

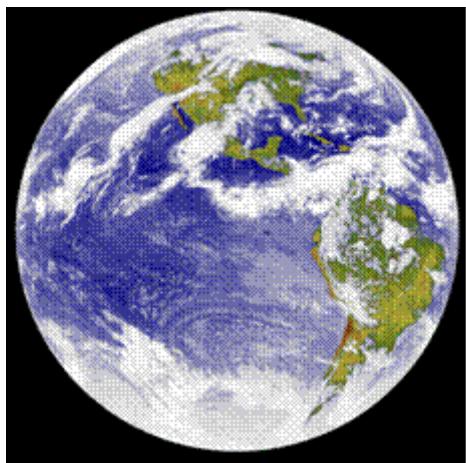
COMPONENTES AMBIENTALES DEL MEDIO NATURAL

Para comprender el impacto ambiental de nuestra actividad sobre el medio ambiente, requerimos un conocimiento básico de los diferentes fenómenos físicos, químicos y biológicos, que caracterizan el funcionamiento de la Tierra, además de sus interacciones. En rigor, esta área temática cae dentro del dominio de la ecología, integrando conceptos provenientes de la geología, la biología, la bioquímica, la química, la termodinámica y otras ciencias fundamentales, cuya revisión completa es imposible en unas pocas páginas. Ecología es el estudio de las relaciones entre los organismos y su ambiente. El término proviene del griego: *oikos* (casa) y *logos* (estudio), y fue propuesto por el biólogo alemán Ernst Haeckel en el siglo XIX. Fue considerada durante mucho tiempo como una subdivisión de la biología; sin embargo, su acelerado desarrollo en las últimas décadas, ha llevado a su consolidación como una disciplina integradora que relaciona procesos físicos y biológicos, y que tiende un puente natural entre las ciencias naturales y las ciencias sociales.

El medio ambiente natural está compuesto por el agua, el aire, el suelo y las especies vivas.

Se recomienda visitar el siguiente sitio web, donde encontrará interesante información acerca de nuestro planeta, presentada de manera muy pedagógica:
<http://www.astromia.com/tierraluna/planetazul.htm>

Nuestro Hogar: El Planeta Tierra: Un poco de Historia



Existe consenso dentro de la comunidad científica que Nuestro Hogar, el Planeta Tierra, ya contaba con una sólida superficie de rocas hace aproximadamente 4500 millones de años. Por su parte, los fósiles microscópicos más antiguos datan de unos 3500 millones de años, mientras que se ha descubierto fósiles macroscópicos marinos de hace 500 millones de años. Desde ese entonces, la vida se ha propagado hacia la superficie terrestre, donde han aparecido plantas, peces, reptiles, aves y mamíferos, etc. Cuando pensamos que la existencia del *Homo sapiens* sólo data de 40-100 mil años atrás, nos damos cuenta de nuestro insignificante peso dentro de la historia, a escala geológica.

Ello es aún más impactante si se compara con la "edad" del Universo, la que de acuerdo a la teoría de la Gran Explosión (*Big Bang*), sería de 15-20 mil millones de años.

En la historia geológica de la Tierra se diferencian cuatro grandes Eras:

- **Precámbrica** o época de las primeras formas de vida (4.500 a 540 millones de años). Este período es aproximadamente 5 veces mayor al Paleozoico o Mesozoico combinado, es decir, un largo tiempo. Se sabe menos de este período que de los períodos más recientes. Los fósiles más antiguos son gran cantidad de bacteria/archaea, que datan de hace 3 000 M años. La roca más

antigua data desde hace 3 800 M años. Se cree que la Tierra tiene 4 600 M de años de edad

- **Paleozoica** o época de la vida antigua (540-250 millones de años). El período Cambriano, el principio del Paleozoico, fue cuando por primera vez se formó y floreció la vida multicelular. Hacia finales del Paleozoico, y hacia principios del Mesosoico, todos los continentes de la Tierra se unieron para formar el continente gigante Pangea, donde los dinosaurios comenzaron a estar en la tierra.
- **Mesozoica** o época de la vida media (250-65 millones de años). Este es el período de los dinosaurios, los cuales llegaron a su fin hacia finales del período Cretaceo, tras el impacto de un asteroide en la península de Yucatán. Durante este tiempo, el continente gigante Pangea se dividió en los continentes que conocemos hoy.
- **Cenozoica** o época de la vida moderna (65 millones de años hasta la actualidad). Al principio del período la Tierra era muy caliente, en el polo norte habían palmares y cocodrilos. Más tarde, la Tierra se comenzó a enfriar a principios de la era Cuaternaria.

