

Tema 13. El equilibrio térmico del planeta. El clima y su distribución. Los sistemas morfoclimáticos. Grandes cambios climáticos históricos.

2º E.S.O. Bloque II: Energía en la Tierra:
4º ESO: Bloque I. La dinámica de la Tierra.
2º Bach . Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Bloque II. Los sistemas terrestres: Clima y tiempo atmosférico. El cambio climático.
2º Bach. Geología optativa. Bloque: Los procesos geológicos

SUMARIO

13.1. El equilibrio térmico del planeta

13.2. El clima y su distribución

13.3. Clasificación de los climas

13.3.1. Clasificación de los climas según la latitud

13.3.2. Segunda clasificación. Según Köppen

13.3.3. Tercera clasificación:

13.3.4. Los climas en España

13.4. Los sistemas morfoclimáticos

13.4.1. Los sistemas morfoclimáticos de zonas frías

13.4.2. Sistemas morfoclimáticos de zonas templadas

13.4.3. Los sistemas morfoclimáticos desérticos y subdesérticos

13.4. 4. El sistema de erosión intertropical

13.5. Grandes cambios climáticos históricos.

13.5.1. Cambios climáticos presentes y futuros

13.1. El equilibrio térmico del planeta

La Tierra recibe del Sol luz y calor; lógicamente la t^a de un punto del globo dependerá, dejando aparte factores locales y climáticos, de las horas de insolación y del ángulo de incidencia de los rayos solares. La Tierra gira alrededor del Sol en un recorrido elíptico de unos 940 millones de km.; el Sol ocupa uno de los focos de esa elipse. En términos astronómicos, la distancia entre la Tierra y el Sol no varía mucho. La distancia media es algo menos de los 150 millones de km.

Las variaciones estacionales no son resultado de la variación de la distancia de la Tierra al Sol (el invierno del Hemisferio Norte sucede cuando el Sol está más próximo); si así fuera, tanto en el Hemisferio Norte como en el Sur las estaciones del año coincidirían. Las variaciones estacionales de t^a y de iluminación solar son consecuencia del eje oblicuo de la Tierra, que inclina alternativamente los hemisferios hacia el Sol. De no existir atmósfera e hidrosfera la inclinación del eje apenas tendría trascendencia (Ej. la Luna); sin embargo, en la Tierra, las diferencias en la distribución de la energía solar que llega a su superficie (Ver tema 11), activa los movimientos del aire y del mar en un ciclo diario o anual. Los vientos, las olas y las corrientes, el calor húmedo de las selvas tropicales y el penetrante frío de la tundra, son resultado todos ellos de variaciones locales y periódica. Las consecuencias llegan aún más lejos ya que, el clima, determina el tipo de vegetación y la fauna que ésta alimenta. Todos los tipos de climas tienen su propio ecosistema.

El eje de la Tierra se inclina $23^{\circ} 27'$ en relación con el plano de su órbita (la eclíptica). Esta oblicuidad hace que, en determinadas épocas del año, los rayos solares incidan con mayor inclinación en unas zonas determinadas y perpendicularmente en otras y, además, que estas zonas no son siempre las mismas. El 21 de Junio (**solsticio de verano**) los rayos solares son perpendiculares al Trópico de Cáncer ($23^{\circ} 27'$ latitud norte), los días en este hemisferio son los más largos del año. En los puntos situados a $23^{\circ} 27'$ del polo norte (círculo polar Ártico) el sol no se pone durante las 24 horas del día, ya que la inclinación del eje mantiene esta zona permanentemente iluminada por el Sol. En el hemisferio sur, en estas mismas fechas, comienza el invierno, pues los rayos solares le llegan entonces con la máxima inclinación y la duración del día es la más breve del año; en el círculo polar Antártico se instala la noche polar.

En los **equinoccios de primavera y de otoño** (21 marzo y 22 ó 23 de septiembre) los rayos solares son perpendiculares al ecuador (el día y la noche tienen la misma duración). A partir del solsticio de verano los días comienzan a acortar, mientras la Tierra va al punto equinocial; a partir del equinocio de otoño (día y noche iguales) la desigualdad entre el día y la noche se acentúa a favor de ésta, hasta que al llegar al solsticio de invierno en el hemisferio norte (día más corto del año) en que los rayos solares son perpendiculares al trópico de Capricornio ($23^{\circ} 27'$ latitud sur). A partir de estas fechas, se invierte gradualmente la duración de los días y de las noches, hasta alcanzar el equinocio de primavera (día y noche de igual duración).

Las estaciones son iguales en ambos hemisferios pero invertidas: el comienzo del solsticio de verano en el hemisferio norte marca el comienzo del solsticio de invierno en el sur. Como el solsticio de verano en el hemisferio sur coincide aproximadamente con el perihelio, los veranos son algo más calurosos que en el norte y el invierno algo más riguroso (coincide con el afelio), aunque las variaciones son muy pequeñas dado que la excentricidad de la Tierra es muy pequeña.

Según lo expuesto la Tierra está dividida en cinco grandes zonas climáticas:

- ☐ **Zona tórrida**, situada a ambos lados del ecuador y limitada al norte por el trópico de Cáncer y al sur por el de Capricornio.
- ☐ Dos **zonas templadas**, comprendidas entre ambos trópicos y los círculos polares.
- ☐ Dos **zonas polares**, Ártico y Antártico respectivamente.

13.2. El clima y su distribución

Se llama **Clima** al conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera y del tiempo en un punto de la Tierra. Para determinarlo hay que hacer observaciones de los distintos factores atmosféricos. Hablar de clima equivale así a resumir y a sintetizar las características del **tiempo atmosférico**, está definido por sus elementos, t^a , presión, humedad del aire, viento, nubosidad,

precipitación, etc. A su vez, el clima está condicionado por una serie de factores, que se resumen en los siguientes:

- a) **Latitud.** Determina la existencia de estaciones, caracterizadas por la duración de los días y las noches y por la inclinación con que inciden los rayos solares sobre la superficie; de ello depende el grado de caldeoamiento de la superficie de la Tierra y con arreglo a ello pueden establecerse los grandes grupos climáticos: climas sin invierno de latitudes bajas (la t^a nunca baja de los 18°C), climas con invierno y verano de latitudes medias y climas sin verano de latitudes altas (nunca su t^a supera los 10°C).
- b) **Altitud.** La t^a del aire desciende con la altura topográfica, con lo que las regiones más altas serán las más frías. La humedad y el movimiento del aire también varía con la altura.
- c) **Continentalidad.** La proximidad o lejanía de un lugar al océano determina su mayor o menor pluviometría, dado que el vapor de agua atmosférico proviene fundamentalmente de la evaporación del agua del mar. Por otra parte, el océano se calienta y enfría con menor rapidez y efectividad que las rocas de la superficie de los continentes, por lo que en las regiones costeras las oscilaciones térmicas diarias y estacionales son más suaves que en las del interior de las masas continentales.
- d) **Orientación.** No todas las costas están eficazmente influenciadas en sus caracteres climáticos por el océano contiguo, dependiendo tal cosa de la orientación de esa costa con relación a la dirección de los vientos dominantes en la zona. La misma circunstancia se da en las regiones montañosas o separadas del océano por cadenas orográficas, una de cuyas vertientes puede tener un clima muy diferente de la otra según de donde venga habitualmente los vientos cargados de humedad. La exposición del lugar a "solana" o a "umbría" determina un mayor o menor calentamiento del suelo.

