

# - Biosfera y Clima -

La **biosfera** es la parte del planeta que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos en la atmósfera, en la tierra, o en los océanos, incluida la materia orgánica muerta.

La atmósfera (especialmente su primera capa, la troposfera), es la parte de la biosfera más dinámica, por lo que es altamente sensible a los procesos biogeoquímicos y especialmente a las perturbaciones antropogénicas.

El **clima** viene determinado por muchas causas, internas y externas a la Tierra, que van cambiando con el paso del tiempo.

Entre las causas externas se encuentran la actividad solar, incluidas las manchas solares; el movimiento relativo Tierra-Sol, con cambios en la excentricidad de la órbita (cada 100.000 años), la inclinación del eje terrestre (cada 41.000 años) y los cambios de orientación de la elipse orbital, todos ellos conocidos como "ciclos de Milankovitch", que darían lugar, junto con otras causas, a la sucesión de las diferentes eras geológicas; o el impacto de meteoritos o cometas, que de tener un tamaño lo suficientemente grande, podría originar nubes de polvo y/o agua que no permitieran apenas que la radiación solar incidiese sobre la superficie terrestre, con lo que la temperatura disminuiría drásticamente.

## Curiosidades

Durante el último periodo glacial un 3% del volumen oceánico quedó atrapado en los casquetes glaciares, produciendo un descenso del nivel del mar de 120 m respecto al actual (Duarte, 2006).

Las causas internas de cambios en el clima son: el efecto invernadero, por el que nuestra atmósfera absorbe parte de la radiación infrarroja que emite la Tierra y la atmósfera, permitiendo que la temperatura en la superficie pase de  $-18^{\circ}\text{C}$  a unos confortables  $15^{\circ}\text{C}$  de media, siendo su principal responsable el vapor de agua y en segundo lugar el  $\text{CO}_2$ ; la presencia de partículas materiales procedentes del suelo en suspensión (aerosoles), que también participan del efecto invernadero, favoreciéndolo o atenuándolo; las nubes, que si son altas dejan pasar la radiación solar pero absorben la terrestre (aumentan el efecto invernadero), y si son medias impiden casi completamente el paso de la radiación solar (disminuyen el efecto invernadero); y la distribución

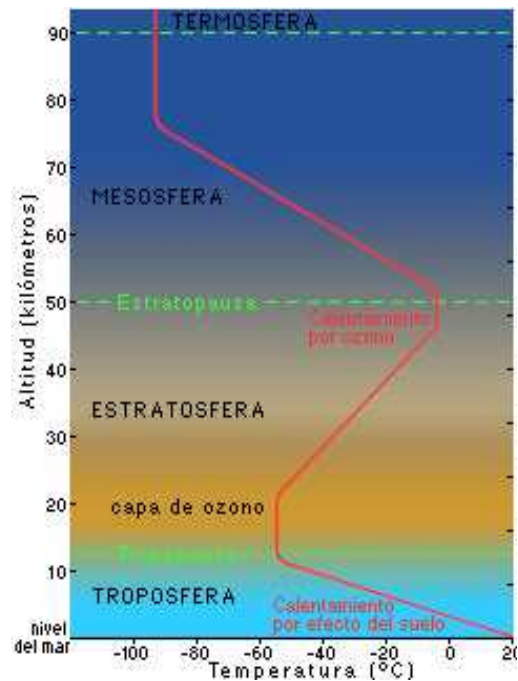


Fig. 1: Capas de la atmósfera

desigual de la energía, ya que en latitudes bajas la radiación solar absorbida es mayor que la infrarroja emitida hacia el espacio, al contrario que en el resto. Cambios en la distribución energética alteraría los sistemas mundiales de vientos y corrientes marinas.

## El Agua

El agua cubre las dos terceras partes de nuestro planeta, y es esencial para la vida en él. Circula entre océanos, atmósfera y continentes mediante la precipitación, evaporación, evapotranspiración, recarga, descarga y escorrentía.