Eventos de Extinción Masiva

La vida ha ido apareciendo y desapareciendo a lo largo de la historia de la Tierra. Al respecto, se han constatado 5 eventos de extinción masiva, debido a cambios violentos en las condiciones ambientales.

La primera extinción ocurrió hace unos 440 millones de años, causando la desaparición del 25% de las familias existentes en esa época: El rápido enfriamiento global y la glaciación de un millón de años fue la causa de esta extinción. Esta extinción causó cambios profundos más que todo en la vida marina, pues existía poca o ninguna vida terrestre en ese tiempo. El 25% de las familias desapareció.

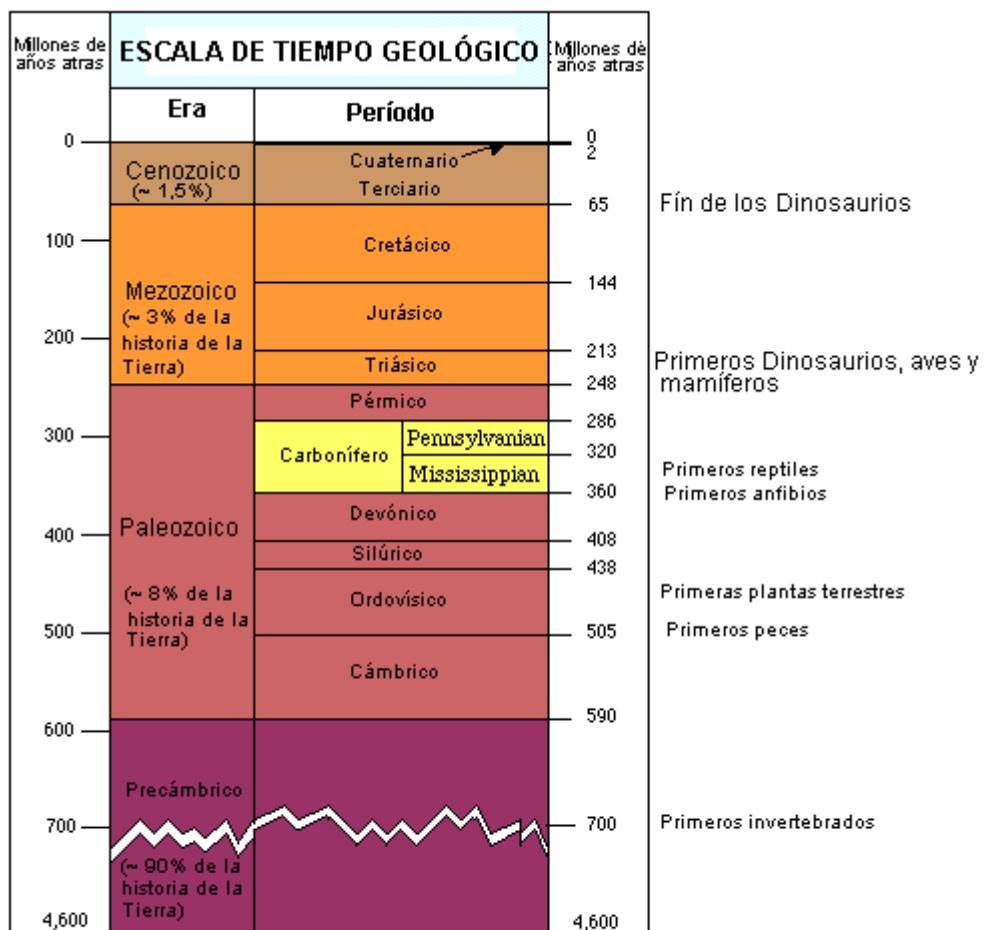
La segunda extinción mayor (hace unos 370 millones de años): El siguiente evento similar, cerca del final del Período Devoniano, puede o no haber sido el resultado de cambios climáticos globales. Aquí, desapareció el 19% de las familias.