Por lo tanto, vemos, que la distancia al mar determina la diferencia entre un clima continental y uno marítimo. El clima continental suele ser seco con grandes diferencias entre el verano y el invierno, mientras que el marítimo es más húmedo y tiene una t^a más regular. En Verjoiansk, en la tundra siberiana, las diferencias entre las t^a medias de los meses más cálidos y los más fríos del año es de 68°C . En Godthab, en la costa de Groenlandia, es de sólo 17°C .

Los factores b), c) y d) constituyen los **factores del relieve**

13.3. Clasificación de los climas

El clima es el valor medio del tiempo. Los climatólogos calculan esta media a lo largo de un período de 30 años con el fin de conseguir cifras representativas en las que poder basar sus clasificaciones. No es posible clasificar los climas de la Tierra teniendo en cuenta todas las variables atmosféricas de las que dependen; pueden hacerse clasificaciones basándose en una sola de ellas (t^a , precipitaciones, viento, humedad), pero su utilidad es limitada; así Blair establece cinco tipos de climas con arreglo a las precipitaciones anuales: Árido, Semiárido, Subhúmedo, Húmedo y Muy húmedo. Sin embargo, esta clasificación no tiene en cuenta la evaporación que se produce en el lugar, que está influenciada por la t^a ; dicha evaporación determina la cantidad de agua que permanece en el suelo; así, el mismo tipo de precipitación escasa en las regiones cálidas da lugar a los desiertos, mientras que en las regiones frías, con menos evaporación, da lugar a climas húmedos.

En 1910, el austriaco **Köppen** trazó una clasificación de los climas del mundo basada en dos variables, la t^a y el régimen de precipitaciones. Este sistema se sigue usando en líneas generales. Se podría emplear otra variables: la relación entre las precipitaciones y la evaporación, el número de horas de insolación, la altura sobre el nivel del mar, la relación entre radiaciones incidentes y reflejadas, etc. El balance de radiación tiene una importancia fundamental. Los días calurosos y las frías noches del Sahara se producen porque la atmósfera seca no obstaculiza lo más mínimo las radiaciones incidentes durante el día ni las reflejadas por la noche.

El clima tiene en casi todos los casos un carácter marcadamente estacional, como consecuencia de la variación de la tasa de radiación solar incidente de un solsticio a otro. Ello determina un desplazamiento en latitud de todos los fenómenos climatológicos del verano al invierno y, en concreto de los dos cinturones de altas y bajas presiones y la localización de los distintos tipos de vientos. Tal desplazamiento

es hacia el hemisferio norte durante el verano de este hemisferio (desde el solsticio de verano al equinocio de otoño), y hacia el hemisferio sur seis meses después.

Es evidente que en las clasificaciones climáticas deben contemplarse tanto las precipitaciones como la t^{a} anual. Como la distribución de las t^{a} está relacionada, como dijimos, con la latitud geográfica, es posible hacer clasificaciones climáticas que tengan en cuenta los tres factores: latitud, precipitaciones y t^{a} .

13.3.1. Clasificación de los climas según la latitud

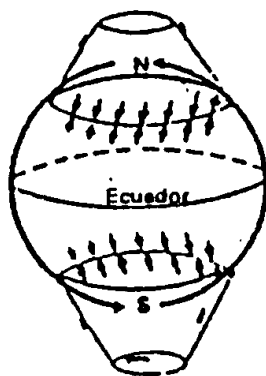
A) Climas de latitudes altas.

Estas regiones son las que reciben menor tasa de radiación solar y por eso son sumamente frías. Las condiciones son permanentemente anticiclónicas dada la gran densidad del aire frío, lo que determina que las precipitaciones sean muy escasas. Sólo en las regiones costeras convenientemente orientadas pueden ser más húmedas y presentar t^{a} estivales algo más suaves, en tanto que en las de acentuada continentalidad (Antártida, norte de Siberia), presentan una gran oscilación térmica del invierno al verano, pero dentro de valores de t^{a} muy bajos, y alguna precipitación durante el verano cuando el aire, algo menos frío, no es tan denso y permite un cierto debilitamiento del anticiclón.

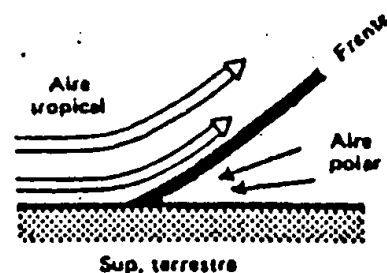
B) Climas de latitudes medias

El carácter de tránsito de estas latitudes entre las altas y las bajas determina una climatología muy compleja y que en ella se dé la mayor variedad de tipos de climas diferentes, en general con marcadas oscilaciones estacionales. El fenómeno meteorológico más característico de estas latitudes es que en ellas quedan enfrentados mutuamente los vientos provenientes del anticiclón polar con los vientos templados procedentes de las altas presiones subtropicales o westerlies. Tal enfrentamiento da lugar a un tipo especial y bien conocido de **borrascas**, denominadas **ondulatorias**, que recorren los océanos de estas latitudes desde el Oeste hacia el Este arrastradas por los westerlies, y que afectan a las costas occidentales de los continentes templados, adentrándose en ellos antes de extinguirse.

El aire frío de los vientos polares y el templado de los westerlies no se mezclan al ponerse en contacto, sino que se empujan y presionan mutuamente como tuvieran interpuesta una pared elástica capaz de deformarse y ondularse sin romperse. Esta superficie ideal de contacto y mutuo empuje de ambos tipos de aire se conoce con el nombre de **frente polar**, que acaba por ondularse y determinar un giro ciclónico del viento.



Esquema teórico simplificado del frente polar.



La borrasca ondulatoria consta entonces de un sector cálido en el que el aire templado va en pos del frío, y sobre todo el que asciende, por su menor densidad, resbalando sobre el llamado **frente cálido**, y de una porción posterior de aire frío que, a través del frente frío, presiona y lanza hacia arriba el aire del sector cálido. Así se origina nubosidad y precipitación por la acción dinámica de ambos frentes, y esa situación se mantiene al tiempo que la borrasca se desplaza hacia el Este hasta que el frente frío, más rápido en su avance, alcanza el frente cálido y ocluye al sector cálido (**borrasca ocluida**), con lo que ésta acaba por deshacerse y extinguirse.

Los distintos tipos de climas que pueden individualizarse en **latitudes medias** son consecuencia de la diferente existencia y operatividad de ese tipo de borrascas. Son los siguientes:

B₁) Oceánicos de costas occidentales.

