

LA ATMÓSFERA TERRESTRE

La atmósfera es la capa de gas que rodea la Tierra y es retenida por la acción de la gravedad. Está compuesta de 78% de Nitrógeno y 21% de Oxígeno, también están presente otros gases y vapores, como CO_2 , H_2O , O_3 , Ar, agua, etc. aunque en mucho menor proporción (trazas). Sin embargo varios de estos componentes, juegan un rol fundamental en el resguardo de la vida en la Tierra. Un ejemplo es el ozono O_3 , que nos protege de la radiación ultravioleta.

La atmósfera también regula la temperatura de la Tierra, atemperando las variaciones térmicas entre el día y la noche. En la Luna, donde no hay atmósfera la temperatura media de la superficie durante el día es de unos 110°C y durante la noche de -150°C . La presión y densidad de la atmósfera decrece de un modo gradual. Sin embargo la temperatura de la misma varía de un modo mucho más complejo, como se verá más adelante.

La densidad de la atmósfera disminuye conforme ascendemos en altura. Como cuando subimos a la cima de una montaña, decimos que el aire está "enrarecido" porque la mayor parte de la masa del aire está en las zonas bajas atraído por la gravedad de la Tierra y está como "aplastado" por su propio peso y cuanto más ascendemos más liviano, tenue y ligero es el aire. En las capas altas existe menos presión y la densidad es menor. La densidad y la presión del aire disminuyen con la altura.

La atmósfera junto con la litósfera e hidrósfera forman parte de la biósfera (Fig.1) en donde se desarrolla la vida, transporta energía y materia necesaria para los ciclos biogeoquímicos (Fig.2). Los más importantes son el ciclo del agua y el ciclo del carbono.

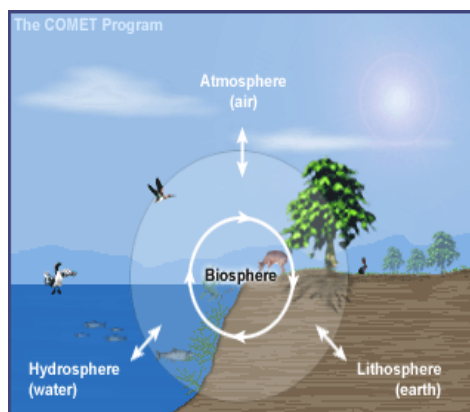


Fig.1 Constituyentes de la biósfera.

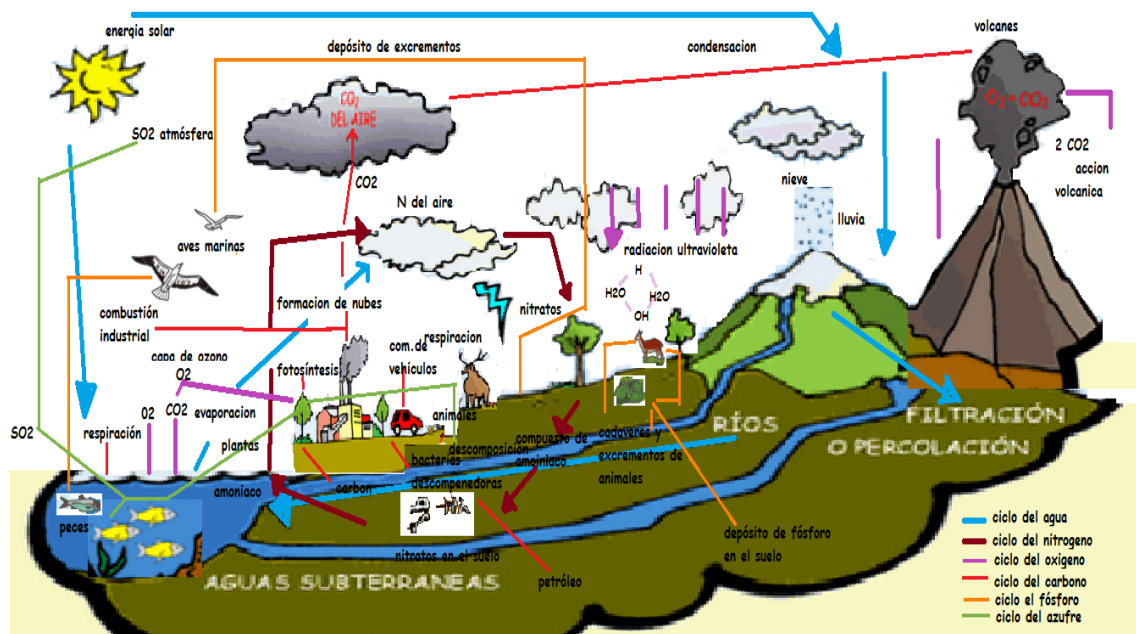


Fig.2 Ciclos biogeoquímicos.