La tercera extinción mayor (hace unos 245 millones de años): El 54% de las familias desapareció debido a profundos cambios climáticos, movimientos de las placas tectónicas y, posiblemente, un impacto bolídico similar.

La cuarta extinción mayor (hace unos 210 millones de años): 23% de las familias desapareció al final del Período Triásico, poco después de la aparición de los dinosaurios y los mamíferos.

La quinta extinción mayor (hace unos 65 millones de años): Esta es quizás la más famosa y la más reciente de las extinciones, la cual ocurrió al final del Cretáceo. Eliminó por completo al resto de los dinosaurios terrestres y a los ammonites marinos, así como a muchas otras especies en todos los hábitats, desapareciendo el 17% de las familias.

Algunos científicos estiman que a fines del siglo XX la Tierra está perdiendo alrededor de 30.000 especies por año. Algunos biólogos han comenzado a pensar que esta crisis de la biodiversidad corresponde a la "**Sexta Extinción Masiva**" que ha experimentado la vida en este planeta, con serias consecuencias para la existencia del ser humano. Este proceso se intensificó a partir del período neolítico, donde los seres humanos comenzaron a establecer asentamientos y se expandió la agricultura y el consumo de leña. Esto implicó una masiva y creciente destrucción de los hábitats naturales. En la actualidad, con 7.350 millones de habitantes la intervención humana sobre los hábitats naturales es de proporciones gigantescas.



Cámbrico viene de las rocas descubiertas en Gales, Inglaterra llamada "Cambria" por los romanos.
 Silúrico de una tribu celta y Devónico de la región Inglesa de Devón. Pérmino de un provincia rusa.
 Triásico de un sistema de montañas en Alemania. Cretácico de la piedra llamada creta.

Eventos de Extinción Masiva

La vida ha ido apareciendo y desapareciendo a lo largo de la historia de la Tierra. Al respecto, se han constatado 5 eventos de extinción masiva, debido a cambios violentos en las condiciones ambientales.

La primera extinción ocurrió hace unos 440 millones de años, causando la desaparición del 25% de las familias existentes en esa época: El rápido enfriamiento global y la glaciación de un millón de años fue la causa de esta extinción. Esta extinción causó cambios profundos más que todo en la vida marina, pues existía poca o ninguna vida terrestre en ese tiempo. El 25% de las familias desapareció.

La segunda extinción mayor (hace unos 370 millones de años): El siguiente evento similar, cerca del final del Período Devoniano, puede o no haber sido el resultado de cambios climáticos globales. Aquí, desapareció el 19% de las familias.

La tercera extinción mayor (hace unos 245 millones de años): El 54% de las familias desapareció debido a profundos cambios climáticos, movimientos de las placas tectónicas y, posiblemente, un impacto bolídico similar.

La cuarta extinción mayor (hace unos 210 millones de años): 23% de las familias desapareció al final del Período Triásico, poco después de la aparición de los dinosaurios y los mamíferos.

La quinta extinción mayor (hace unos 65 millones de años): Esta es quizás la más famosa y la más reciente de las extinciones, la cual ocurrió al final del Cretáceo. Eliminó por completo al resto de los dinosaurios terrestres y a los ammonitas marinos,

así como a muchas otras especies en todos los hábitats, desapareciendo el 17% de las familias.

Algunos científicos estiman que a fines del siglo XX la Tierra está perdiendo alrededor de 30.000 especies por año. Algunos biólogos han comenzado a pensar que esta crisis de la biodiversidad corresponde a la "Sexta Extinción Masiva" que ha experimentado la vida en este planeta, con serias consecuencias para la existencia del ser humano.

Dato Curioso

Si nuestro Planeta se hubiese formado un 1º de Enero y hoy fuesen las 24 h del 31 de Diciembre de ese año, entonces:

- Los primeros vestigios de vida aparecerían el 20 de Marzo
- La atmósfera actual se habría formado el 4 de Noviembre
- Los primeros organismos macroscópicos marinos aparecerían el 20 de Noviembre
- Las primeras coníferas habrían sido vistas el 5 de Diciembre
- Los Dinosaurios se habrían extinguido el 24 de Diciembre
- La Cordillera de los Andes se formó al final de la tarde del 29 de Diciembre.
- Los primeros precursores del hombre habrían aparecido el 31 de Diciembre a las 21:50 h
- Los primeros *Homo sapiens* recién aparecen a las 23:55
- Jesucristo fue crucificado el 31 de Diciembre faltando 14 segundos para la medianoche.
- Hoy ya sería exactamente la medianoche del 31 de Diciembre

