

# ATMÓSFERA I

## INTRODUCCIÓN

El aire, el mar y la Tierra constituyen la mayor parte de los cuatros grandes reinos. Tres de estos reinos son inorgánicos: Atmósfera, hidrosfera y litosfera. El cuarto reino, la biosfera, abarca todos los organismos vivos de la Tierra. La biosfera incluye parte de la atmósfera, hidrosfera y litosfera.

De las tres esferas, la atmósfera es el reino gaseoso. La hidrosfera es el reino acuoso, comprendiendo el agua en estado gaseoso, líquido o sólido, incluye el agua existente en la atmósfera y en la Tierra, igual que el agua de los océanos. La litosfera es el reino sólido, compuesto por materia mineral. Las tres forman capas alrededor de la Tierra debido a las diferentes densidades. Cada una tiene una composición química diferente.

## GENERALIDADES

El aire y la tierra no son dos reinos complemente separados; existe una interrelación entre ellos, que se expresa en un flujo continuo de materia y energía: las condiciones atmosféricas ejercen un control sobre la superficie terrestre, pero al mismo tiempo la superficie de la Tierra ejerce una influencia sobre las propiedades de lo adyacente.

Existe un continuo flujo de energía y de materia entre la superficie del mar y la capa inferior de la atmósfera. El mar influye sobre la atmósfera que se encuentra sobre él, a la vez que la atmósfera influye sobre el mar que tiene debajo.

## ORIGEN DE LA ATMÓSFERA

La Atmósfera constituye un elemento esencial para el desarrollo de la vida sobre la Tierra. Sin embargo, hay algunos planetas incapaces de retener una capa gaseosa entorno a si.

Sir James Jeans propuso que los elementos volátiles en las proximidades de un planeta sufren una fuerza de atracción universal que tiende a confinarlos en un campo gravitacional, captura que, entre otros factores depende de las

masas respectivas. La atmósfera de un planeta puede llegar a disiparse totalmente si la masa del cuerpo planetario asociado es demasiado pequeña.

Brown estableció que la atmósfera terrestre era de origen secundario, no estaba en relación directa con la nebulosa primitiva.

Rubey realizó un balance sobre las rocas superficiales y se comprobó que la desagregación solamente podía proporcionar aproximadamente un 1 % de los elementos volátiles de la atmósfera. En consecuencia, el 99 % de los gases han debido de ser extraídos del manto terrestre. Atribuyó este transporte a los procesos geotermales y volcánicos. Probó su teoría mediante la estimación del volumen de gas actualmente emitido por los volcanes así como la cantidad de agua caliente natural que llega a la superficie de nuestro planeta. El volumen total emitido bastaría para formar la atmósfera en la denominada Teoría de la Desgasificación continua.

La desgasificación se produjo justo después del nacimiento del planeta, siendo muy intensa y el 80 % del Argón inicialmente encerrado fue liberado. Posteriormente existió una desgasificación residual que prosigue en nuestros días.

La atmósfera es probablemente de tipo secundario, sin embargo, ello no implica que no hubiera ninguna atmósfera poco después del nacimiento de la Tierra. Recientes estudios demuestran la existencia de una atmósfera primitiva particularmente densa. La diversidad de esta atmósfera debía impedir la disipación del calor terrestre por irradiación, lo que dio lugar al aumento considerable de la temperatura superficial y la fusión de las capas superficiales del globo.

El tiempo de vida de esta atmósfera fue limitado ya que los gases nobles de la atmósfera actual no registran su existencia.

Por otra parte, se admite que poco después de la formación del Sistema Solar la radiación extra-ultravioleta y/o el viento solar eran al menos 100 veces más intensos que ahora. Es probable que un bombardeo de este tipo provocara la disipación de la atmósfera primitiva. La formación posterior de una nueva atmósfera demuestra que el bombardeo solar se atenúo considerablemente.

¿Cuáles fueron las circunstancias que dieron lugar al desarrollo sobre la Tierra de una atmósfera con un alto contenido en  $O_2$ ?

Debido a la antigüedad del continente australiano éste contiene un archivo del desarrollo de la Tierra y es a partir de aquí donde encontramos la respuesta.