La atmósfera es una mezcla de tres tipos de constituyentes gaseosos

a) **Gases permanentes:** el Nitrógeno molecular, N_2 , y el Oxígeno molecular, O_2 , forman el 99 % del volumen de la atmósfera. Estos gases son pasivos en los procesos meteorológicos, aunque el Oxígeno puede reaccionar químicamente con otros componentes o con la radiación solar, pero siempre manteniendo su proporción permanentemente. Aunque estos dos gases son los de mayor concentración en la atmósfera y el oxígeno es particularmente importante en todos los procesos biológicos, ninguno de estos gases es significativamente importante en el estudio de los fenómenos meteorológicos y climáticos.

b) **Gases variables:** hay principalmente tres gases atmosféricos que tienen una gran importancia en los distintos procesos meteorológicos: vapor de agua, dióxido de carbono y ozono. El **vapor de agua**, H_2O , cuya principal fuente es el océano y todos los grandes cuerpos de agua en la superficie terrestre, así como la flora y la fauna, a través del proceso de evapotranspiración. La importancia de este gas radica en su relación directa con todos los procesos meteorológicos, con la absorción de radiación infrarroja y con el balance de calor en la atmósfera. La cantidad de vapor de agua varía considerablemente de región a región, dependiendo principalmente de su cercanía a las zonas de mayor evaporación y donde la atmósfera tiene una mayor capacidad de retención de la humedad. Ya que toda el agua proviene de la superficie terrestre, la concentración de esta decrece rápidamente con la altura. A diferencia de los otros constituyentes, el H_2O puede cambiar de estado y convertirse de vapor a líquido, formándose las gotas de lluvia y precipitarse de regreso a la superficie terrestre, siendo esta la principal causa por la que la concentración de vapor de agua disminuye drásticamente con la altura. El vapor de agua tiene una concentración máxima del orden del 4 % del volumen total de aire, cerca de la superficie de la tierra, pero es

prácticamente nulo por arriba de los 15 km. El **dióxido de Carbono**, CO_2 , también absorbe radiación infrarroja terrestre; su principal fuente es el océano, que almacena una gran cantidad, se relaciona directamente con las principales actividades humanas, tales como la combustión de hidrocarburos por la industria y la respiración, así como con la flora, en el proceso de la fotosíntesis. En el ciclo de carbono, el dióxido de carbono es el componente más importante debido a su estabilidad y a su distribución en los tres medios (aire, agua y sólido) terrestres. El gas de CO_2 es continuamente transferido de la atmósfera a la biosfera por el proceso de la fotosíntesis y transferido a la atmósfera por medio de la oxigenación de los compuestos y fósiles orgánicos y por la respiración de los seres vivos. El CO_2 se comunica entre la atmósfera y la hidrosfera por medio del intercambio molecular en la interfase mar-aire. La importancia del CO_2 en la concentración y composición de la atmósfera se hace evidente en i) los distintos procesos de oxidación, ii) su participación en la fotosíntesis, iii) su alta solubilidad en los océanos y iv) su rápida difusión en la atmósfera. El **Ozono**, O_3 , es una molécula compuesta por tres átomos de Oxígeno. El O_3 se forma en la atmósfera al disociarse el Oxígeno molecular por la radiación ultravioleta en altitudes entre 20 y 70 km, con su máxima concentración en la vecindad de 20 a 30 km, en la estratosfera, y está directamente relacionada con el aumento de la temperatura en la estratopausa, a los 50 km de altura aproximadamente. La principal importancia de este constituyente radica en su función protectora de radiación solar ultravioleta. La concentración y existencia de estos gases variables depende fuertemente de los procesos térmicos y dinámicos de escala local, así como de las distintas actividades humanas.

c) **Constituyentes no-gaseosos**: En la atmósfera también se encuentra un gran número de componentes no-gaseosos, conocidos como aerosoles, tales como las partículas volcánicas, polvos, humos, sales, etc. Las concentraciones de estos componentes pueden variar grandemente, como por ejemplo, cuando ocurre una erupción volcánica cubriendo una gran extensión de la atmósfera o sobre las ciudades industriales en que se emiten distintos contaminantes. Todos estos constituyentes tienen un efecto importante en la composición atmosférica. Los aerosoles pueden ser sólidos o líquidos y son muy importantes en distintos procesos atmosféricos, tales como la formación de nubes, la precipitación la visibilidad y el balance de calor. Las principales fuentes de emisión de aerosoles son las erupciones volcánicas, la erosión de la superficie terrestre, la contaminación industrial y la evaporación de los océanos que transporta sales a la atmósfera.

ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMOSFERA

La variación de la temperatura del aire con la altura es un factor muy importante para el estudio y pronóstico del estado del tiempo. La variación de la temperatura en la vertical es una consecuencia de la absorción de radiación (solar y terrestre) por la atmósfera. Las capas más altas de la atmósfera (> 80 km) absorben radiación solar de muy baja frecuencia (alta energía) capaz de ionizar las moléculas de aire, formando la región

conocida como la Ionósfera, donde se reflejan las ondas de radiocomunicación; la radiación UV de menor energía, que no es absorbida por las moléculas de aire, logra penetrar a niveles intermedios (entre 30 y 50 km), siendo absorbida por el O₃ ; por otro lado, en la baja atmósfera, es la radiación terrestre, en el infrarrojo, la que fundamentalmente afecta a la temperatura.

Tomando en cuenta la estructura vertical de la temperatura, la atmósfera se puede dividir en las siguientes capas o regiones atmosféricas: troposfera, estratosfera, mesosfera y termosfera (Fig.1).

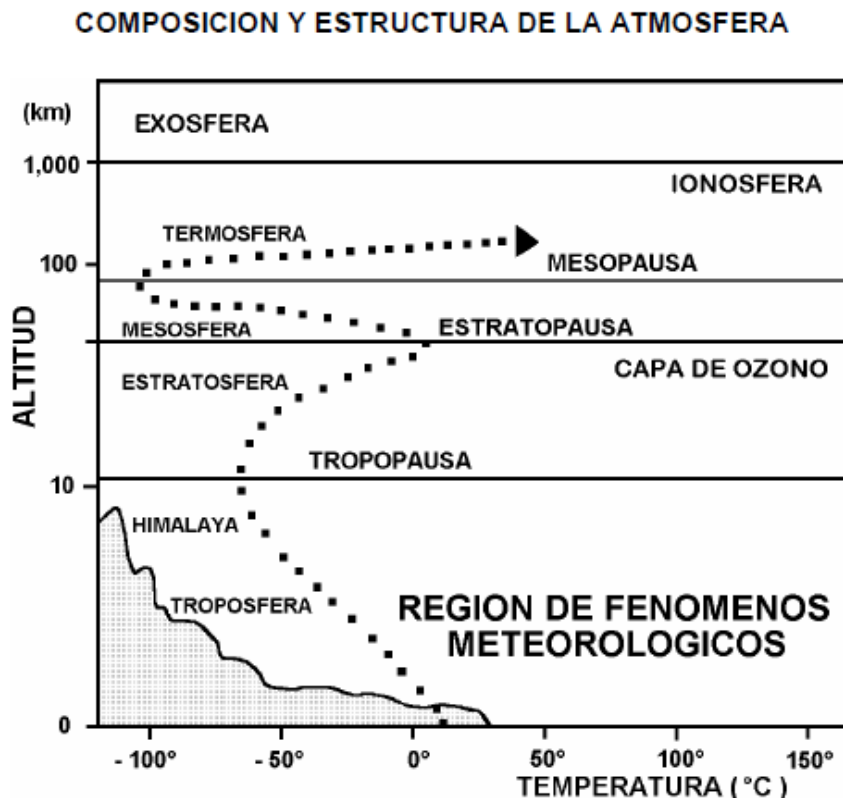


Fig.1 Estructura vertical de la temperatura (línea punteada) en la atmósfera estándar. La Tropósfera (0 -15 km); la Estratósfera (15 - 50 km); la Mesósfera (50 - 90 km) y la Termósfera (desde los 90 km).

Ver texto para mayor detalle.