Los usos y abusos que el ser humano realiza de los recursos hídricos, incluyendo la contaminación del agua, y el desarrollo urbanístico e industrial desmesurado, incrementan el estrés hídrico de muchas regiones y amenaza la subsistencia de muchos seres vivos. Actualmente el estrés sobre los recursos hídricos se ve agravado por el cambio global, produciéndose una alteración del ciclo hidrológico cuyos resultados son difíciles de prever con precisión.

## Los Elementos

El 95% de la biosfera está formada por carbono, hidrógeno, oxígeno, fósforo y azufre. De éstos, los ciclos que más se ven afectados por la actividad humana son los siguientes:



Fig. 2: Nódulos de bacteria *Rhizobium* en raíces de trébol; fijan nitrógeno atmosférico para la planta a cambio de carbono.

ácidos nucleicos.

- Ciclo del carbono.- Los organismos fotosintéticos captan  $\text{CO}_2$  y producen, gracias a la energía solar, materia orgánica y  $\text{O}_2$ . En la respiración, los organismos consumen oxígeno y liberan  $\text{CO}_2$ . Los océanos captan  $\text{CO}_2$  gracias a su solubilidad, y emiten también una pequeña cantidad, similar a la captada por la vegetación terrestre. El carbono que forma parte de los caparzones calcáreos, como carbonato cálcico, se incorpora al ciclo lentamente según se va disolviendo.

La mayor parte de los tejidos están compuestos por carbono, que es básico para formar glúcidos, lípidos, proteínas y

- Ciclo del nitrógeno.- Hay cuatro procesos básicos en este ciclo; la fijación, mediante la cual el nitrógeno molecular ( $N_2$ ) se transforma en amonio, la forma por la que la mayoría de los organismos pueden captarlo; la mineralización, que es el paso del amonio a  $N_2$  por parte de algunas bacterias; la nitrificación, que es el paso de amonio a nitrato, en presencia de  $O_2$ ; y la desnitrificación, que es el paso de las formas oxidadas nitrato y nitrito a  $N_2$  y  $N_2O$ . La atmósfera contiene la mayor parte de nitrógeno, y bastante menos se encuentra en el océano, la biomasa terrestre y la materia orgánica del suelo.

El nitrógeno es un componente fundamental del ADN, ARN y las proteínas.

- Ciclo del azufre.- Algunos microorganismos son capaces de transformar el azufre mediante "reducción asimilativa", convirtiendo el sulfato en aminoácidos y proteínas, o por "reducción disimilativa", transformándolo en sulfuro, que es liberado al medio. La vegetación terrestre y el plancton marino liberan parte de su azufre reducido en forma de gases a la atmósfera, donde se vuelve a su forma oxidada, el sulfato, que es muy soluble por lo que es depositado por las lluvias incluso a grandes distancias. En regiones oceánicas alejadas de los continentes, la sal marina y el gas dimetilsulfuro generado por el plancton (DMS), son la fuente de azufre atmosférico.

El azufre es también esencial para la vida, ya que forma parte de las proteínas.

## Los Organismos

La vida es parte central del funcionamiento de la biosfera, siendo los microorganismos los que participan más intensamente en su regulación.

Han sido los responsables de las grandes variaciones en la composición gaseosa de la atmósfera por variaciones en el equilibrio fotosíntesis-respiración, afectando así al clima, además de por la emisión de otros gases de efecto invernadero (como el metano) o de efecto refrigerante (como el DMS). Afectan al balance térmico de la Tierra, ya que las superficies cubiertas de vegetación tienen una menor reflexión de la radiación solar incidente (menor albedo). Participan del ciclo de los elementos, del agua, intervienen en los ciclos geológicos y en muchos otros procesos.

Por todo esto, está claro que cualquier impacto humano sobre los ecosistemas, puede tener importantes repercusiones sobre los ciclos de los elementos y el clima.

### En España...

- ❖ El 80% del agua es usada en agricultura.
- ❖ El 14% del agua sirve para abastecer a núcleos urbanos.
- ❖ El 6% del agua se destina a la industria.
- ❖ Las emisiones de azufre se concentran sobre todo en Galicia y Aragón por el uso de carbón rico en azufre para producir electricidad.

## **Las Nubes**

La capacidad de las nubes de reflejar radiación o de retener el calor que emana la tierra, depende del número y del tamaño de las gotas de agua o hielo que las forman y de su altitud en la atmósfera.