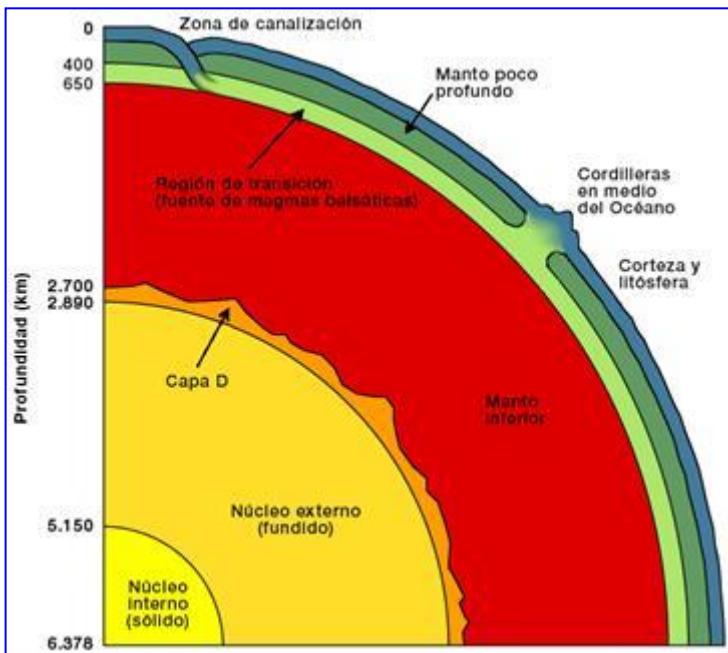
Para una completa descripción de las características de estas eras, lea el archivo **Evolucion de la Tierra** que se encuentra en la Sección Materiales.

La Tierra

La Tierra es un planeta elipsoidal de 6.730 km de radio medio, que gira alrededor del Sol en un ciclo anual. El eje de la Tierra está inclinado 23,5º respecto de su plano de rotación alrededor del Sol.

Está cubierta por una delgada corteza exterior (litosfera), de 30-40 km de espesor en la zona continental y 6 km en la zona oceánica, que contribuye con menos del 1% de la masa total de la Tierra. La corteza está compuesta por placas tectónicas que se mueven a una velocidad entre 2 y 15 cm/año. Los límites entre estas placas son áreas geológicamente activas, con gran actividad volcánica y sísmica.

La superficie del planeta es irregular, con un 70% de ella cubierta por agua, con una profundidad de hasta 11 km (promedio, 4 km). La superficie restante corresponde a las masas de tierra, cuya altura máxima sobre el nivel del mar alcanza los 8,8 km. Dos tercios de esta masa están situadas sobre el Hemisferio Norte.



La composición de la corteza es muy heterogénea, con un alto contenido de SiO_2 y Al_2O_3 , aún cuando en las zonas más superficiales (capa sedimentaria) hay importantes cantidades de CaO y carbonatos. Bajo la corteza existe una zona de casi 2900 km. de espesor, llamada Manto, que representa el 69% de la masa total del planeta. El manto tiene un alto contenido metálico en estado fluido (magma), con una predominancia de óxidos de Si, Mg, Fe y Al. La zona central de la Tierra, es decir entre 2900 y 6370 km. de

profundidad, se denomina el Núcleo y representa alrededor del 30% de la masa del planeta. El Núcleo tiene una temperatura estimada de 2000°C y está compuesto en un 80% por Fe y Ni; el resto por Si y S.

Cuando el magma aflora a la superficie, o cerca de ella, se enfriá y cristaliza formando las rocas ígneas. La acción erosiva del viento y el agua, y las variaciones de temperatura destruyen las rocas ígneas y generan sedimentos. Estos sedimentos se acumulan en las profundidades de los océanos y lagos, transformándose en rocas sedimentarias. Cuando las rocas sedimentarias quedan sepultadas a varios kilómetros de profundidad, las altas temperaturas y presiones las transforman en rocas metamórficas. Estas últimas pueden derretirse y, eventualmente, transformarse en rocas ígneas. Los procesos vivientes afectan la composición química de las rocas aportando carbono (ej.: carbonatos, carbón, hidrocarburos).