La estructura vertical de la temperatura varía significativamente en tiempo y espacio. En la atmósfera tropical (30°N - 30°S) la troposfera es relativamente profunda, la tropopausa alcanza su máxima altitud y su mínima temperatura; conforme la latitud aumenta, la altura de la tropopausa disminuye y la temperatura aumenta. La altura que alcanza la tropopausa está controlada principalmente por el contenido de calor en la troposfera, la que se expande al calentarse o se comprime al enfriarse, por lo que la tropopausa alcanzará una altura mayor en verano que en invierno. Ya que la temperatura aumenta por arriba de la tropopausa, esta será mayor sobre los polos que sobre el ecuador, para la misma altura.

Tropósfera

El término **Tropósfera** viene del griego **tropos** que significa 'girar', o sea, 'la capa que gira'; esto porque la troposfera es la región atmosférica caracterizada por movimientos convectivos y de mezcla. La tropósfera contiene el 75 % de la masa total de la atmósfera, en ella se presentan los fenómenos meteorológicos y biológicos de mayor importancia para el ser humano. Tiene las siguientes características principales: a) la temperatura decrece con la altura a una razón del orden de $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ en una atmósfera húmeda (trópicos) y a una razón del orden de $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ en una atmósfera seca (desiertos); b) el viento aumenta con la altura, alcanzando valores máximos aproximadamente a los 10 km (200 mb), en las latitudes medias; y c) contiene virtualmente el total del vapor de agua atmosférico; a mayores alturas, el vapor de agua es rápidamente disociado por la radiación solar.

El límite superior se conoce como la tropopausa y puede presentarse como una inversión o una capa isotérmica, la que forma una barrera a todos los procesos convectivos y de mezcla, que dan origen al tiempo meteorológico. La tropopausa es variable en tiempo y espacio, observándose variaciones importantes de su altitud en latitud y estacionalmente. Por ejemplo en el ecuador, la temperatura al nivel de la tropopausa tiene un valor de cerca de -80°C , mientras que en los polos la temperatura es de solo -60°C ; esto, aparentemente contradictorio, se explica por el hecho de que en el ecuador, la altura de la troposfera llega a unos 15 km, mientras que en los polos es del orden de 9 km. Algunas discontinuidades importantes se observan en la tropopausa en las regiones cercanas a las 'corrientes de chorro', polar (60°N) y subtropical (30°N) y en el ecuador (0°). Además se observan variaciones importantes entre verano e invierno. Tanto la altura como la temperatura observada de la tropopausa tienen su explicación en la radiación terrestre, y en los procesos termodinámicos y dinámicos de la atmósfera respectivamente.

Estratósfera

La palabra **estratósfera** se deriva del vocablo en latín **stratum** que significa 'capa estratificada'; en ella la temperatura aumenta uniformemente con la altura y no se observan procesos convectivos, pues la estratosfera es altamente estable e inhibe la convección y la mezcla turbulenta de los constituyentes atmosféricos. Esta se extiende desde la tropopausa hasta cerca de los 50 km en la región llamada **estratopausa**. Sus características principales son: a) En la baja estratosfera (hasta los 25 km) la temperatura aumenta gradualmente o se mantiene constante; arriba de este nivel la temperatura aumenta hasta alcanzar valores en el rango de 10 a 15°C ; b) los vientos decrecen con la altura en la baja estratosfera, para después aumentar en la alta estratosfera, siendo principalmente vientos del este en verano y del oeste durante invierno, esto debido al cambio estacional de la circulación atmosférica; c) la estratosfera es muy seca, sin nubes ni fenómenos meteorológicos; y d) contiene grandes concentraciones de Ozono, constituyente vital para la vida en la tierra, pues sirve como filtro de la radiación ultravioleta. La presencia del Ozono, con una concentración

máxima cercana a los 25 km, es la razón principal para explicar el aumento de la temperatura en la estratosfera. La absorción de la radiación ultravioleta por el Ozono da lugar a un calentamiento de la atmósfera, que a su vez forma la estratosfera, donde las máximas temperaturas se observan a los 50 km de altura.

Mesósfera

La **mesósfera**, que se deriva del vocablo griego **meso** que significa 'media', ocurre arriba de la estratósfera hasta una altura de cerca de 80 km. La mesósfera se caracteriza por una disminución continua de la temperatura hasta un mínimo del orden de $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ en la región conocida como la mesopausa. Es en esta región donde se observan las temperaturas más bajas de la atmósfera y se debe básicamente a la poca influencia tanto de la radiación solar como de la radiación terrestre. La circulación de los vientos de invierno aumenta con la altura a un valor máximo del orden de 300 km/hr, a una altura de 70 km. Las características principales son: a) se observan nubes noctilucientes a una altura aproximada de 80 - 100 km, principalmente en el hemisferio de verano; b) se observan grandes variaciones entre verano e invierno. La temperatura es mayor en invierno que en verano; y c) se observa una muy considerable variabilidad diaria y semanal en la estructura vertical de la temperatura.