Son estas las costas más influenciadas por la irrupción desde el océano de las borrascas, al tiempo que la proximidad al mar y la orientación de éste en la misma dirección de donde vienen los vientos dominantes determinan una elevada precipitación y humedad, y una *t*^a suave que oscila moderadamente entre el invierno y el verano. En este sentido, estos climas pueden denominarse también **Templado-húmedos**, y presentan una gradación en latitud, desde las zonas de latitud más alta influidas por las borrascas, a las más bajas, en las que durante el verano no lo están al desplazarse hacia arriba sus trayectorias habituales. Se habla entonces de **climas templados oceánicos de verano seco**.

B₂) Templado-continental.

En las regiones de acentuada continentalidad por su lejanía a las costas occidentales de los continentes y, más aún, si existen interpuestas cadenas montañosas como las Rocosas en Canadá y Estados Unidos de Norteamérica o los Urales en Siberia, las borrascas procedentes del Oeste no llegan a alcanzarlas más que de forma excepcional. En estos casos el clima es relativamente similar a los de latitudes altas, con inviernos cortos, muy fríos y secos, por las fuertes condiciones anticiclónicas reinantes, pero moderadamente cálidos; veranos en los que, al destruirse el frío anticiclón invernal, es posible una cierta precipitación convectiva de tipo tormentoso.

B₃) Húmedo de costas orientales.

Estos climas, cuya representación se da en la costa atlántica de los EE.UU., resultan de la interacción mutua de dos anticiclones y del aire que lanzan uno contra otro. De estos anticiclones uno es de carácter frío y es el que está instalado durante el invierno en el continente, y el otro, localizado sobre el océano contiguo y latitud inferior, contiene aire cálido y húmedo que es lanzado sobre la costa. De este enfrentamiento de ambos tipos de aire impulsados por dichos anticiclones resulta la génesis de borrascas ondulatorias que proporcionan a estas costas abundante precipitación invernal. En el verano, el recalentamiento del continente destruye el anticiclón frío invernal, y entonces el aire cálido y húmedo impulsado por el anticiclón marítimo subtropical penetra en el continente donde, en contacto con el terreno recalentado, adquiere la suficiente ligereza para ascender convectivamente y dar lugar a precipitaciones de tipo tormentosas.

Así los climas templados de costas orientales se caracterizan por ser húmedos durante todo el año, por efecto de la borrasca durante el invierno y de tormentas durante el verano, y por la acentuada oscilación térmica estacional determinada por la existencia del anticiclón frío invernal y su destrucción en verano, en que se deja sentir el influjo de aire cálido del anticiclón subtropical.

B₄) Mediterráneo.

Las latitudes subtropicales representan, desde un punto de vista climatológico, el tránsito entre latitudes templadas y las plenamente intertropicales. En esas latitudes se sitúa uno de los cinturones de altas presiones que resultan de la circulación general de la atmósfera (Ver tema 11), y cuya manifestación es la existencia de grandes y potentes anticiclones permanentes en los océanos de dichas latitudes (**anticiclón de las Azores** al SO de la península). Estos anticiclones están mejor definidos en su mitad oriental que en la occidental, puesto que en ésta quedan enfrentados durante el invierno en las costas orientales de los continentes con el aire frío que lanza el anticiclón occidental. Ello determina que las costas occidentales que quedan afectadas por el anticiclón subtropical sean muy secas, y precisamente esto es lo que define a este tipo de clima.

Así, durante el verano, las regiones mediterráneas registran escasa precipitación, pero en invierno el anticiclón subtropical se retira hacia latitudes más bajas y las borrascas pueden irrumpir en estas regiones produciendo precipitaciones significativas. Estos climas constituyen una degradación y transición hacia latitudes más bajas de los climas oceánicos de costas occidentales, en los que la precipitación frontal se limita a la estación fría. En Europa, estas condiciones se dan donde su costa atlántica presenta el gran golfo que es el mar Mediterráneo, y por ello los climas mediterráneos presentan aquí su mayor complejidad y variedad.

C) Climas de latitudes intertropicales:

Estas latitudes quedan limitadas, climatológicamente, por los dos cinturones de anticiclones subtropicales de los que parten los **alisios** a la **Zona de convergencia intertropical (ZCIT)** en la que confluyen oblicuamente. Esta zona representa la parte de la Tierra de máxima insolación, y por tanto las elevadas t^a que se registran hacen que el aire convergente de ambos alisios experimente una continuada tendencia a ascender convectivamente. La posición de esta ZCIT no es fija sino que, como ya sabemos, se desplaza estacionalmente algunos grados de latitud de un hemisferio a otro, según en cual de ellos sea verano, y lo mismo ocurre con la localización de los anticiclones subtropicales y de las regiones afectadas por los alisios.

Todo ello explica los caracteres fundamentales de la climatología de las regiones intertropicales, en las que se dan las condiciones de más alta humedad y pluviometría mundiales en la ZCIT y las de mayor sequedad y aridez allí donde los anticiclones subtropicales ejercen su influencia. De esta forma existen tres grandes grupos de climas intertropicales, todos ellos de t^a elevada pero de distinta pluviosidad.

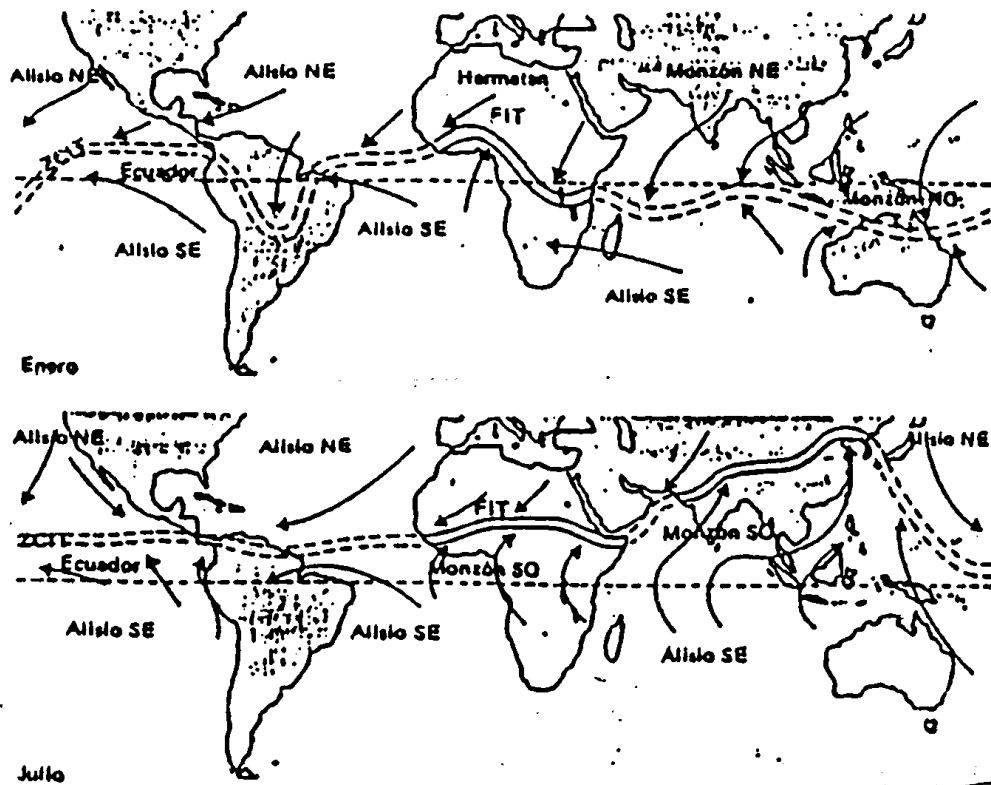
C1) Ecuatorial húmedo.

