

Que es la capa de ozono

La capa de ozono se localiza en la estratósfera, aproximadamente de 15 a 50 Km. sobre la superficie del planeta. El ozono es un compuesto inestable de tres átomos de oxígeno, el cual actúa como un potente filtro solar evitando el paso de una pequeña parte de la radiación ultravioleta (UV) llamada B que se extiende desde los 280 hasta los 320 nanómetros (nm). La radiación UV-B puede producir daño en los seres vivos, dependiendo de su intensidad y tiempo de exposición; estos daños pueden abarcar desde eritemas a la piel, conjuntivitis y deterioro en el sistema de defensas, hasta llegar a afectar el crecimiento de las plantas y dañando el fitoplancton, con las posteriores consecuencias que esto ocasiona para el normal desarrollo de la fauna marina.

Hoy se ha demostrado que la aparición del agujero de ozono, a comienzos de la primavera austral, sobre la Antártida está relacionado con la fotoquímica de los **Clorofluorocarbonos**(CFCs), componentes químicos presentes en diversos productos comerciales como el freón, aerosoles, pinturas, etc.

Como se destruye la capa de Ozono

La forma por la cual se destruye el ozono es bastante sencilla. La radiación UV arranca el cloro de una molécula de clorofluorocarbono (CFC). Este átomo de cloro, al combinarse con una molécula de ozono la destruye, para luego combinarse con otras moléculas de ozono y eliminarlas. El proceso es altamente dañino, ya que en promedio un átomo de cloro es capaz de destruir hasta 100.000 moléculas de ozono. Este proceso se detiene finalmente cuando este átomo de cloro se mezcla con algún compuesto químico que lo neutraliza.

Impacto de la radiación UV-B sobre las personas

El incremento de la radiación UV-B:

- *Inicia y promueve el cáncer a la piel maligno y no maligno.
- *Daña el sistema inmunológico, exponiendo a la persona a la acción de varias bacterias y virus.
- *Provoca daño a los ojos, incluyendo cataratas.
- *Hace más severas las quemaduras del sol y avejentan la piel.
- *Aumenta el riesgo de dermatitis alérgica y tóxica.
- *Activa ciertas enfermedades por bacterias y virus.
- *Aumentan los costos de salud.
- *Impacta principalmente a la población indígena.
- *Reduce el rendimiento de las cosechas.
- *Reduce el rendimiento de la industria pesquera.
- *Daña materiales y equipamiento que están al aire libre.

Referencias sobre el impacto de la radiación: Green Peace

Dónde se encuentra el Ozono?

El ozono se encuentra mayoritariamente entre 10 y 50 kilómetros de altura, en la estratósfera. Esta capa es conocida como la *capa de ozono*. Este ozono de alta altura es muy beneficioso, ya que absorbe la radiación UV. Sin la existencia de esta capa la vida fuera de los océanos sería prácticamente imposible. Pero también se encuentra ozono en menor medida entre la superficie terrestre y los 10 kilómetros de altura. Este ozono es el llamado ozono de nivel de suelo, en tanto, no cumple ningún papel beneficioso. Más aún, debido a ser muy tóxico es un grave problema para las grandes urbes que lo producen. Un lamentable ejemplo de esto es Santiago de Chile.

La siguiente figura muestra la distribución de ozono v/s altura:

Se aprecia el ozono superficial (ozono smog) y la gran capa sobre los 15 Km. que nos protege de la radiación UV.

Fuente: World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 37, Geneva, 1995.

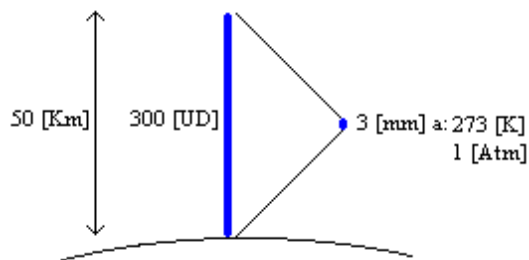
En qué se mide el Ozono?

El ozono es un gas muy fundamental, pero también extremadamente raro en la atmósfera, ya que existe una relación de 3 moléculas de ozono por cada 10 millones de moléculas de aire.

