estos sean algo más fríos y los veranos más calientes que los del Hemisferio Norte.

Por otro lado la Tierra gira sobre un eje de rotación que no mantiene siempre la misma inclinación (denominada oblicuidad) sino que varía entre los 22° y los 25° (actualmente es de 23.4°) en etapas de unos 41000 años, produciendo significativos cambios en las estaciones. Los cambios estacionales serán mayores cuanto mayor sea la inclinación del eje.

- Fíjate en la figura de la Tierra con distinto ángulo de oblicuidad. ¿En qué situación se darían los cambios más acusados en las estaciones?

El último de los ciclos de Milankovitch (el de precesión) hace referencia a que la Tierra, debido a que no es una esfera perfecta, se mueve como una peonza cuando gira alrededor de su eje, posibilitando que los momentos donde el Polo Norte apunta hacia el Sol no coincidan siempre en el mismo punto de la órbita terrestre. La precesión provoca cambios en el clima ya que varía la posición donde se producen las estaciones, es decir, determina si el verano o el invierno en un hemisferio corresponde a un punto alejado o próximo al Sol. Este ciclo se completa cada 23000 años.

Si agrupamos los efectos de los ciclos de Milankovitch tendremos que el mínimo de insolación y los máximos de frío que favorecerían el avance de los casquetes glaciares, se corresponderían con la mayor distancia al Sol, que esta situación se produjese en el mes de diciembre y con la máxima inclinación del eje terrestre.



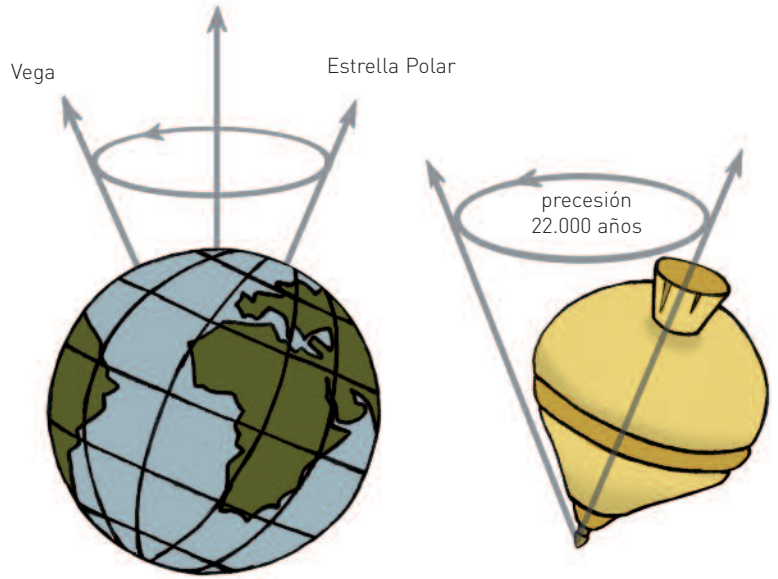
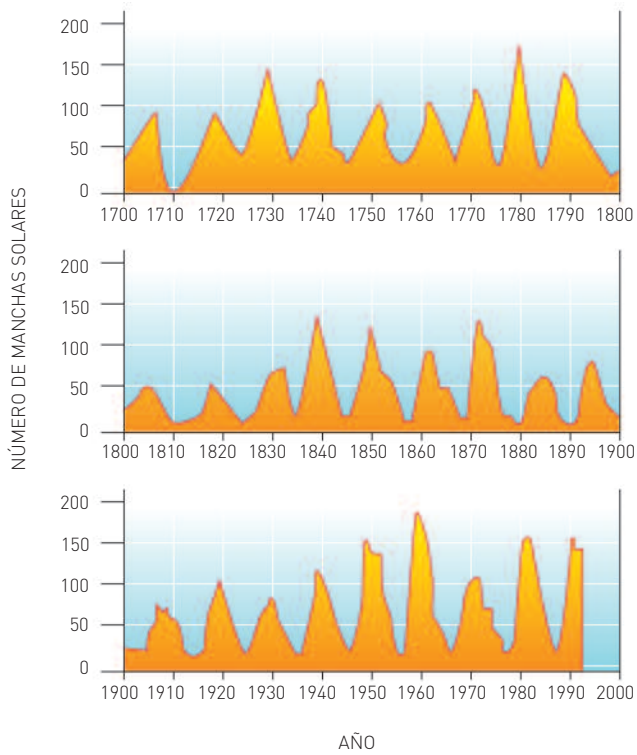
- Indica a la vista de las ilustraciones cuándo se producirían los inviernos más fríos en nuestro hemisferio.
- Sabemos que cuando el valor del ángulo de inclinación del eje terrestre es alto, la diferencia de insolación entre las estaciones es grande. ¿Qué crees que pasaría en el caso de que ese ángulo fuese cero?
- ¿Cómo se conocen los puntos donde se producen cada una de las estaciones? ¿En que época del año se producen actualmente?