Resulta de las condiciones impuestas por la presencia de la ZCIT en las proximidades del Ecuador, en la que por enfrentarse masas de aire de caracteres muy similares aportadas por los alisios, no se establece ningún tipo de frente, como en el caso del frente polar de las latitudes medias. Por el contrario, los alisios enfrentados se frenan mutuamente originando extensas zonas de vientos en calma (**doldrums o calmas ecuatoriales**) y determinan una convergencia superficial. La ascendencia de estas condiciones de convergencia se ve reforzada por las altas t^a reinantes, de manera que por mecanismos convectivos la precipitación es muy abundante y frecuente, casi diaria, ocurriendo generalmente por las tardes cuando el calentamiento diurno ha alcanzado su máxima intensidad.

Tropical húmedo-secos.

El desplazamiento estacional en latitud de la ZCIT provoca que ésta afecte alternativamente cada seis meses a zonas de uno u otro hemisferio no muy alejadas del Ecuador. Cuando ello ocurre, durante el verano del correspondiente hemisferio, las condiciones meteorológicas son las propias de la ZCIT y, por tanto, las de los climas ecuatoriales húmedos, en tanto que la estación "fría", notablemente templada, coincide con la estación seca al quedar afectada la región por las altas presiones del anticiclón subtropical del respectivo hemisferio.

Una complicación especial de los climas del SE asiático está representada por los **monzones**, que acentúan aún más la individualización de una estación húmeda y de otra seca. A modo de una gigantesca brisa estacional, durante el verano el continente se recalienta de forma más acusada que el océano, y el aire fresco pero muy húmedo existente sobre éste sustituye al cálido y ligero que asciende convectivamente en tierra firme provocando una intensa precipitación. Por el contrario, en la estación fría es el océano el que conserva en mayor grado una t^a relativamente levada, invirtiéndose el sentido de los vientos y anulándose los fenómenos convectivos y el desencadenamiento de la precipitación. La duración de la estación seca en los climas tropicales puede variar ampliamente según la parte del año en que cada lugar esté afectado por el anticiclón subtropical o por la ZCIT.



En algunos casos, esa estación seca puede ser inexistente, y ello ocurre en las costas orientales accidentadas por un cierto relieve orográfico, que determina el ascenso del aire de los alisios sobre su vertiente, y la formación de nubosidad y precipitación orográfica, ese a la influencia negativa del anticiclón subtropical durante el invierno. Estos diversos climas tropicales, llamados **litorales de los alisios**, están caracterizados por la persistencia de la precipitación durante todo el año, convectiva por convergencia intertropical en verano, y producida por efecto orográfico durante el invierno.

d) Clima árido y subárido intertropical.

Son propios de regiones de acentuada continentalidad y lo suficientemente alejadas del Ecuador para no estar afectadas por las ZCIT y sí, de forma prácticamente permanente, por el anticiclón subtropical. Las oscilaciones térmicas anual y diaria son muy acentuadas, como consecuencia del carácter continental de estas regiones, y la escasa precipitación que en ellas tiene lugar es de tipo tormentosos o provocada por alguna borrasca que, excepcionalmente, consigue alcanzar latitudes suficientemente bajas y adentrarse en el continente. Es entonces muy frecuente que las raras y distanciadas lluvias de las regiones desérticas y subdesérticas alcancen una notable intensidad y violencia, capaz de provocar importantes efectos erosivos.

d) El clima de alta montaña

Las altas montañas presentan unas características propias; la t^a y la presión disminuyen con la altitud y durante el día sufren una fuerte insolación; por lo que se produce gran oscilación de t^a entre el día y la noche; también se da esta gran oscilación a lo largo del año en las montañas de latitudes medias y altas, pero dicha oscilación es pequeña en latitudes bajas; las precipitaciones aumentan hasta una altura de 2000 ó 3000 metros, pero disminuyen por encima de esta altitud; sin embargo, el deshielo estival de las nieves permite que el suelo se mantenga húmedo. La vegetación aparece por zonas que varían según la altitud y que, a grandes rasgos, reproducen las zonas de vegetación latitudinales (Biomás).

13.3.2. Segunda clasificación. Según Köppen

Se basa en la t^a media y el volumen de las precipitaciones (mm.)

A) Tropicales lluviosos:

A₁) Ecuatorial lluvioso. Localizado entre los 10° de latitud Norte y los 5° de latitud sur. Descrito antes con el nombre de ecuatorial húmedo. La asociación vegetal forma la selva ecuatorial (selva del Amazonas, isla de Singapur, etc.).

A₂) Tropical con dos estaciones. Situado entre los 5° - 10° y los 15° - 20° de latitud. Descrito antes como tropical húmedo-seco. Angola, Botswana, Mozambique, Sudán, centro y sur del Brasil, Guayanas, Colombia, Venezuela. Presenta rasgos geomorfológicos característicos (pan de azúcar). Es típico el bioma de la sabana.

B) Áridos:

Cubierta vegetal discontinua. Incluyen a las zonas desérticas tanto cálidas como frías. Se distinguen: : **Semiárido** (Tropical y subtropical y templado continental) y **Árido** (Templado continental)

C) Húmedos mesotérmicos:

C₁) Mediterráneo. Ya descrito. Típica vegetación maquis o monte bajo o garriga (menos alto y más escaso que el maquis).

C₂) Tipo chino. Propio del Hemisferio Sur: Australia, Pampa argentina, Sudáfrica. Lluvias en todas las estaciones.

C₃) Tipo oceánico. Se corresponde con el oceánico de costas occidentales. Gran Bretaña, Irlanda, Chile, Oceanía, Nueva Zelanda.

D) Húmedos microtérmicos:

D₁) Paduano-danubiano húmedo. Se corresponde con el templado continental. La zona norte está caracterizada por la taiga, en donde hielo y deshielo es el factor predominante.

D₂) Sarmático. Invierno largo, frío y seco y con precipitación de nieve. Latitudes comprendidas entre los 40 ° y los 65 °. Se corresponde con climas de latitudes altas.

E) Polares. Ya vistos

13.3.3. Tercera clasificación:

El criterio que la determina es el de los principales biomas, por tanto son: Polar, Taiga, Montaña, Templado, Monzónico, estepario, Tropical, Mediterráneo, Desértico. Todos ellos han sido descritos en las clasificaciones anteriores.