Termósfera

En la **termósfera** la temperatura aumenta con la altura. En esta capa la densidad del aire es muy baja y está compuesta principalmente por moléculas de Nitrógeno y Oxígeno, predominando el Oxígeno atómico por arriba de los 200 km (Fig.1.12). En esta región la temperatura aumenta continuamente desde $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta los $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, esto debido principalmente a la capacidad del oxígeno atómico de absorber la radiación solar de alta energía (con longitud de onda menor de $0.2\text{ }\mu\text{m}$). Por abajo de la termosfera, los gases ligeros no son tan importantes en cuanto al peso molecular del aire; sin embargo, en la termosfera la disociación del oxígeno y los procesos de difusión molecular hacen muy importante la presencia de los gases ligeros. Las principales características de esta capa son: a) se observa una gran disociación de los principales constituyentes, N_2 y O_2 ; b) el aumento continuo de la temperatura está asociado a la absorción de radiación electromagnética solar y a la disociación y a la ionización de los constituyentes atmosféricos, principalmente por el oxígeno atómico; c) la termosfera es principalmente calentada por la radiación ultravioleta de alta energía y d) por arriba de los 200 km la atmósfera se hace casi-isoterma durante la noche, cuando desaparece la radiación solar.

IMPORTANCIA DE LA ATMÓSFERA PARA LA VIDA

Regulación de la temperatura

Durante el día la superficie de la Tierra se calienta cuando recibe la luz del Sol. Una vez que el terreno se ha calentado devuelve este calor en forma de radiación infrarroja (radiación invisible que captamos en forma de calor). Si no existiera la atmósfera, todo ese calor escaparía al espacio y la Tierra se enfriaría rápidamente durante la noche. Sin la atmósfera la temperatura media de la superficie terrestre sería de -18°C cuando en realidad es de 15°C .

La atmósfera regula el calor de la superficie terrestre al comportarse como los cristales o los plásticos de un invernadero. La atmósfera deja pasar las radiaciones solares (luz visible) que calientan la superficie de la Tierra, pero absorbe y emite en todas direcciones gran parte de la radiación infrarroja que la superficie terrestre devuelve, manteniendo así la temperatura promedio en 15°C y por lo tanto favoreciendo la vida en el planeta Tierra. A este fenómeno se le llama efecto invernadero, es un efecto natural y se debe sobre todo al CO_2 y al vapor de agua de la troposfera.



La atmósfera como escudo

La atmósfera nos protege de las radiaciones solares perjudiciales procedentes del Sol. El Sol, además de luz visible y calor (radiación infrarroja), emite otras radiaciones como los rayos X y los rayos ultravioletas (UV) que son dañinos para la vida. Estas radiaciones nocivas son absorbidas por la termosfera y estratosfera, además de detener los rayos cósmicos, que son otro tipo de radiación constituida por núcleos de átomos que viajan a velocidades cercanas a la de la luz y que son responsables de aumentar la tasa de mutaciones en los seres vivos.

También nos protege de los impactos de los meteoritos. Estas rocas procedentes del espacio exterior son atraídas por la gravedad y caen sobre la superficie terrestre. Al entrar en contacto con los gases de la atmósfera, a gran velocidad, el rozamiento hace que se calienten tanto que se ponen incandescentes y acaban desintegrándose sin llegar al suelo. Sólo los más grandes (poco frecuentes) pueden atravesar la atmósfera y llegar al suelo provocando grandes catástrofes: destrucción de la zona de impacto, cambios climáticos, extinción de especies, etc.

La atmósfera y los seres vivos

La atmósfera controla el clima y el ambiente en que vivimos. Muchos seres vivos utilizan los gases atmosféricos en sus procesos vitales. Así pues, las plantas emplean el dióxido de carbono en la fotosíntesis y animales y plantas respiran oxígeno. La composición actual de la atmósfera se debe a la actividad de la biosfera (fotosíntesis) y es necesaria para que la mayoría de las especies respire.

http://www.dailymotion.com/video/x11tehf_planeta-tierra-la-atmosfera_school