#### 4 CAMBIO NORMAL DEL CLIMA



El movimiento de precesión de la Tierra provocó que en el pasado, hace 11000 años, el eje apuntase hacia la estrella Vega. En la actualidad se dirige hacia la estrella Polar.

Alrededor de 1810 el precio del trigo se disparó en Europa a consecuencia de la pérdida continua de las cosechas debido a una época de frío intenso. Estos episodios de climas extremos coinciden con el denominado Mínimo de Dalton, donde el número de manchas solares descendió considerablemente.

La actividad solar, y por tanto la energía que emite, no es constante a lo largo del tiempo, sino que varía. El efecto es que un aumento de la energía recibida por la Tierra produciría un calentamiento de la misma y al contrario, si disminuye la Tierra se enfriaría. Los científicos cuantificaron el número de manchas solares (relacionadas con la actividad solar) y lograron correlacionarlas con episodios climáticos. A mayor número de estas manchas mayor radiación emitida hacia la Tierra. Entre los años 1645 y 1715 se registró un período de fríos muy intensos en Europa, coincidiendo con una etapa de disminución en el número de manchas solares al que se le llamó Mínimo de Maunder, ya que fue el astrónomo británico Walter Maunder el que realizó estas observaciones.

● Según los datos de la tabla señala los años de mayor número de manchas solares. ¿Cómo crees que sería el clima en esas épocas? Justifica la respuesta.