La vida en la Tierra está confinada a una región relativamente pequeña, llamada **Biosfera**, que se encuentra en torno a la interfase entre la atmósfera y la superficie (tierra y océano), donde existen condiciones de presión, temperatura y composición química favorables para el desarrollo de la vida.

La Hidrosfera

La hidrosfera engloba la totalidad de las aguas del planeta, incluidos los océanos, mares, lagos, ríos y las aguas subterráneas.

Este elemento juega un papel fundamental al posibilitar la existencia de vida sobre la Tierra, pero su cada vez mayor nivel de alteración puede convertir el agua de un medio necesario para la vida en un mecanismo de destrucción de la vida animal y vegetal.

a) El agua salada: océanos y mares

El agua salada ocupa el 71% de la superficie de la Tierra y se distribuye en los siguientes océanos:

El océano Pacífico, el de mayor extensión, representa la tercera parte de la superficie de todo el planeta. Se sitúa entre el continente americano y Asia y Oceanía.

El océano Atlántico ocupa el segundo lugar en extensión. Se sitúa entre América y los continentes europeo y africano.

El océano Índico es el de menor extensión. Queda delimitado por Asia al Norte, África al Oeste y Oceanía al Este.

El océano Glacial Ártico se halla situado alrededor del Polo Norte y está cubierto por un inmenso casquete de hielo permanente.

El océano Glacial Antártico rodea la Antártida y se sitúa al Sur de los océanos Pacífico, Atlántico e Índico.

Los márgenes de los océanos cercanos a las costas, más o menos aislados por la existencia de islas o por penetrar hacia el interior de los continentes, suelen recibir el nombre de mares.

b) El agua dulce

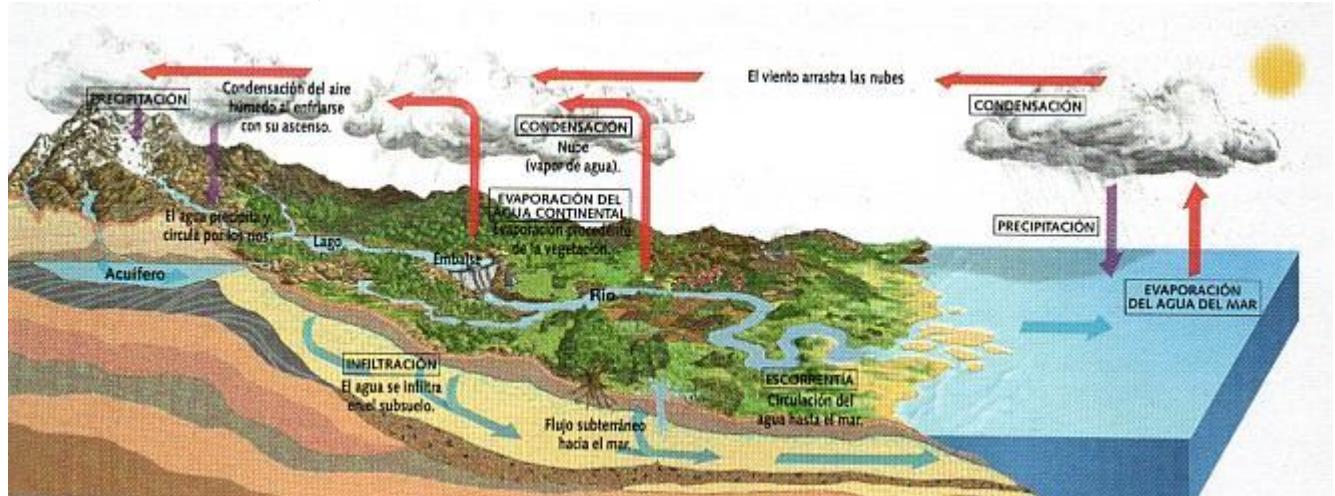
El agua dulce, que representa solamente el 3% del agua total del planeta, se localiza en los continentes y en los Polos. En forma líquida en ríos, lagos y acuíferos subterráneos y en forma de nieve y hielo en los glaciares de las cimas más altas de la Tierra y en las enormes masas de hielo acumuladas entorno al Polo Norte y sobre la Antártida.

c) El ciclo del agua

En la Tierra el agua se encuentra en permanente circulación, realiza un círculo continuo llamado ciclo del agua.