En la costa oeste, una zona limitada alrededor de Perth, una ciudad con clima moderado cuya costa disfruta de un clima mediterráneo y el resto es un gran desierto árido llamado "el último Coffi". A unos 500 Km al norte de Perth existe una bahía aislada denominada El Embalse de Hamelin, poco profundo y sus rocas son suaves y viscosas al tacto, formadas por algas asentadas en ellas. Su nombre es estomatolitos.

En la superficie de estas rocas se observan las algas blandas y las burbujas de  $O_2$  buscadas. Se cree que estas algas descienden de aquellos organismos primitivos que sirvieron para producir el primer  $O_2$  hace más de 3000 millones de años.

La entrada de agua del océano al embalse queda muy limitada debido a la poca profundidad por lo que su concentración de sal es dos veces mayor que el océano abierto. Por ello, las condiciones son desfavorables para los organismos exceptuando a los estomatolitos, los cuales han evolucionado muy poco. Sobre la superficie de estos estomatolitos se destaca un colorido verde mostrando la clorofila, esencial para la producción de  $O_2$ .

Hace unos 4600 millones de años, la lluvia de meteoritos y asteroides fue cesando lentamente, comenzando así el joven planeta a perder el calor acumulado; según iba descendiendo la temperatura del planeta se iban condensando las enormes cantidades de vapor que flotaban en la atmósfera y precipitándose en forma de lluvia, creando los océanos donde se piensa que fue donde apareció la vida.

Se han descubierto bacterias viviendo en condiciones muy difíciles, descendiendo hasta 2600 metros de profundidad, a una temperatura de  $350^\circ C$ .

En el laboratorio se intentaron copiar las condiciones primitivas. Se piensa que los océanos tenían grandes cantidades de aminoácidos, la considerada sopa primigenia. A ésta se añadió agua, se inyectó  $N_2$  en el horno a presión dejando escapar el  $O_2$ . Se puso la disolución a 130 atm y a una temperatura de  $250^\circ C$  durante horas. Por medio de un microscopio electrónico se observó un objeto de  $2 \mu$  de diámetro, muy similar a las membranas

celulares de los organismos primigenios. Esto es una prueba sólida de que la vida pudo haber comenzado en el fondo del océanos sin la presencia de  $O_2$ .

El origen de la atmósfera es una segregación de la corteza; la atmósfera primitiva se evaporó debido a las grandes erupciones volcánicas. La anterior atmósfera era de carácter reductor y la que tenemos ahora es de carácter oxidante.

## **ESTRUCTURA EN CAPAS. COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA**

La atmósfera terrestre consiste en una mezcla de varios gases que rodean a la Tierra hasta una altura de muchos kilómetros. Unida a la Tierra por acción gravitatoria, esta envuelta de aire es más densa a nivel del mar y disminuye rápidamente hacia arriba. Casi toda la atmósfera (97 %) se halla en los primeros 30 Km. El límite superior puede situarse a una altura de unos 10.000 K. Desde la superficie terrestre hasta los 80 Km la composición química de la atmósfera es bastante uniforme.

El aire puro y seco consiste en su mayor parte de nitrógeno, alrededor del 78 % del volumen total, y de oxígeno, un 21 %. El nitrógeno no reacciona fácilmente con otras sustancias y puede ser considerado como una sustancia neutra, y sirve para amortiguar a las restantes reacciones. Cantidades muy pequeñas de nitrógeno son extraídas por las bacterias del suelo y convertidas es aptas para su uso por las plantas. El oxígeno es muy activo en el proceso de oxidación. La combustión de los carburantes representa una rápida forma de oxidación, mientras que ciertas formas de desmoronamiento de las rocas representan formas muy lentas de oxidación. Los animales necesitan oxígeno para poder convertir el alimento en energía.

El 1 % restante es argón, gas inactivo. Parte de ese 1 % consiste en una cantidad muy pequeña de  $CO_2$ , un 0,033 %. Este gas es de gran importancia en los procesos atmosféricos, debido a su capacidad de absorber calor y permitir que se caliente la atmósfera inferior por la radiación calorífica procedente del sol y de la superficie de la Tierra. Las plantas verdes, en el proceso de la fotosíntesis utilizan el  $CO_2$  de la atmósfera para convertirlo, en unión con agua, en hidratos de carbono sólidos.