### Los cambios naturales debidos a causas internas

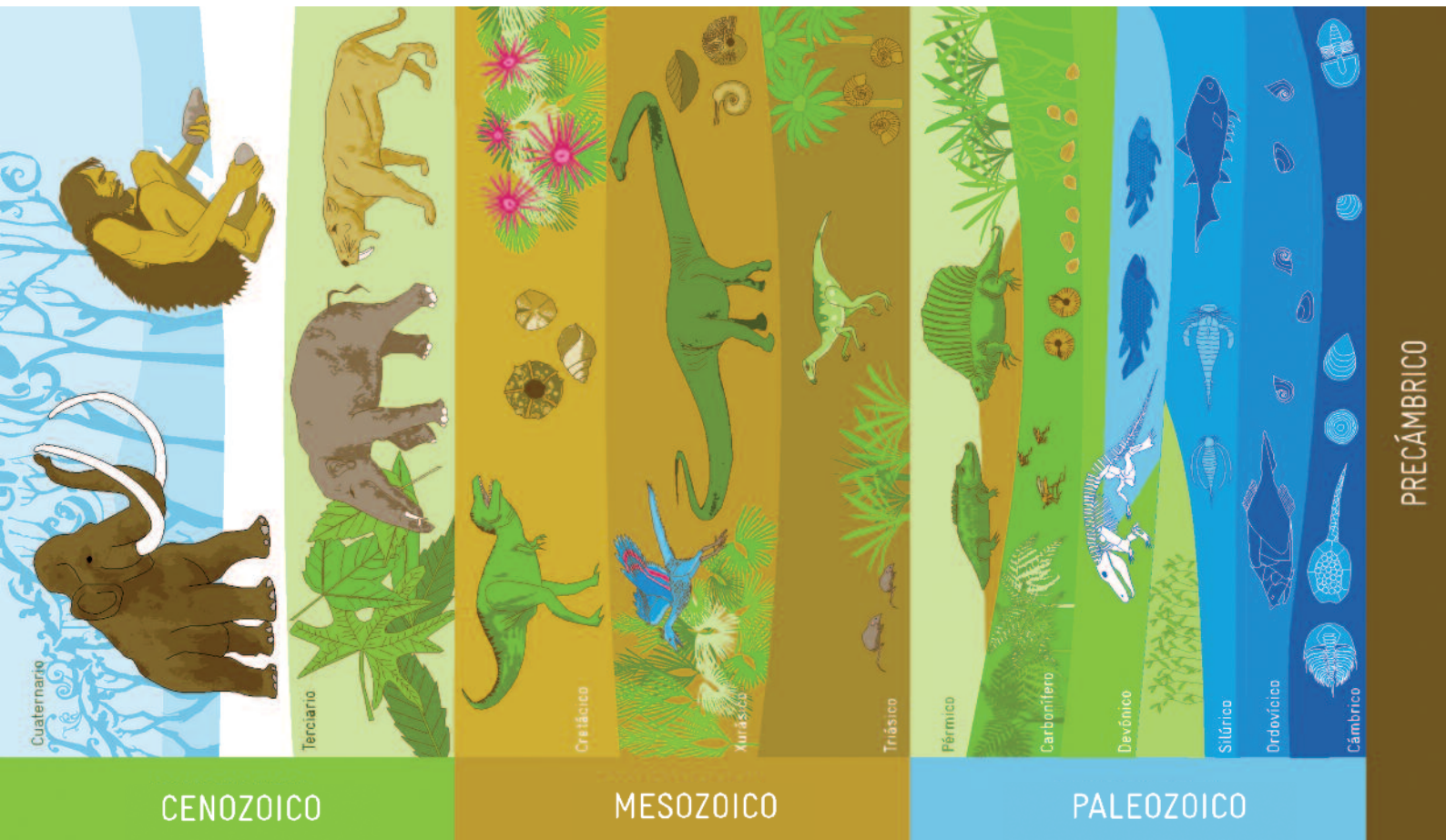
Entre las causas internas que inciden en la variabilidad climática están la distribución de los continentes y mares, las erupciones volcánicas y las corrientes oceánicas.

- a) Las **masas continentais** que forman la Tierra no se mantuvieron inmóviles en el tiempo, sino que desde hace unos 2500 millones de años, las placas tectónicas están envueltas en un baile global en el que las tierras se juntan y se separan generando cordilleras y abriendo y cerrando océanos. Los continentes influyen en las corrientes oceánicas que transportan calor desde el ecuador hacia los polos, y esto se traduce en consecuencias sobre el clima.



En el Período Triásico, las tierras emergidas se encontraban reunidas en un gran supercontinente, Pangea, situado de forma simétrica respecto al ecuador. Este hecho favoreció la eficacia de las corrientes oceánicas en el transporte de calor hacia los polos, generando climas cálidos y ausencia de hielo en las latitudes altas.

- Señala en la tabla de tiempos geológicos el intervalo en el que estaban las masas continentales unidas formando el supercontinente Pangea.