El agua de los océanos, lagos y ríos y la humedad de las zonas con abundante vegetación se evapora debido al calor. Cuando este vapor de agua se eleva comienza a enfriarse y a condensarse en forma de nubes, hasta que finalmente precipita en forma de lluvia, nieve o granizo.

El ciclo se cierra con el retorno del agua de las precipitaciones al mar, la escorrentía, a través de las corrientes superficiales, los ríos, y de los flujos subterráneos del agua infiltrada en el subsuelo, los acuíferos.



La Atmósfera

La Tierra está rodeada de una capa gaseosa, llamada atmósfera, cuyo espesor alcanza aproximadamente 200 km. En la atmósfera se distinguen 4 capas, con diferentes perfiles de concentración:

- **la tropósfera** (0-10 km desde la superficie terrestre): La temperatura desciende con la altura, llegando a alrededor de -60°C a 10 km de altura.

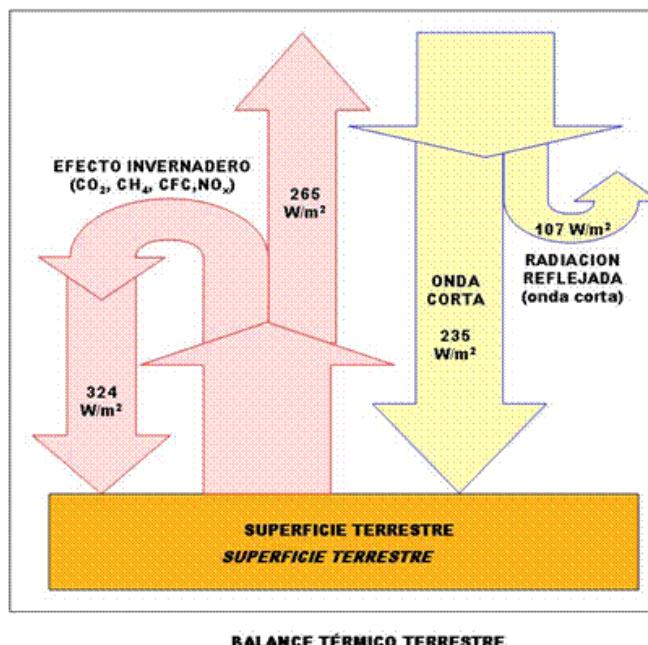
- **la estratosfera** (10-50 km): El perfil de temperatura experimenta una fuerte inversión, aumentando hasta cerca de los 0°C. En esta capa el ozono experimenta un nivel máximo de concentración.
- **la mesósfera** (50-90 km): La temperatura vuelve a descender hasta llegar a valores inferiores a -100°C en su parte superior.
- **la termósfera** (90-200 km): Aquí la temperatura asciende hasta alcanzar niveles sobre 1.000°C.

La atmósfera contiene, en promedio, 78,1% (en volumen) de N₂, 20,9% de O₂, 0,93% de Argón, 0,033% de CO₂, excluyendo el vapor de agua presente. Este último puede constituir hasta un 7% del volumen total. El resto, menos de 0,02 % del volumen total de la atmósfera, está constituido por una mezcla de gases nobles (Ne, He, Kr, Xe), CH₄, H₂, N₂O, CO, O₃, NH₃, NO₂, NO y SO₂.

Las capas superiores de la atmósfera reciben la radiación solar ultravioleta, dando origen a complejas reacciones químicas en las que participan el O₂, el N₂ y el O₃. Dichas reacciones permiten absorber una gran fracción de la radiación ultravioleta, impidiendo su llegada a la superficie terrestre.

La temperatura global del planeta (del orden de 15°C), está determinada por un delicado balance entre la radiación solar que llega a la Tierra y la energía neta que ella irradia al espacio. Un factor esencial de este balance térmico es la cantidad de energía absorbida por los diferentes componentes de la atmósfera. Dichos compuestos químicos absorben radiación en rangos de longitud de onda característicos para cada uno de ellos. Por esta razón, la composición química de la atmósfera juega un papel determinante en este balance, ya que ésta absorbe parte de la radiación solar y de la energía radiada por la Tierra.