Por último, Arthur N. Stralher, en su Geografía Física, clasifica los climas teniendo en cuenta la latitud, las precipitaciones, la T^a , figurando además la vegetación, el tipo de suelo y los sistemas morfoclimáticos que veremos después.

13.3.4. Los climas en España

La península Ibérica pertenece al dominio de los climas templados mediterráneos con los que comparte la estacionalidad de las t^a (con veranos cálidos e inviernos fríos), la sequía o disminución de las precipitaciones estivales y la variabilidad interanual de los principales elementos climáticos.

Al estar por encima del trópico de Cáncer presenta **estacionalidad térmica** (se localiza en una zona de transición entre los climas templados y tropicales), la moderación de las temperaturas invernales costeras se debe a la influencia tanto del océano Atlántico como del Mediterráneo.

Pero junto a estos rasgos de conjunto existe una variada gama de climas regionales relacionados con la elevada altitud media y la compleja orografía de nuestro país. La influencia marítima se reduce a una estrecha franja en el litoral mediterráneo y cantábrico como consecuencia de los relieves costeros próximos; por el O y SO esta influencia penetra hacia el interior (valles del Tajo, Guadiana y Guadalquivir).

a) La circulación atmosférica regional y los tipos de tiempo

Los tiempos ciclónicos (producen precipitaciones) de carácter frontal más frecuentes son los que circulan del O, SO o NO, es ahí donde se localizan las áreas más lluviosas.

Las situaciones de **gota fría (ver tema 11)** y las **convecciones térmicas** son frecuentes, menos en invierno, suelen dar intensas e irregulares precipitaciones que provocan, frecuentemente, crecidas e inundaciones. La Península también recibe masas de aire muy frías de origen ártico o polar (N o NE), pudiéndose llegar a t° inferiores a -20° (Albacete, Teruel, Molina de Aragón, etc.).

También recibe influencia de anticiclones cálidos formados por aire tropical (t° altas de día y heladas de radiación, nieblas e inversiones térmicas por la noche). La fuerte insolación veraniega provoca borrascas térmicas notables en el interior y suroeste peninsular, con vientos africanos del S o SE, con el consiguiente aumento de t° y la formación de calimas y tolveneras en el interior.

b) Áreas de precipitaciones

1. **Superiores a los 800 mm.** Desde Galicia a Cataluña. Su posición septentrional y su relieve son determinantes. Además aquí hay que incluir áreas de montaña (sierra de Grazalema, Gredos, y con algo menos que las anteriores Sistema Ibérico (Demanda, Albarracín), Cazorla y Segura, etc.
2. **Entre 800-600 mm.** Esta área de transición comprende las vertientes meridionales de Pirineos, Cantábrica, sector occidental de ambas mesetas, estribaciones del sistema Central.
3. **Entre 400-600 mm.** Ambas Mesetas, valle del Ebro, fachada mediterránea (excepto el SE, parte del Guadalquivir y archipiélagos). Es la España seca. La causa hay que buscarla en el debilitamiento de los frentes atlánticos, y en las situaciones anticiclónicas del sur.
4. En el SE sobre todo y en otros sectores del interior, se localizan las zonas más secas con totales **inferiores a los 400 mm.**, e incluso (SE) inferior a 200 mm. Su posición interior y el efecto de pantalla que ejerce el relieve frente a los flujos lluviosos son las causas fundamentales.

La distribución de las precipitaciones a lo largo del año permite establecer tres regímenes: **oceánico** (máximos en invierno, el porcentaje mayor de precipitaciones es de origen atlántico), **mediterráneo** (máximas en otoño y primavera, se extiende por la mitad oriental) y zonas localizadas en las que las precipitaciones veraniegas (convección) superan a las invernales.

c) Temperaturas

Presentan bastante uniformidad, con máximos estivales (julio y agosto) y mínimos en enero y febrero, relacionados con el ciclo anual de radiación en las latitudes templadas.

La latitud, la disposición del relieve, la influencia marítima están reflejadas en las oscilaciones de las isotermas anuales.

1. **Zona de marcada amplitud térmica** (las dos Mesetas, valle del Ebro), prácticamente sin influencia marítima, los mecanismos de radiación determinan un fuerte enfriamiento en invierno, con inversiones térmicas en los valles, donde se acumula aire frío y frecuentes heladas de radiación. En verano sucede lo contrario, fuertes recalentamientos.
2. **Borde septentrional y costa atlántica** con inviernos suaves y veranos frescos dada la constante influencia atlántica. Oceánico o Templado-húmedo (Galicia, cornisa Cantábrica).
3. **La costa mediterránea**, con cálidos inviernos por la influencia marina e impedimentos orográficos para las corrientes septentrionales y tórridos veranos dadas las dimensiones de este mar. **Mediterráneo oceánico** (sur de la cordillera Cantábrica), **Mediterráneo oriental**

(Levante) y **Mediterráneo continental** (centro y este de las Mesetas, valle del Ebro y zonas del interior andaluz como Granada, Baza,...)

4. **Zona de transición con matices continentales** atenuados por influencia atlántica (valles del Tajo, Guadiana y Guadalquivir).
5. **Árido. SE**
6. **Montaña.** Pirineos, Sisema. Central, Penibético, Ibérico.
7. **Subtropical.** Franja costera desde la costa granadina a la de Huelva y Canarias.

La variabilidad es uno de los rasgos de nuestro clima por su condición de área de transición entre dos grandes dominios climáticos, el templado y el tropical. La sucesión de años secos o lluviosos, cálidos o fríos, lejos de ser anomalías constituyen una característica más de nuestro clima, sin que podamos aducir por ello la existencia de cambios en el mismo.

13.4. Los sistemas morfoclimáticos

El relieve en relación con los diferentes tipos de climas es el objeto de estudio de la **Geomorfología climática**. Hemos expuesto una relación zonal de climas, a la que habría que añadir, en todo caso, los **climas azonales** como son los de alta montaña.

Por sistema morfoclimático se entiende el conjunto de procesos que actúan (o han actuado en tiempos no muy lejanos) modelando el paisaje hasta darle su forma actual, en una determinada región. El conjunto de formas del relieve propio de un determinado clima define los **sistemas morfoclimáticos** que podemos clasificar de la siguiente forma:

DE ZONAS FRÍAS	SISTEMA MORFOCLIMÁTICO GLACIAR	DE ALTA LATITUD Y DE ALTA MONTAÑA
	SISTEMA MORFOCLIMÁTICO PERIGLACIAR	
DE ZONAS TEMPLADO HÚMEDAS	SIST. MORFOCLI. TEMPLADO-HÚMEDO	OCEÁNICO CONTINENTAL
	SIST. MORFOCLIMÁTICO MEDITERRÁNEO	
DE ZONAS CÁLIDO -SECAS	SISTEMA MORFOCLIMÁTICO SUBDESÉRTICO	
	SISTEMA MORFOCLIMÁTICO DESÉRTICO	
	SISTEMA MORFOCLIMÁTICO DE ESTEPA	
DE ZONAS CÁLIDAS - HÚMEDAS	SISTEMA MORFOCLIMÁTICO ECUATORIAL	DE SABANA DE SELVA

Un clima es húmedo cuando las precipitaciones superan a la evaporación, de manera que se forman cursos de agua permanentes; un clima es seco o árido cuando la totalidad de precipitaciones se evapora, de modo que no se forman cursos permanentes de agua.