Este gas se mide en *Unidades Dobson*. Mil Unidades Dobson equivalen a una columna uniforme de ozono de un centímetro de espesor en condiciones normales de presión (1atm o nivel del mar) y temperatura (273K o cero grados Celsius).

Hay que precisar que siempre hay que tener en cuenta la época y el lugar para decidir si los niveles de ozono que se están midiendo corresponden a niveles altos o bajos. La capa de ozono varía según época y lugar geográfico en que uno se encuentra.

A modo de ejemplo se ilustran 300 [UD] que equivalen a 3 milímetros:



Cómo suben los contaminantes?

Aunque las moléculas de CFC son varias veces más pesadas que el aire, miles de mediciones hechas mediante globos, aviones y satélites han demostrado que los CFCs se encuentran en la atmósfera hoy en día. Hay que considerar que la atmósfera no está quieta, sino que los vientos la revuelven constantemente antes que las partículas pesadas puedan "decanar" y llegar a la superficie. Particularmente los CFCs que son insolubles en el agua y muy estables en la baja atmósfera (debajo de los 10 Km.) llegan a la alta atmósfera en donde se encuentra el ozono

Los contaminantes son causa natural o humana

La pregunta más específica aquí es si el cloro en la estratósfera proviene mayoritariamente por acción del hombre o la naturaleza.

Existen muchos compuestos naturales sobre la superficie terrestre que contienen cloro, pero ellos son solubles en agua, por lo que no pueden alcanzar la estratósfera. Grandes cantidades de cloro (en forma de cloruro de sodio) son evaporadas de los océanos, pero son solubles en agua por lo que son atrapados por las nubes y vuelven a bajar en gotas de agua, nieve o hielo. Otra fuente de cloro es el de las piscinas, pero este cloro también es soluble en agua. El cloruro de hidrógeno, producto de las erupciones volcánicas es un claro ejemplo de un contaminante natural, pero este cloro es convertido en ácido clorhídrico, el cual es soluble en agua por lo que no alcanza la estratósfera.

En cambio, halocarbonos hechos por el hombre, como los CFCs, tetracloruro de carbono (CCl₄) y metil cloroformo (CH₂Cl₂) no son solubles en el agua, por lo que no caen con la lluvia o nieve y alcanzan la estratósfera.

El siguiente gráfico muestra la relación de las fuentes esenciales de cloro en la estratósfera:

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

Es un hecho que los contaminantes, como los CFC se producen mayoritariamente en el hemisferio norte. El 90% es liberado en Europa, Rusia, Japón y EEUU. Los CFC suben luego hacia la estratósfera en las latitudes tropicales debido a los vientos. En seguida estos contaminantes son trasladados mediante vientos hacia ambos polos. Así la estratósfera 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 estratósfera, 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 cada año.

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

Aumenta la radiación UV con la disminución de ozono?

El sol emite una gran cantidad de energía y un 2% corresponde a la radiación ultravioleta (UV). Una banda específica (la UV-B) es causante de quemaduras, cáncer a la piel, y daños a los ojos. 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 encuentre en el lugar. Científicos concuerdan en que en ausencia de polución y nubes, *el decrecimiento de ozono aumenta la radiación ultravioleta*. Las mayores bajas en el ozono observadas sobre el continente Antártico, especialmente en septiembre y octubre han servido como evidencia de la relación entre radiación UV y los niveles de ozono. Además durante los últimos años se han realizado mediciones simultáneas de UV y ozono, lo que ha demostrado fehacientemente tal relación.

Se extenderá el agujero al continente?

Para detectar si el agujero se extiende hasta el continente hay que definir primero cuánto ozono (medido en Unidades Dobson) se considera como un agujero. Es comúnmente aceptado para el continente Sudamericano considerar una columna de ozono inferior a 220 UD para tal efecto. Ahora bien, estos niveles se han registrado algunos días del año en el extremo sur de Chile, como por ejemplo en Punta Arenas. Esto se produce en la "temporada", entre septiembre y noviembre, cuando se crea el agujero en la Antártica.