A su vez, la radiación térmica emitida por la superficie terrestre, es absorbida por aquellos gases atmosféricos que absorben ondas largas (CO₂, CH₄, N₂O, H₂O, O₃), y re-emitida hacia la superficie, produciendo un "efecto de invernadero". Estos "gases invernadero" son los que mantienen la temperatura de la Tierra a los niveles que conocemos. Si dichos gases no existieran, la temperatura global de la Tierra sería del orden de -18°C.



La atmósfera es un sistema dinámico que cambia continuamente. A escala global, las masas de aire circulan como resultado de la rotación terrestre y de la radiación solar, dando origen a patrones de vientos, y cinturones de altas y bajas presiones en diferentes latitudes.

El **clima** se refiere a las condiciones atmosféricas (principalmente, temperatura y precipitación) características o representativas en un lugar determinado. En general, se habla de clima cuando nos referimos a períodos largos (varios años), mientras que se habla de condiciones climáticas ("estado del tiempo", "condiciones meteorológicas") para describir las condiciones de la atmósfera en períodos cortos (días, o semanas).

El clima y las condiciones climáticas en diferentes partes de la Tierra depende de las propiedades físicas y la composición química de la atmósfera, y del flujo de energía solar que llega a la superficie terrestre.

La cantidad de energía solar que alcanza la superficie terrestre varía con la latitud (distancia desde el ecuador), siendo mayor en la zona ecatorial. Por lo tanto, el aire de la tropósfera está más caliente en el ecuador y más frío en los polos. Sobre el ecuador, el aire caliente posee una baja densidad y se eleva hasta alcanzar suficiente altura, desde donde se mueve en dirección hacia los polos. Al llegar a los polos, las masas de aire se enfrián y fluyen hacia la superficie debido a su mayor densidad. Al alcanzar la superficie de las zonas polares, estas masas de aire frío circulan a baja altura en dirección al ecuador.

En general, existen cinturones de baja presión a lo largo del Ecuador y entre las latitudes 50° y 60° Norte y Sur, como resultado de las columnas de aire ascendentes. Por su parte, existen cinturones de alta presión entre las latitudes 25° y 30° Norte y Sur, donde prevalecen masas de aire descendente. Los principales desiertos de la Tierra están ubicados en aquellas zonas donde existen altas presiones "atrapadas" entre las bajas presiones del cinturón ecatorial y de los dos cinturones de baja presión.

A medida que avanzan hacia y desde los polos, las masas de aire sufren la acción desviadora de Coriolis, generando patrones de circulación característicos en diferentes regiones. Más aún, existen variaciones (diarias y estacionales) en la distribución de la radiación solar que alcanza la superficie terrestre.

Estos patrones de circulación de las masas de aire en la troposfera tienen un gran efecto sobre la distribución de las precipitaciones sobre la superficie. Los grandes flujos de energía solar en la zona ecatorial resultan en la evaporación de enormes cantidades de agua desde la superficie, llegando a niveles cercanos a saturación. Cuando estas masas de aire húmedo se elevan y se enfrián, se produce la condensación del vapor de agua, precipitando en las cercanías del ecuador (clima tropical). Una vez que dichas masas de aire se han movido 30° (latitud Norte y Sur en dirección hacia los polos) se ha perdido gran parte de su humedad, lo que explica las bajas precipitaciones que se constatan en esas regiones (clima seco, desértico, semiárido). Al seguir su viaje en dirección a los polos, estas masas de aire cálido comienzan a incrementar sus niveles de humedad, generando precipitaciones a medida que se acercan a las zonas polares (latitudes 60° Norte y Sur). Al llegar a los polos, las masas de aire presentan bajos contenidos de humedad.

Existen diferentes tipos de clima, en base a diferentes criterios de clasificación, entre los cuales figuran: clima tropical, subtropical, subártico, ártico, continental húmedo, desértico, etc. A escala regional, las masas de aire que cruzan los océanos y continentes pueden tener un significativo efecto sobre los patrones estacionales de

precipitaciones y temperaturas. A nivel local, las condiciones climáticas (microclimáticas) pueden variar drásticamente de un lugar a otro.