Hay que tener en cuenta que los cambios climáticos habidos durante el cuaternario han modelado ciertas regiones bajo condiciones glaciares o periglaciares, aunque en la actualidad están sometidas a un sistema templado húmedo.

Vamos a tratar, preferentemente, los sistemas morfoclimáticos que han tenido que tener en la actualidad representación en nuestra península e islas.

13.4.1. Los sistemas morfoclimáticos de zonas frías

Dom. climático	Agente	Transporte	Formas erosión	Formas sedimentación
Glaciar	Hielo	Arrastre, Saltación, Suspensión	Lagos glaciares, valles en U, rocas aborregadas	cordones de morrenas Drumlins, Loess
Periglaciar	Hielo, agua			

Se localizan en las zonas de hielos perpetuos (zonas polares y de alta montaña) y en las periféricas a ellas. Se caracterizan por la importancia del papel morfogenético del hielo, que actúa con independencia del tipo de roca a la que afecta,

En las zonas de hielos perennes, las áreas mejor estudiadas son las de los glaciares de montaña (tema 16), y principalmente las que han sido abandonadas por los hielos después de la última glaciación,

dejando al descubierto las formas erosivas y de acumulación por ellos generadas, con mayor o menor modificación de las aguas de fusión que circularon después.

Entre las formas erosivas podemos distinguir dos tipos: las de desalojamiento y las de abrasión. Las primeras se forman por el arranque y empuje ejercidos por el hielo sobre los bloques rocosos (**circos y artesas**). El circo tiene dimensiones variables, con paredes (**rimayas**) de fuerte pendiente, la artesa constituye el lecho de la lengua glaciar, su perfil transversal tiene forma de U, debido a la combinación de un fondo plano con paredes casi verticales. El perfil longitudinal se caracteriza por una sucesión de umbrales y cubetas que le dan aspecto escalonado. Otras formaciones son los lagos de erosión (**tarn o ibones**), o los de cierre morrénico. La morfología, netamente glaciar en su origen, acaba convirtiéndose en un conjunto o complejo fluvioglaciar.

Entre las formas de abrasión destacan las **rocas aborregadas** y las estrías glaciares debidas a la acción de desgaste sobre el lecho glaciar del propio hielo y de los fragmentos que arrastra. Las formas de acumulación se dan en las zonas de ablación, siendo su característica fundamental la heterogeneidad y falta de selección.

En las zonas periféricas (**dominio periglacial**) predomina la acción morfogenética del agua sometida a la alternancia congelación deshielo. Dependiendo de las variaciones estacionales de la t^a del aire que afecta a la parte superior del suelo, se distinguen dos capas: **permafrost y mollisuelo**. La primera siempre está helada. La segunda y más superficial se encuentra sometida a la acción del hielo en invierno y del deshielo en la época estival; si se trata de terrenos arenosos puede dar lugar a coladas de barro por gelifluxión; en suelos de tundra se llegan a formar suelos poligonales. El viento es el principal agente de transporte originando depósitos de **loess**.

Las rocas compactas se rompen por gelivación dando lugar a la acumulación de derrubios al pie de las montañas llamados **pedrizas o canchales**.

13.4.2. Sistemas morfoclimáticos de zonas templadas

Dom. climático	Agente	Transporte	Formas erosión	Formas sedimentación
Templado	Ríos, gravedad	Arrastre, Saltación, Suspensión, disolución, flotación	Cárcavas Valles fluviales Karst normal	Terrazas Aluviones

Se caracterizan por un permanente flujo de agua y por una meteorización química poco intensa. Comprende tres sistemas morfoclimáticos: **oceánico, continental y mediterráneo**. Las formas del relieve son el resultado de la actuación de distintos factores y agentes. En los interfluvios, los materiales de la meteorización, descienden al cauce por gravedad desencadenando distintos fenómenos de ladera; entre éstos destaca la arroyada, que en rocas disgregables formará **cárcavas**, ejemplo de la importancia del factor litológico en estas zonas.

En los cauces de desarrolla una **intensa erosión lineal** y un transporte de los materiales caídos por las vertientes o erosionados por el propio río. Esto origina dos conjuntos de formas: de erosión y de sedimentación.

Entre **formas erosivas** destaca la morfología del valle fluvial cuyo perfil longitudinal se divide en los tres clásicos tramos: Curso alto (predomina la erosión, perfil en V); medio (se combina erosión y transporte, valle en V más abierta), y bajo (el río discurre entre sus sedimentos, perfil en artesa). Las hoces, cascadas, rápidos, marmitas gigantes, etc. son otras formas de relieve en los distintos tramos.

Las **formas de sedimentación** son los propios depósitos fluviales (**aluviones**). Se caracterizan por su selección, predominando los bloques grandes en el tramo alto; en el medio gravas, arenas, arcillas y en el bajo, los tamaños más finos, arenas, arcillas y limos. Los depósitos de los dos últimos tramos constituyen las llanuras aluviales; cuando se encuentran colgados a ambos lados del cauce, se denominan **terrazas fluviales**. Éstas se forman por procesos alternantes de erosión-sedimentación causados por los cambios climáticos ocurridos durante las glaciaciones del cuaternario.

Modelados de erosión areolar. Obedece a fenómenos de meteorización y alteración de la ladera de los valles. Los principales fenómenos de ladera son: **Desprendimientos** (caída de materiales que quedan libres en las laderas), **Deslizamientos** (resbalamiento de materiales de ladera); **Solifluxión** (coladas de

barro que resbalan por el plano inclinado); **Reptación** (movimientos lentos de descenso por efecto de la dilatación y contracción térmicas), y **Lavado y arroyada**, provocados por agua de lluvias más o menos torrenciales.

13.4.3. Los sistemas morfoclimáticos desérticos y subdesérticos

Dom. climático	Agente	Transporte	Formas erosión	Formas sedimentación
Desiertos y subdesiertos	Vientos, agua torrencial, Arroyada	Arrastre, Saltación, Suspensión, disolución	Regs, tafonis Pedimentos Llanuras endorreicas	Ergs, campos de dunas Abanicos aluviales Loess

En las **áreas subdesérticas**, la escasez de agua limita la acción de la meteorización a procesos de tipo mecánico. No obstante el agua de lluvia es la protagonista de la erosión. Las precipitaciones, aunque esporádicas son torrenciales, lo que se traduce en un intenso poder erosivo tanto de los cauces, como de los interfluvios. En los interfluvios, dada la ausencia de vegetación, se forman **cárcavas** y **chimeneas de tierra** por la acción de las aguas de arroyada en las rocas sedimentarias de origen detrítico.

Los cauces reciben distintos nombres: **ramblas** en el SE peninsular, uadis en Marruecos, y barrancos en Canarias. Los materiales sueltos que se encuentran en las vertientes y en el propio lecho del cauce son removidos y transportados por la enorme cantidad de agua caída durante la precipitación.