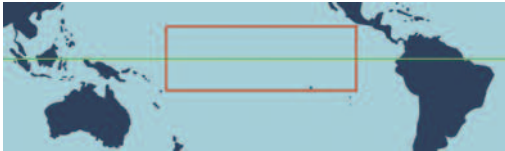
- b) Los **océanos** son la principal fuente de producción de vapor de agua hacia la atmósfera, absorben la radiación del Sol y distribuyen el calor por el globo, mediante las corrientes marinas. Las corrientes se caracterizan por la presión, temperatura y salinidad del agua. Estas características condicionan la densidad de las aguas, creándose unos gradientes de densidad tanto en la horizontal (entre latitudes altas y bajas) como en la vertical (aguas superficiales y profundas). La diferencia de densidad provoca el principal movimiento del agua en las cuencas oceánicas. La influencia del viento se reduce a los primeros 200 metros en la superficie de los océanos, generando las corrientes superficiales como la Corriente del Golfo, la Corriente del Atlántico Norte, etc.





Los océanos Pacífico y Atlántico se caracterizan por tener un contraste muy acusado entre las temperaturas de las aguas superficiales del este y del oeste. En una situación normal los vientos alisios ejercen un control de equilibrio sobre el desplazamiento de las aguas cálidas procedentes del oeste y las frías procedentes del este. Esta situación favorece el ascenso de las aguas frías ricas en nutrientes en la costa oriental de América del Sur que substituye a la capa superior arrastrada por los vientos. Estos afloramientos hacen que las costas de Ecuador y Perú se encuentren entre las más ricas y productivas en recursos pesqueros del mundo. Pero el fenómeno conocido como El Niño, cambia esta situación. En ciclos que varían entre seis y siete años, aguas cálidas se acercan hacia las costas de América del Sur, provocando cambios climáticos que pueden perdurar en la zona durante varios años. La explicación se encuentra en que los vientos alisios en estos ciclos paran o disminuyen lo suficiente como para no desplazar la capa de agua caliente superficial de la zona del Pacífico oriental, impidiendo el afloramiento de las aguas frías e incrementando, por tanto, la temperatura del océano y del aire en estas zonas. La evaporación del agua es mayor y dará lugar a importantes precipitaciones que desencadenan inundaciones y crecidas de ríos en zonas donde las sequías son habituales. Otra consecuencia de El Niño se relaciona con el descenso de los recursos pesqueros. La falta de nutrientes en las aguas desplaza a los bancos de peces más hacia el sur, en busca de áreas de aguas más frías.

El recuadro indica las zonas representadas en los esquemas inferiores.



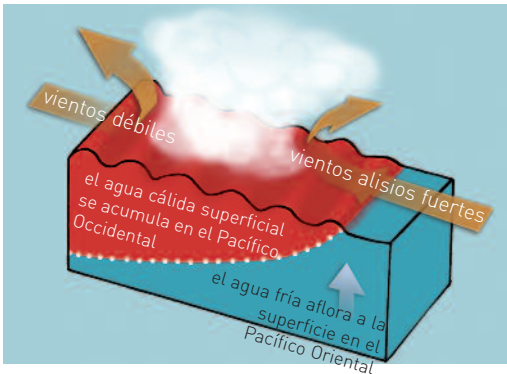
La superficie cálida del océano en el Pacífico central, proporciona calor y humedad al aire que asciende formando nubes de tormenta.

**EL NIÑO/CALENTAMIENTO**

Cuando los vientos alisios pierden fuerza, las aguas cálidas del Pacífico occidental fluyen hacia el este. Esta capa, que llega hasta los 150 metros de profundidad, se desplaza sobre aguas más frías y cargadas de nutrientes, impidiendo el ascenso a lo largo de las costas americanas.

termoclina plana

En una situación normal, las nubes de tormenta se sitúan encima de las aguas cálidas del Pacífico occidental.



**SITUACIÓN NORMAL**

En una situación normal, son los vientos alisios los que mantienen un cierto equilibrio entre las aguas calientes procedentes del oeste y las frías del este. El Sol calienta las aguas del Pacífico oriental pero la termoclina, el límite entre el agua caliente y la fría rica en nutrientes, se localiza a unos 40 metros bajo la superficie.