La temperatura y las precipitaciones juegan un importante papel en determinar las condiciones de vida existentes en una región, por lo que existe una estrecha relación entre el clima y los tipos de especies vivientes. Esto sugiere que si se conoce el clima de una región, se podría predecir qué tipo de especies se encuentran allí, y en qué cantidad. Para estos efectos, la biosfera se puede dividir en tipos de ecosistemas (llamados biomas) caracterizados por el tipo de clima prevaleciente (ej.: desértico, bosque tropical, praderas).

Para mayor información acerca del comportamiento de la atmósfera (clima, cambio climático y capa de ozono), se recomienda consultar la Página web de la Organización Mundial de Meteorología (ONU) y de la Dirección Meteorológica de Chile:

<http://www.wmo.int/index-sp.html>
<http://www.meteochile.cl/>

LA VIDA

La teoría más establecida acerca del desarrollo de la vida en la Tierra supone que existió una evolución gradual a partir de moléculas inorgánicas simples. Todos los seres vivientes de este planeta están compuestos de moléculas orgánicas, es decir, donde la estructura básica está dada por cadenas de carbono. Muchos de estos compuestos orgánicos pueden ser sintetizados a partir de reacciones entre H_2O , NH_3 , CO_2 , CO , CH_4 , H_2S y H_2 . Se cree que todas estas moléculas simples estaban presentes en la atmósfera y en los océanos de la Tierra primitiva, en épocas remotas, donde los rayos ultravioleta provenientes del Sol llegaban a la superficie terrestre sin mayor protección, permitiendo el curso de interminables reacciones químicas que derivaron en la formación de compuestos orgánicos estables, de complejidad creciente. El paso crucial desde tales moléculas orgánicas, hasta los sistemas capaces de autoreplicarse, es decir, desde lo inerte a lo vivo, es aún materia de especulación y su discusión cae fuera de los marcos de este texto.

Hace unos 2.000 millones de años atrás, la atmósfera primaria contenía altas concentraciones de compuestos reductores, con sólo trazas de O_2 . Predominaba la actividad de microorganismos procariotes (bacterias) anaeróbicos, que generaban CH_4 , CO_2 , H_2S y H_2 . Por otra parte, la actividad de microorganismos fotosintéticos, permitía sintetizar compuestos orgánicos a partir de CO_2 y luz, generando, además, O_2 . Hace 600-1000 millones de años atrás, una fracción importante de la materia orgánica, quedó parcialmente descompuesta en sedimentos anóxicos o sepultada completamente y fosilizada sin sufrir oxidación. Ello habría producido un desbalance entre la actividad fotosintética y la oxidación, permitiendo la acumulación de oxígeno en la atmósfera y la evolución hacia formas superiores de vida. Hace aproximadamente 300 millones de años, se generó un gran exceso de materia orgánica viviente, que condujo a la formación de los combustibles fósiles que hoy sostienen el desarrollo industrial.

Actualmente, cada año se producen más de 100 mil millones de toneladas de materia orgánica como resultado de la actividad de los organismos fotosintetizadores, generando O_2 como subproducto. Paralelamente, se oxida una cantidad equivalente de materia orgánica, formando CO_2 y H_2O , como resultado de la actividad respiratoria de los seres vivos y de los procesos de combustión. La proporción entre el O_2 y el CO_2 en la atmósfera depende del balance biótico, de la actividad volcánica, de los procesos de sedimentación, de la radiación solar, entre otros. Estos aspectos se abordan en mayor

detalle más adelante en este capítulo, en las secciones sobre los ciclos del carbono y del oxígeno.

En la actualidad, se estima que existen más de 30 millones de especies en la Tierra, de las cuales han sido catalogadas aproximadamente un millón y medio de especies animales, y medio millón de especies de plantas, cada una de las cuales posee su propio nicho ecológico (es decir, realiza funciones y ocupa un hábitat específico).



Para mayor información acerca de los avances de los estudios destinados a determinar los orígenes de la vida en la Tierra, se recomienda visitar el sitio Web del Instituto de Astrobiología de la NASA: <http://astrobiologia.astroseti.org/>

Además, leer el interesante archivo: **El Origen de la Vida** que se encuentra en la Sección Materiales de este Módulo.