En la atmósfera también podemos encontrar:

- Aeroplacnton: conjunto de organismos que flotan en el aire, por ejemplo pequeños artrópodos, arañas, semillas, polen, esporas de helechos, de hongos...
- Partículas sólidas: polvo. Puede proceder de distintos lugares, como por ejemplo de deforestaciones, erupciones volcánicas, meteoritos... Las partículas sirven de núcleo de condensación del vapor de agua, donde destacamos el cloruro sódico, ya que absorbe muy bien la humedad. Se origina por pequeñas gotas de agua del mar que saltan y que se evaporan. Cuando se secan dejan un pequeño cristal. Esto tiene que ver con las mareas estuarias.
- Gases no deseados:  $SO_2$  por ejemplo, procedente de la actividad industrial. El  $SO_2$  cuando hay radiaciones UV pasa a  $SO_3$  que en presencia de agua da  $H_2SO_4$ .

La estructura en capas de la atmósfera viene dada por:

- HOMOSFERA: 80 Km. Mezcla de gases homogénea.
- HETEROSFERA: de 80 Km hacia arriba. Gases que se agrupan por capas:
  - Capa de Nitrógeno: 200 km
  - Capa de Oxígeno: 1100 km
  - Capa de Helio: 3500 Km
  - Capa de Hidrógeno: 10.000 Km

También podemos hacer otra clasificación según la temperatura:

- TROPOSFERA: la temperatura baja bruscamente. Su límite superior es la tropopausa
- ESTRATOSFERA: la temperatura vuelve a subir (50 Km). Limite superior: estratopausa.
- MESOSFERA: la temperatura nuevamente desciende. Su límite es la mesopausa.
- TERMOSFERA: la temperatura sube.

## PERFIL TÉRMICO

De acuerdo con las temperaturas y las zonas de cambio de esas temperaturas tenemos primeramente la troposfera. La temperatura del aire desciende de forma bastante uniforme al aumentara la altitud. El descenso medio de la temperatura es de  $6,4^{\circ}\text{C}$  por 1000 m de ascenso. Esta relación se conoce con el nombre de GRADIENTE VERTICAL DE TEMPERATURA.

La temperatura baja con la altitud de forma uniforme hasta unos 13 km. Sin embargo, la curva cambia bruscamente a los 14 km de altitud. Aquí se encuentra la estratopausa, donde se produce un descenso de la temperatura. La temperatura desciende a lo largo de la mesosfera, capa que se extiende hasta unos 80 km, donde se alcanza el punto de  $-80^{\circ}\text{C}$ : mesopausa. Con el aumento de altitud, tiene lugar un brusco ascenso de la temperatura en la termosfera, donde el aire está muy rarificado y las moléculas de los gases muy separadas.

## EL AGUJERO EN LA CAPA DE OZONO

### Introducción

Ozono; cuerpo simple, gaseoso cuya molécula de  $\text{O}_3$  está formado por tres átomos de oxígeno. Se forma en las capas bajas de la atmósfera debido a la influencia de las descargas eléctricas. Se cree que se ha formado en la estratosfera, por disociación molecular del oxígeno, bajo la influencia de los rayos ultravioleta, de los electrones libres y de los rayos cósmicos. Gracias a su poder de absorción impide que los rayos UV alcancen el suelo.

El agujero de ozono sobre el continente antártico se considera como uno de los problemas ambientales más graves en este momento.

### Preocupaciones por la contaminación

En 1971 comenzaron a utilizarse con mucha frecuencia los transportes de aviones supersónicos. Muchos investigadores mostraron su inquietud ante los efectos perjudiciales que la emisión resultante de vapor de agua y óxidos de nitrógeno, podría ejercer sobre la atmósfera a grandes alturas. Ambos gases podrían atacar al ozono. Además, los crecientes niveles de óxido nitroso en el ambiente, provocados por el aumento de las combustiones y del uso de fertilizantes aumentó la alarma. Junto a esto, en 1974 se unió el progresivo uso de los halocarburos.

## Halocarburos

Los halocarburos o clorofluorocarbonos, están constituidos por cloro, flúor y carbono. Se usan como refrigerantes en neveras e instalaciones de aire acondicionado, propulsores para pulverizadores de aerosoles, agentes de producción de espuma y limpieza de componentes electrónicos. Se consideraron ideales gracias a su estabilidad, no reactividad y no toxicidad.

Pero su carácter inerte les convierte en peligrosos para el ozono.