En las **zonas desérticas**, la meteorización es fundamentalmente mecánica (debido a las oscilaciones térmicas). Las lluvias torrenciales, que originan escorrentías sin encauzar, y el viento son los responsables de la erosión en estas regiones, que es de tipo areolar.

La **acción del viento** se lleva a cabo mediante dos procesos: la **deflacción**, o transporte selectivo, que arrastra los materiales más finos (arenas y limos) y deja en la superficie los trozos más gruesos, constituyendo los reg o desiertos pedregosos; y la **corrasión**, o desgaste de las superficies rocosas, producida por las partículas en suspensión lanzadas por el viento. Al decrecer su velocidad, éste deposita los materiales, dando lugar los **desiertos de arena o erg** y los **loess** o desiertos arcillosos en una franja más alejada.

Como **formas erosivas** destacan los **montes-isla**, que o bien son relieves diferenciales originados por una roca más competente resaltando por encima de una superficie llamada **glacis**, producto de la erosión de rocas menos competentes, o bien son relieves estructurales originados en granitos sin apenas fracturar, rodeados por la misma roca mucho más diaclasada que forma superficies llamadas **pedimentos**.

También en el interior de los desiertos se suelen formar **lagunas endorreicas**, que son zonas llanas, suavemente deprimidas y sin drenaje o salida hacia el mar. Los pedimentos o glacis convergen hacia la depresión central, rellenándola. La escorrentía de las aguas salvajes y esporádicas hace que se forme un lago en la depresión (playa o sebja), en el que se forman depósitos de sales por evaporación a lo largo de del mucho tiempo que suele transcurrir entre dos períodos de lluvia.

13.4. 4. El sistema de erosión intertropical

Dom. climático	Agente	Transporte	Formas erosión	Formas sedimentación
Ecuatorial	Meteorización Ríos, Ladera	Arrastre, Saltación, Suspensión, disolución, flotación	Monte islas Pan de azúcar Pedimentos	lateritas Bauxitas

Zonas caracterizadas por la abundancia de vegetación y de lluvias que dan lugar a un régimen de **biostasias**, en la que la meteorización química bajo la cubierta vegetal es muy intensa, desarrollando los llamados **suelos lateríticos** (alteración de los silicatos en Gipsita o hidróxido aluminico que forma una costra). Cuando floran rocas ígneas, sobresaliendo de la penillanura intertropical, dan lugar a unos montes islas conocidos como **panes de azúcar** (Río de Janeiro). En zonas de clima menos húmedo existen también elevaciones aisladas y de paredes muy pronunciadas (**inselberg**); éstas, sin embargo, no poseen el aspecto redondeado que caracteriza a los "panes de azúcar".

13.5. Grandes cambios climáticos históricos.

La mayor parte de los elementos climáticos, sobre todo las lluvias, varían con el tiempo. Un cambio climático es una variación que persiste, como mínimo, durante décadas. Una variación que dura varias décadas, para retornar después a su valor original se le califica de **fluctuación**. Una **tendencia** es una desviación ascendente o descendente.

Los científicos están estudiando el clima de la Tierra en épocas geológicas pasadas, el **paleoclima**. La Geología proporciona ciertas claves. Ej. hay tipos de rocas en Inglaterra que se formaron durante un clima desértico; el estudio de los anillos de crecimiento anual de los árboles vivos y fósiles (**Dendrocronología**), nos permite remontarnos miles de años atrás. La relación entre los diferentes isótopos de oxígeno en el hielo interior de Groenlandia y entre muestras de cieno de las profundidades marinas nos indica los cambios climáticos del pasado. Pero es un tema complejo y no resulta fácil establecer una correlación entre los distintos resultados.

El Clima del Precámbrico. No parece que fuera uniforme, la existencia de **tillitas**, que se suponen correspondieron a antiguas morrenas glaciares, indica que debió de haber **glaciaciones**. Éstas se han localizado en los márgenes del lago Ontario y también en Noruega.

Durante el Paleozoico o era primaria (hace 570 m.a.), los hielos fueron fundiendo ya que el clima debió ser cálido y húmedo en las regiones pantanosas, donde se formaron grandes depósitos vegetales que dieron lugar a las actuales zonas hulleras y subió el nivel de las aguas. Parece que hubo glaciaciones en Australia, Sur de África y la India. Al final del **Devónico**, en Europa, Asia y Norteamérica sobreviene un período de desertización intensa que promueve la evolución de los peces hacia los anfibios. Durante el **Carbonífero** extensas zonas palustres se convierten en grandes bosques de helechos dada la bonanza térmica. Durante el **Pérmico**, tras la orogenia hercínica, el clima se vuelve muy continental, lo que provoca una gran desertización y los Anfibios dan paso a los Reptiles. Por contraste, en el continente Gondwana se desarrolló a gran escala una importante glaciación, de la que han quedado vestigios en África austral, India, Australia y Sudamérica. Este hecho es uno de los argumentos que apoyan la teoría de la deriva continental.

Hace 250 m. a. (**Mesozoico**) el mundo presenta un aspecto desolador arrasado por la erosión convirtiéndose en una gran llanura. En el **Triásico** hay un predominio de rexistasia (dominio de la erosión sobre la actividad biológica) y los reptiles explotan bien este clima desértico, alternan trasgresiones y regresiones marinas. En el **Jurásico** (hace 180 m.a.) tiene lugar el desarrollo definitivo de los reptiles, sucediéndose continuas colisiones de placas, el clima debió ser de carácter tropical, cálido y húmedo, a juzgar por la vegetación predominante de la época, lo que favoreció el desarrollo de los Dinosaurios que alcanzaron su máximo desarrollo. El clima del Cretácico, en conjunto, no debió diferir demasiado del anterior, pero al finalizar el **Cretácico** (hace 65 m.a.) aparecieron unas arcillas negras con Osmio e Irido, en las mismas proporciones que en los meteoritos, lo que lleva a pensar en el probable choque de un gran meteorito con la Tierra, expandiendo polvo y cenizas por toda ella. Ésto provocaría un invierno nuclear debido al largo oscurecimiento del cielo que provocó, sin duda, la desaparición de un gran número de seres vivos. La transgresión marina de esta época es la más importante de la historia de la Tierra.

La variaciones climatológicas aparecidas al final de la era Secundaria se van acentuando en el **Cenozoico o era terciaria**. En el Eoceno, a juzgar por la flora fósil, en Europa había un clima tropical, siendo la t^a del mar de unos 20 °C, pero en el **Mioceno** ya la t^a se aproxima a los valores actuales y después se va enfriando paulatinamente hasta las glaciaciones del **Cuaternario**. La presencia de árboles de hoja caduca, ya desde el Eoceno, indica la diferenciación de estaciones verano-invierno que se van acentuando en el transcurso de esta era.