Con la ayuda de un atlas y de internet responde a las siguientes cuestiones:

- a) ¿Quiénes fueron los primeros en constatar los fenómenos climáticos de El Niño?
- b) ¿En qué época se produce el fenómeno de El Niño? ¿Con qué hecho está relacionado el nombre?
- c) ¿Con qué nombre se denominan los vientos que más influyen en la circulación de las aguas oceánicas en el Pacífico?
- d) ¿Con qué nombre se conoce al fenómeno similar a El Niño pero con efectos contrarios? ¿Cuáles son las consecuencias en las costas donde se produce?





- c) Las **erupciones volcánicas** emiten hacia la atmósfera importantes volúmenes de gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) que favorecen el efecto invernadero a una escala regional, y cenizas y polvo volcánico que tienen efectos sensibles en la temperatura global de áreas alejadas del planeta. En las recientes erupciones del Pinatubo en Filipinas la temperatura de una amplia región cerca del volcán aumentó en casi medio grado durante un período de dos años.

- Sitúa Filipinas en el mapa mundi mudo.
- Explica el proceso que provocó este aumento de temperatura en las regiones cercanas al volcán.



Pero a escala planetaria, las erupciones volcánicas pueden provocar un enfriamiento de la atmósfera si la cantidad de cenizas que expulsan es elevada y llega a las capas altas, actuando como una pantalla para la radiación solar. Esto quedó reflejado en la erupción del volcán Támara en Indonesia en el año 1815, conociéndose al año siguiente como "el año sin verano". Las cenizas alcanzaron los 50 km de altura conformando una nube de polvo que los vientos se encargaron de dispersar por el planeta. Esta nube ocultó la luz del Sol provocando la caída de la temperatura durante los dos años siguientes y causando importantes daños en las cosechas de muchas regiones del Hemisferio Norte.

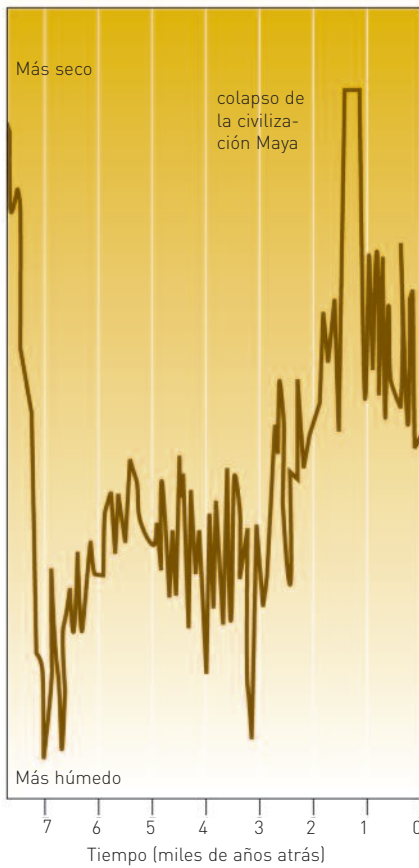




- Explica por qué en la historia del clima se denominó a 1816 el año sin verano.
- ¿Crees que las emisiones de este volcán colaboraron en el enfriamiento global de la Tierra? Justifica la respuesta
- ¿Qué volcanes conoces en España? ¿Cuáles podrían ser las consecuencias de una erupción violenta en el clima del entorno de esta zona volcánica?
- ¿Qué sucesos históricos ocurrieron en los años posteriores a la erupción del volcán Tábora? ¿Cómo explican los libros de historia el clima reinante en Europa en esos años?

## Cambios climáticos y catástrofes naturales

Las variaciones del clima acaecidas de forma brusca en ciertas ocasiones, tuvieron como consecuencias importantes modificaciones en el hábito de vida tanto de la población humana como de los animales, jugando un papel determinante en el desarrollo de antiguas civilizaciones como la de los Mayas.