Dónde se forma el ozono y cómo llega a la estratosfera?

La verdad es que el ozono no debe viajar hacia la estratósfera, ya que se forma allí. El ozono es un compuesto inestable, que no puede viajar largas distancias, ya que reacciona fácilmente.

La producción de ozono ocurre principalmente a través de la fotólisis de oxígeno molecular. Existe una disociación molecular de oxígeno (O₂) en átomos simples de este (O). Este proceso es producido por la radiación de onda corta de luz ultravioleta (UV). Luego, estos átomos simples (O) al unirse con una molécula de oxígeno (O₂) forman ozono (O₃).

Primeros descubrimientos del agujero de Ozono

Los primeros datos sobre el comienzo de un deterioro de la capa de ozono se remontan al año 1982, cuando los valores sobre la columna de ozono obtenidos por la estación japonesa *Syowa* en la Antártida (69S, 39E) se dan a conocer. Los niveles de la columna de ozono registrados desde el año 1964 indicaban que a partir del año 1975 esta presentaba un claro deterioro. Resultados similares se publicaron posteriormente en otras estaciones ubicadas en el continente Antártico, coincidiendo en todas ellas que el deterioro comenzó en la década de los 70. Este daño de la capa de ozono registrado en la Antártida aparecía en todas las estaciones al comienzo de la primavera Austral y tenía en aquellos años una corta duración y una rápida recuperación. Todo esto llevó a una alarma en la comunidad mundial, pues sus consecuencias, de no frenarse el proceso, podían ser de un alcance importante.

Años después de la publicación del deterioro de la capa de ozono sobre el continente Antártico, tuvo lugar un hecho fundamental para el entendimiento posterior del fenómeno denominado Agujero de Ozono. El científico inglés *J. Lovelock* tenía el proyecto de investigar la dinámica de la alta atmósfera, para lo cual buscó compuestos químicos que fueran enviados periódicamente a la atmósfera y que tuvieran una larga vida antes de descomponerse. Siguiendo la pista de estos elementos podría conocerse cuáles eran las corrientes que los llevaron del lugar de uso hasta el punto de destino. Había entonces que elegir esos compuestos que servirían de marcadores, tenían que ser consumidos en cierta cantidad y tener una larga vida, para así poder ser seguidos durante su posible largo recorrido. *Lovelock* encontró sus marcadores ideales en los *Clorofluorocarbonos* (CFCs), compuestos sintéticos sobre los años 20 y que eran, y son hoy en día, utilizados en aplicaciones muy comunes como pulverizadores y disolventes, así como por las industrias del frío y de los aislantes térmicos. Con sorpresa encontró, siguiendo la huella de estos compuestos una inesperada y alta concentración de los mismos en el continente Antártico.

La alta estabilidad de los compuestos CFCs aseguraba en principio un papel inofensivo de los mismos, por ello se han ocupado en tantas aplicaciones. Sin embargo en 1972 **Molina** y **Rowland** llamaron la atención de que el desprendimiento de cloro de estos compuestos al ser expuestos a la radiación UV, producía una destrucción del ozono.

Medidores en tierra

Campaña de medidores en tierra

Durante los años 1993 y 1994 se ha llevado a cabo una campaña de medición de la columna de ozono mediante medidores en tierra, cubriendo desde el paralelo 18S hasta el 54S en el sur de Argentina y Chile. Los medidores se construyeron en colaboración de la universidad Autónoma de Madrid y el Centro de Investigaciones Ópticas de la Plata bajo la idea de un fácil manejo y bajo costo, para así poder ubicarlos en diversos lugares de ambos países

Funcionamiento del medidor

El medidor del espesor de la capa de ozono funciona con dos detectores trabajando a 315 nm y 300 nm. La pareja de detectores se acopla a un soporte ecuatorial que permite el seguimiento del sol. Todos los equipos utilizados fueron conjuntamente calibrados en la ciudad de La Plata antes de su puesta en funcionamiento en los diversos lugares elegidos que se indican en el [mapa\(9K\)](#) de Argentina y Chile.