Una de las principales características del **Cuaternario (Pleistoceno y Holoceno)** la constituyen las **glaciaciones**. Se denominan así a unos períodos de frío intenso durante los cuales la mayor parte de Europa, Asia y América del Norte quedaron cubiertas por grandes masas de hielo. Todos los geólogos no coinciden en el número de glaciaciones: Mientras para unos fueron cuatro (Günz, Mindel, Riss y Würz), con tres períodos interglaciares de clima cálido, otros opinan que fueron tres, con dos períodos interglaciares. Las glaciaciones y **períodos interglaciares** son los que caracterizan toda la estratigrafía de la Era; así tenemos las morrenas glaciares, indicándonos las frontales, los límites

alcanzados por cada glaciación, y por las de fondo que cubren grandes extensiones, nos podemos dar idea de las zonas ocupadas anteriormente por el hielo.

La fusión de los hielos en los espacios interglaciares dio lugar a grandes inundaciones y períodos de intensa erosión, así como variaciones eustáticas del nivel del mar y por tanto del nivel de base de los ríos, siendo la causa de la formación de **terrazas fluviales** (lechos de aluviones que han quedado escalonados en los lados de los cauces de los ríos). De la misma época son ciertos depósitos aluviales, así como depósitos en el interior de cuevas, que contienen restos fósiles de la fauna de aquella época, formación de turberas, terrazas marinas relacionadas con los cambios del nivel del mar, depósitos de tipo glacial de los períodos interglaciares, etc.

Parece ser que la **primera glaciación** se inició en el Pleistoceno medio, encontrándose en el mar Mediterráneo por aquella época moluscos de latitudes boreales y efectuando un descenso los glaciares alpinos que dejaron como testigos las morrenas de Mulden-Güzz.

En las zonas ecuatoriales los cambios de clima no originaron glaciaciones, sino a lo que se denominaron **épocas pluviales** por la gran cantidad de precipitaciones de lluvia que se supone que existieron, lo que provocó el aumento del nivel de las aguas de los lagos.

Los vegetales son especialmente sensibles a los cambios de clima, por lo cual, el estudio de las variaciones de la flora (análisis polínico de las turberas), en el transcurso del cuaternario, nos proporciona datos del mayor interés para conocer la sucesión de períodos fríos y templados. En general, en los períodos fríos, predominan las praderas de plantas herbáceas (Artemisa, Dryas), mientras que en los períodos interglaciares predominan los bosques de Coníferas o Quercus, asociados a otras especies de árboles.

Las causas de las glaciaciones

Debieron ser muy complejas, dado que actuaron distintos factores simultáneamente. Según Milankovitch las causas fueron astronómicas, como la variación del eje de rotación de la Tierra con relación a la eclíptica, variaciones de la excentricidad de la órbita terrestre, etc. Parece que no sería preciso un acentuado descenso de la t° , sino que sería suficiente que a la par que descendiese ésta, aumentase la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, produciéndose así períodos húmedos, seguidos de otros secos, que coincidirían con los períodos glaciares e interglaciares. También se apuntan otras causas como las variaciones en la concentración de CO_2 en la atmósfera, las erupciones volcánicas que aumentan la concentración de polvo en la atmósfera, etc. Sin embargo, es difícil que una ritmicidad, como la que parecen presentar los fenómenos glaciares, sea debida a fenómenos fortuitos.

Hay indicios que los cambios climáticos producidos en períodos superiores a 20.000 (**ciclos de Milankovich**) años están relacionados con los dos parámetros orbitales de la Tierra, a medida que se desliza a través del espacio.

- ❑ La **excentricidad** sigue un período de unos 100.000 años: la órbita de traslación de la Tierra es casi circular que va variando hasta hacerse ligeramente elíptica; esta variación se repite una y otra vez, y durante la órbita circular es menor la diferencia de estaciones. Cuanto más alargada es la elipse más corta será la estación cálida.
- ❑ La **oblicuidad** sigue un ciclo de unos 40.000 años y está relacionado con la inclinación de la Tierra con respecto al plano de su órbita. Cuanto menor es la inclinación, más uniformemente se extiende el calor del sol y viceversa.
- ❑ El tercer cambio, la **precesión** corresponde a un ligero balanceo del eje terrestre, semejante al de una peonza cuyo movimiento pierde velocidad. Corresponde a ciclos de unos 20.000 años y tiene por efecto una mayor diferencia entre la cantidad de calor solar durante las estaciones del verano y del invierno.
- ❑ **La posición en el perihelio.** Cuando existe excentricidad la iluminación depende de la posición de la órbita, es decir, de si el verano coincide en el perihelio (posición más próxima al Sol) o en el afelio (posición más alejada del Sol). Cuando el verano del hemisferio norte coincide en perihelio existirá un mayor contraste térmico en dicho hemisferio, lo que generará una transporte de calor ecuador-polos más eficaz (actualmente es al revés: el contraste térmico del hemisferio sur está amortiguado por la oceanidad).

Las erupciones volcánicas, al igual que las nubes, ejercen un efecto dual sobre el clima, en función de sus emisiones. Así, tras la explosión del Krakatoa (1883) se comprobó que a un enfriamiento inicial, debido a la gran emisión de polvo, le seguía un mecanismo de autolimpieza atmosférico que concluía en un aumento de la t^a debido a la mayor persistencia de las emisiones de CO_2 (entre 1900 y 1940 se observaron incrementos de t^a de $0,4^{\circ}C$). Se ha podido comprobar que durante la erupción del Chinchón (192, México), se produjo descenso de la t^a de hasta $0,3^{\circ}C$ debido a reacciones del SO_2 con el vapor de agua y la formación de brumas de H_2SO_4 .

13.5.1. Cambios climáticos presentes y futuros

Los problemas ambientales cuyos efectos abarcan a la totalidad del planeta reciben el nombre de **problemas ambientales globales**. Entre ellos está el efecto invernadero.

El calentamiento generalizado del planeta es una noticia de plena actualidad. Se sabe que en los últimos miles de años la concentración de CO_2 se mantuvo alrededor de las 280 ppm, pero a partir de la revolución industrial comenzó un vertiginoso ascenso hasta las 356 ppm de 1994. Además hay otros gases responsables del efecto invernadero (Ver tema 11). El calentamiento del planeta se agravará si no propiciamos el desarrollo de los países subdesarrollados mediante el uso de energía renovables, más limpias, y más sostenibles, siendo ésta una labor global, tal como se acordó en el Convenio sobre el cambio climático derivado de la Conferencia de Río de Janeiro en 1992.

La UE ha propuesto el pago de ecotasa, o impuestos sobre la emisión de determinados contaminantes, y tratar de fijar unos límites en las emisiones de CO_2 permitidas a cada país, con el fin de reducir las emisiones para el año 2000 a los niveles de 1990.

En la convección sobre el cambio climático, celebrado en Kioto en diciembre de 1997, se aprobó un protocolo de mínimos en el que se prevé que los 39 países más desarrollados reducirán en una media del 5,2 % sus emisiones de gases de efecto invernadero antes del 2010. Este pacto se aleja de los deseos de la U.E., ya que su propuesta fue del 15 %.