Los datos obtenidos del estudio de los sedimentos de antiguos lagos en la Península del Yucatán en México, indican que el clima cambió bruscamente hacia condiciones de sequías extremas. Las ofrendas que los pueblos mayas

acercaban a sus dioses, no fueron eficaces para atraer las ansiadas lluvias, y las condiciones climáticas adversas avocaron a la desaparición a la civilización Maya hace unos 1100 años.

- Se piensa que la población Maya tuvo una enorme expansión asociada posiblemente a la bonanza climática. ¿Qué consecuencias acarrearía para una población extensa de las características de los Mayas, un cambio climático brusco? ¿Crees que podría tener relación la crisis ambiental con los hábitos caníbales que se supone practicaron estos pueblos?





A finales del siglo XX dos geólogos americanos William Ryan y Walter Pitman demostraron que hace unos 7500 años sucedió un episodio catastrófico en la zona del Mar Negro que pudo ser el desencadenante del relato bíblico del Diluvio Universal. Gracias al análisis metódico de los datos proporcionados por intensas campañas oceanográficas en esta zona, se logró determinar que el Mar Negro era un gran lago de agua dulce que no estaba comunicado con el vecino Mar de Mármara.

Foto satélite del Mar Negro



- Identifica en la imagen de satélite el Mediterráneo, el Mar Negro y el Mar de Mármara.
- ¿Qué cambios ocurrieron en ese primitivo lago para que llegase a ser el actual Mar Negro?

Uno de los descubrimientos importantes fue que encontraron en el lecho del lago, restos de organismos de agua dulce cubiertos por sedimentos de origen marino que contenían animales adaptados a vivir en aguas saladas.

- ¿Qué te sugiere el hecho de que existan sedimentos con organismos de agua dulce cubiertos con sedimentos marinos que contienen animales adaptados a aguas saladas?





El siguiente paso se dirigió hacia la búsqueda de un evento que se adaptara a esos cambios, y lo situaron hacia el final de la última glaciación, donde los hielos acumulados comenzaron a fundirse y el vertido de toda esa cantidad de agua a lo largo de miles de años, hizo que el nivel de los océanos se elevara. Este proceso provocó que el Mar de Mármara se precipitara como una catarata sobre el Mar Negro excavando un canal ancho y profundo.

- Una vez leído el texto, realiza un dibujo que explique el desbordamiento del Mar de Mármara sobre el Mar Negro
- ¿Cómo sería el paisaje de la Antártida en esa época? ¿Y la costa gallega?

El evento fue lo suficientemente rápido como para desplazar a todos los pueblos que habitaban en las orillas del lago. Se calcula que la fuerza de la inundación sería del orden de 200 veces la de las cataratas del Niágara y que en cuestión de meses el nivel del lago debió de subir cerca de 100 metros.



Cataratas del Niágara

Unos años más tarde, el descubridor del célebre trasatlántico hundido, Titanic, Robert Ballard, delimitó la antigua línea de costa unos 170 metros por debajo de la actual, y encontró en las laderas sumergidas del Mar Negro, construcciones de madera, cerámica y diversas herramientas que evidenciaban el poblamiento de las orillas del lago antes de la inundación.

Posteriormente, estos pueblos comenzaron a transmitir de una generación a otra, por medio de la tradición oral, el relato de la inmensa inundación y quizás sea este el vínculo con el origen del mito del Diluvio Universal.





La inundación que se produjo al precipitarse las aguas saladas procedentes del Mediterráneo sobre la cuenca del Mar Negro, hizo que el nivel de este último creciese aproximadamente 15 cm al día.

- ¿Cómo se llama el estrecho que une el Mediterráneo con el Mar de Mármara? ¿Y el estrecho que une este último con el Mar Negro?. Sitúalos en el mapa
- ¿Cuál fue la causa de la desaparición de los animales que poblaban el lago antes de la subida del nivel de las aguas?
- ¿Qué característica significativa del Mar Negro se relaciona con su nombre?
- Responde con lo estudiado en este capítulo a las cuestiones iniciales del apartado "RESPONDE CON LO QUE SABES AHORA"