Los gases inertes son los gases raros, que no se degradan fácilmente en la troposfera y así tales sustancias acaban penetrando en la estratosfera. Cuando suben por encima de unos 25 km, donde la concentración de ozono viene a ser máxima, quedan sometidos a una intensa luz UV absorbida por el ozono. Esta radiación rompe estas moléculas, transformándolas en otras formas más reactivas, como es el átomo de cloro.

## Teoría de los halocarburos

Se apoya en la capacidad que tiene el cloro de destruir el ozono. La molécula de ozono se crea cuando la luz UV incide sobre una molécula oxígeno. Un fotón rompe la molécula en dos átomos de oxígeno, muy reactivos, que se combinan rápidamente con moléculas de oxígeno normal para forma ozono.

El gas absorbe fácilmente la luz ultravioleta y se disocia en sus componentes:  $O_2$  y  $O$ ; el átomo de oxígeno libre se une luego a otra molécula de oxígeno, volviendo con ello a formar ozono. El gas continúa disociándose y recombinándose así muchas veces, hasta que termina por chocar con un átomo libre de oxígeno formando dos moléculas de oxígeno.

De esta forma, el ozono alcanzará un régimen en el que la tasa de formación equivaldrá a la eliminación.

El cloro altera este equilibrio, actuando catalíticamente, es decir, queda intacto en todos los procesos.

Cada átomo de cloro puede destruir aproximadamente 100.000 moléculas de  $O_3$  antes de perder su actividad y volver a la troposfera mediante precipitaciones. Cuando choca con una molécula de ozono le roba el tercer átomo de oxígeno para formar monóxido de cloro y una molécula de  $O_2$ . Cuando este monóxido de cloro encuentra un átomo de oxígeno libre, el oxígeno del monóxido de siente atraído por el oxígeno libre y se libera del

cloro para formar una nueva molécula de oxígeno. El cloro "abandonado" queda libre para comenzar de nuevo la destrucción del ozono.

En la atmósfera, existe una relación de 3 moléculas de ozono por cada 100.000 millones de moléculas de aire. Este gas se mide en unidades Dobson (UD) o centésimas de milímetro. Así 1000 UD equivalen a una columna uniforme de ozono de 1 cm de espesor, en condiciones normales de presión (1 atm) y temperatura (273° K).

Para considerar que se ha formado un agujero, la columna de ozono tiene que ser inferior a 220 UD.

### ¿Por qué existe agujero en la Antártica si los contaminantes no se producen allí?

Los CFC se producen en el hemisferio norte. El 90 % es liberado en Europa, Rusia, Japón y EEUU. Los CFC suben luego hacia la estratosfera en las latitudes tropicales debido a los vientos. Después son trasladados mediante vientos hacia ambos polos. Así la estratosfera contiene aproximadamente un contenido homogéneo de cloro sobre todas las latitudes. Pero ambos polos tienen una meteorología muy diferente debido a su distinta superficie terrestre. El polo sur tiene grandes extensiones de tierra, las cuales están rodeadas de mar. Estas condiciones producen bajas temperaturas en la estratosfera, lo que crea nubes polares estratosféricas. Finalmente estas nubes crean un ambiente químico propicio para la destrucción de ozono en la época de Primavera Austral, que se extiende entre septiembre hasta diciembre de cada año.

En el polo Norte las temperaturas estratosféricas son más elevadas, por lo que no se forman tantas nubes y la destrucción de la capa de ozono es mucho menor.

### ¿Aumenta la radiación UV con la disminución de ozono?

La cantidad de radiación UV que llega a la superficie de la Tierra en un lugar dado depende de la posición del Sol, la cantidad de ozono y las posibles nubes y polución que se encuentren en el lugar. Científicos concuerdan que el decrecimiento de ozono aumenta la radiación UV. Las mayores bajas se dan en el continente antártico, especialmente en septiembre y en octubre.

### Efectos que produce la disminución de ozono



El ozono reviste especial importancia sobre los seres vivos, porque absorbe la radiación UV procedente del Sol, evitando que alcance la superficie terrestre. Esta radiación es letal.

La radiación UV posee energía suficiente para romper moléculas biológicas incluido el ADN. Aumenta la frecuencia del cáncer de piel, cataratas e inmunodeficiencias, causantes de quemaduras, podría estropear cosechas y alterar ecosistemas acuáticos.