El DMS generado por el plancton marino, en un día se oxida en la atmósfera a sulfato y sulfonato y forma pequeñas partículas donde condensa el agua, llamadas "partículas de condensación", que junto con la humedad del aire determinan la formación de nubes. Si dichas partículas son muy abundantes la nube se forma con más gotas pequeñas, con lo que tendrá una vida más larga y reflejará más la luz solar (mayor albedo). Si hay pocas partículas de condensación, la nube crece con menos gotas pero más grandes, será más transparente a la radiación solar y se deshará antes en forma de lluvia.

En las zonas de océano muy alejadas de los continentes hay escasas partículas de condensación y dependen sobre todo de las emisiones de DMS, por lo que el plancton marino interviene en la formación de las nubes y su brillo, y por tanto en el clima, con un efecto refrigerante.

## **El Albedo**

El albedo determina cuánta de la radiación solar recibida es reflejada de nuevo hacia el espacio y cuánta es absorbida y disipada en forma de calor, lo que tiene gran influencia sobre el clima. En la Tierra depende del color y características de las superficies terrestre y marina, de la cobertura de nubes y de la concentración de aerosoles. Superficies cubiertas de vegetación espesa o de océano abierto (es oscuro) tienen albedos del 10% (reflejan sólo un 10% de la radiación solar recibida), mientras que las superficies heladas o nevadas, y las nubes, tienen albedos de entre el 20 y el 80%.

Los hielos aumentan muchísimo el albedo y reducen el intercambio de calor entre océano y atmósfera, y la evaporación, por lo que tienen gran poder enfriante. Esto supone un efecto de retroalimentación positiva: cuanto más superficie helada más favorecida se ve la formación de hielo por su efecto refrigerante, y viceversa, lo que acelera la transición entre periodos glaciares e interglaciares.

Los aerosoles intervienen en la formación de nubes y en la absorción y dispersión de radiación solar. En general, se ha visto que los aerosoles tienen un efecto refrigerante de similar magnitud que el calentamiento producido por el aumento de gases de efecto invernadero.

## Interferencias Humanas

### Curiosidades

En los últimos 70 años en consumo de agua se ha incrementado seis veces, mientras que la población mundial sólo se ha triplicado (Duarte, 2006).

Se ha propuesto el nombre de Atropoceno para la era geológica actual del planeta Tierra, que habría empezado a finales del siglo XVIII con el invento de la máquina de vapor, el inicio de la industrialización con combustibles fósiles, la explosión demográfica y el inicio del aumento de las concentraciones de CO<sub>2</sub> y metano en la atmósfera. En esta etapa, la humanidad es capaz afectar profundamente a los procesos fundamentales de la biosfera. Hemos modificado la abundancia de metales, nutrientes y compuestos orgánicos e incluso hemos introducido nuevos compuestos en el medio ambiente.

### Perturbaciones en el ciclo del agua.

Las perturbaciones del clima han generado, a lo largo de la historia de la Tierra, importantes cambios en el ciclo hidrológico. Los cambios en temperatura o precipitación producen impactos significativos en los recursos hídricos, que afectan a la sociedad humana y a los ecosistemas, y por otro lado los cambios inducidos por el ser humano en los recursos hídricos (embalses, sobreexplotación de acuíferos) influyen en las condiciones climáticas.

Durante el siglo XX los cambios más relevantes para el ciclo hidrológico fueron el aumento de la temperatura media global, el aumento de las precipitaciones continentales en el Hemisferio Norte, el retroceso de glaciares, el retraso en las primeras heladas del otoño, el adelanto del deshielo en muchos lagos del Hemisferio Norte y el ascenso del nivel del mar. Otros cambios importantes aunque más inciertos son el aumento en la cobertura de nubes sobre zonas de latitudes medias y altas, el aumento en la cantidad de vapor de agua en la atmósfera (en ambos casos dando lugar a un aumento del efecto invernadero), cambios en el almacenamiento y transporte de calor en el océano, interacciones entre el ciclo del agua y del carbono, e incremento global de sequías e inundaciones.