Método de Absorción Diferencial (AD)

Los medidores en tierra están basados en la técnica de Absorción Diferencial (AD). La molécula de ozono (O₃) presenta una banda de absorción ancha con un máximo centrado en 250 nm y que se extiende hasta los 300 nm por el lado de baja energía como indica la [figura](#). Así se mide la irradiancia solar I_l a dos longitudes de onda próximas, una que presenta absorción debido al ozono (I_{on}) y la otra que esta sensiblemente menor (I_{off}). El cociente de ambas irradiancias da una medida, después de un calibrado previo, del valor de la columna de ozono. Los posibles efectos de atenuación debido a otros procesos físicos, tales como dispersión Rayleigh y Mie por agentes atmosféricos como aerosoles y nubes, son corregidos al trabajar con dos longitudes de onda próximas. La técnica de AD descrita puede ser también utilizada en satélites artificiales representando ahora I_l la intensidad de la luz solar retrodispersada. Midiendo a dos longitudes de onda próxima, su cociente proporciona también una medida del valor de la columna de ozono.

AGUJERO DE LA CAPA DE OZONO EN LA ANTÁRTIDA PODRÍA DESAPARECER PARA EL 2050.

SYDNEY (Reuters) — El agujero de la capa de ozono sobre la Antártida podría cerrarse dentro de 50 años gracias a que el nivel de cloro procedente de los clorofluorocarbonos (CFCs) en la atmósfera está disminuyendo, dijo el martes uno de los principales científicos atmosféricos.

Paul Fraser, de la división atmosférica de la Mancomunidad de Organizaciones de Investigaciones Científicas e Industriales (CSIRO) del gobierno australiano, dijo que ha constatado una reducción de los gases destructores del ozono desde el 2000.

"El mayor culpable del agujero del ozono es el CFCs y ya ha comenzado a disminuir en la atmósfera más baja", dijo Fraser.

"Pensamos que el agujero del ozono se recuperará para alrededor del 2050", dijo Fraser, autor de un informe de las Naciones Unidas sobre la capa de ozono divulgado el lunes.

El informe dijo que los gases que desplazaban al ozono en las capas superiores de la atmósfera llegaron a su nivel más alto en el 2000, pero el mundo está haciendo un avance sostenido para la recuperación de la capa de ozono.

Agregó que los datos científicos reflejaron que los niveles de los gases desplazadores del ozono en las capas bajas de la atmósfera están "disminuyendo, aunque lentamente", pero el ozono será vulnerable por una década.

La capa de ozono es esencial para la vida en la Tierra, ya que protege de las dañinas radiaciones de rayos ultravioleta-B del sol y bloquea completamente las de UV-C.

El cloro de los clorofluorocarbonos es culpable de la destrucción de partes de la capa de ozono sobre la Antártida. El CFCs fue utilizado desde la década de 1930 en refrigeradores, aires acondicionados y se mantiene en la atmósfera durante décadas.

Bajo el Protocolo de Montreal de 1987, los países en vías de desarrollo se comprometieron a reducir a la mitad el consumo y producción de CFCs para el 2005 y eliminar hasta un 85 por ciento para el 2007.

Fraser, quien observa el CFCs desde Tasmania, dijo que en 1950 el nivel de cloro en la atmósfera era de cero, aumentó a su punto más alto de 2,15 partes por 100.000 en el 2000, pero ha disminuido un uno por ciento anual desde el 2000.

"Estamos actualmente en un punto en que la atmósfera puede deshacerse del CFCs con mayor rapidez de la que llega", dijo Fraser y añadió que la disminución actual de CFCs no fue medida cuando se compiló el informe de la ONU en el 2000.

El documento, el más reciente de una serie de informes de cuatro años sobre la capa de ozono desde el Protocolo de Montreal, dice que la reducción del CFCs demuestra que el pacto funciona.

Sin embargo, el informe advirtió que el agujero sobre la Antártida sólo se cerrará completamente si los países continúan cumpliendo el protocolo y si no hay otros factores que afecten adversamente la capa de ozono, como un mayor incremento de los gases invernadero.

—