Los cambios en el ciclo del agua alteran la distribución regional del agua y el volumen presente en los distintos componentes del ciclo hidrológico, además de la magnitud y frecuencia de los extremos hidrológicos. Aproximadamente el 60% de las zonas húmedas europeas existentes en 1800 se han perdido.

### Perturbaciones en los ciclos de los elementos

- Ciclo del carbono.- tras el vapor de agua, éste es el gas más importante de efecto invernadero, y sus emisiones a la atmósfera han ido aumentando por la quema de combustibles fósiles y los usos de la tierra. Aproximadamente el 50% de estas emisiones permanecen la atmósfera y el resto se incorpora al océano y a la vegetación terrestre; de no ser así, el aumento en la

concentración de  $\text{CO}_2$  sería todavía mayor. En el caso de los océanos, absorben más  $\text{CO}_2$  con aguas más frías, por un aumento en la solubilidad.



Fig. 3: El  $\text{CO}_2$  producido por la quema de combustibles fósiles llega a la atmósfera y refleja la energía solar, aumentando la temperatura del planeta.

- Ciclo del nitrógeno.- El uso de fertilizantes de nitrógeno ha acelerado notablemente la fijación de nitrógeno natural, superándola actualmente en más del 35%, lo que hace, junto con el uso de combustibles fósiles, que se incremente la concentración de  $\text{N}_2\text{O}$  en la atmósfera. Los óxidos de nitrógeno forman parte de la lluvia ácida que causa deforestación y cambios en las especies dominantes, y el óxido nítrico es causante de enfermedades respiratorias como el asma. Parte de los fertilizantes de nitrógeno son arrastrados por el agua de lluvia o acumulados en el agua del suelo y acuíferos subterráneos. Si se bebe esta agua contaminada con concentraciones excesivas de nitrógeno puede provocar cáncer. Este exceso también llega a los océanos, donde proliferarán más las algas haciendo que mueran los peces y que cambie la distribución de las especies.
- Ciclo del azufre.- La combustión de carbón y petróleo y la metalurgia emiten azufre a la atmósfera, sobre todo en forma de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Una parte se deposita nuevamente en la superficie (localmente y una pequeña parte más lejos), pero la mayoría se oxida en la atmósfera a ácido sulfúrico y sulfato causantes de la lluvia ácida. El  $\text{SO}_2$  de combustión sigue siendo el contaminante primario emitido en mayor cantidad después del monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ).

**Curiosidades**

Se ha encontrado azufre en hielos de Groenlandia (Duarte, 2006).

## Glosario

- ❖ Descarga: procesos de salida del agua desde el interior del suelo.
- ❖ Escorrentía: parte del agua de lluvia que circula por la superficie del terreno.
- ❖ Evapotranspiración: pérdidas de agua producidas por la evaporación del suelo y por la transpiración de las plantas.
- ❖ Recarga: procesos de introducción del agua en el interior del suelo.
- ❖ Reducción: reacción química que implica ganancia de electrones por parte de un átomo o ión.
- ❖ Precipitación: agua procedente de la atmósfera que cae sobre la superficie en forma sólida o líquida.
- ❖ Evaporación: acción de convertir en vapor un líquido.

## Referencias

- Duarte, C. M. 2006. Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. CSIC.
- Crutzen, P. J. & E. F. STOERMER. 2000. The "Anthropocene". Global Change Newsletter. 41: 12-13.
- Proyecto Biosfera. Ministerio de Educación, Política Social y Deporte. Gobierno de España. <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/index.htm>

## Enlaces de interés

- Descarga gratuita del libro electrónico "Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra":  
[www.csic.es/documentos/colecciones/divulgacion/cambioGlobal.pdf](http://www.csic.es/documentos/colecciones/divulgacion/cambioGlobal.pdf)
- Ciclos de Milankovitch (animación flash en inglés):  
<http://www.geofisica.unam.mx/~cecilia/DiplomadoTCA/Extras/Milankovitch.swf>
- Consejos para ahorrar agua en casa:  
[http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/urbano/2002/11/27/140012.php](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2002/11/27/140012.php)
- Reservas de la biosfera en España según la Unesco:  
<http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/contact.asp?code=SPA>