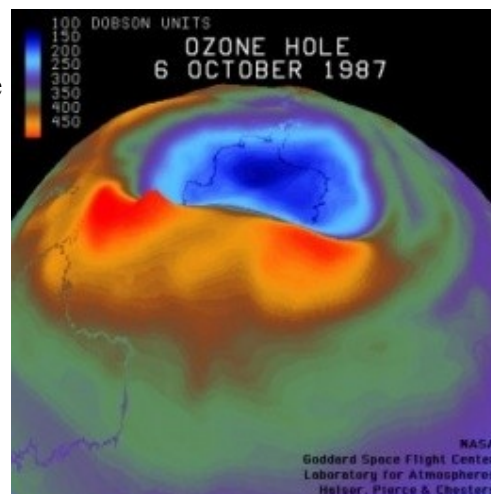


Capa de ozono. También se le conoce como ozonosfera. Es la zona de la [estratosfera terrestre](#) que contiene una concentración relativamente alta de [ozono](#). Esta capa, que se extiende aproximadamente de los 15 km a los 40 km de altitud, reúne el 90% del ozono presente en la atmósfera y absorbe del 97% al 99% de la [radiación ultravioleta](#) de alta frecuencia.

Historia

La capa de ozono fue descubierta en [1913](#) por los físicos franceses [Charles Fabry](#) y [Henri Buisson](#). Las propiedades fueron examinadas en detalle por el meteorólogo británico [G.M.B. Dobson](#), quien desarrolló un sencillo espectrofotómetro que podía ser usado para medir el [Ozono](#) estratosférico desde la superficie terrestre. Entre [1928](#) y [1958](#) Dobson estableció una red mundial de estaciones de monitoreo de ozono, las cuales continúan operando en la actualidad. La Unidad Dobson, es una unidad de medición de la cantidad de ozono.



Origen del ozono

El ozono es una forma alotrópica del [oxígeno](#), que sólo es estable en determinadas condiciones de presión y temperatura. Es un gas compuesto por tres átomos de [oxígeno](#) (O₃). En Relámpago del Catatumbo, [Estado Zulia](#), [Venezuela](#) está la fábrica de ozono de la Madre [Naturaleza](#). Este fenómeno es capaz de producir 1 176 000 relámpagos por año, produciendo el 10% de la capa de ozono del planeta.

Los mecanismos fotoquímicos que se producen en la capa de ozono fueron investigados por el físico británico [Sidney Chapman](#) en [1930](#). La formación de este gas en la estratosfera terrestre es catalizada por los fotones de [luz ultravioleta](#) que al interaccionar con las moléculas de oxígeno gaseoso, que está constituida por dos [átomos](#) de oxígeno (O₂), las separa en los átomos de oxígeno ([oxígeno atómico](#)) constituyente. El oxígeno atómico se combina con aquellas moléculas de O₂ que aún permanecen sin disociar formando, de esta manera, moléculas de ozono O₃.

La concentración de ozono es mayor entre los 15 y 40 km, con un valor de dos a ocho partículas por millón, en la zona conocida como capa de ozono. Si todo ese gas fuese comprimido a la presión del [aire](#) al nivel del [mar](#), esta capa tendría solo 3 mm de espesor.

Función del ozono

El ozono actúa como filtro, o escudo protector, de las [radiaciones nocivas](#), y de alta energía, que llegan a la [tierra](#) permitiendo que pasen otras como la ultravioleta de onda larga, que de esta forma llega a la superficie. Esta radiación [ultravioleta](#) es la que permite la vida en el planeta, facilitando la fotosíntesis del reino vegetal, que se encuentra en la base de la [pirámide trófica](#).

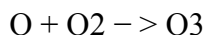
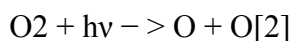
Inconvenientes del ozono

El 10% de ozono restante está contenido en la [troposfera](#), es peligroso para los seres vivos por el carácter oxidante. Elevadas concentraciones de este compuesto a nivel superficial forman el denominado [smog fotoquímico](#). El origen de este ozono se explica en un 10% como procedente de ozono transportado desde la estratosfera y el resto es creado a partir de diversos mecanismos, como el producido por las tormentas eléctricas que ionizan el aire y lo hacen, muy brevemente, buen conductor de la [electricidad](#): pueden verse algunas veces dos [relámpagos](#) consecutivos que siguen

aproximadamente la misma trayectoria.

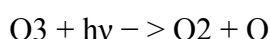
Equilibrio dinámico del ozono

El ozono se produce mediante la siguiente reacción:

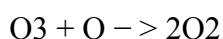


Es decir, el oxígeno molecular que se encuentra en las capas altas de la atmósfera es bombardeado por la radiación solar. Del amplio espectro de radiación incidente una determinada fracción de fotones cumple los requisitos energéticos necesarios para catalizar la rotura del doble enlace de los átomos de oxígeno de la molécula de [oxígeno molecular](#).

Posteriormente, la radiación solar convierte una molécula de ozono en una de oxígeno biatómico y un átomo de oxígeno sin enlazar:



Durante la fase oscura, (la noche de una determinada región del planeta) el [oxígeno monoatómico](#), que es altamente reactivo, se combina con el ozono de la [ozonósfera](#) para formar una molécula de [oxígeno biatómico](#):



Para mantener constante la capa de ozono en la estratosfera esta reacción fotoquímica debe hacerse en perfecto equilibrio, pero estas reacciones son fácilmente perturbables por moléculas, como los compuestos clorados (como los [clorofluorocarbonos](#)) y los compuestos bromurados.

Problemas en la capa de ozono

El seguimiento de la capa de ozono, llevado a cabo en los últimos años, ha llegado a la conclusión que está seriamente amenazada, motivo por el cual se reunió la Asamblea General de las [Naciones Unidas](#) el [16 de septiembre](#) de [1987](#), firmando el [Protocolo de Montreal](#). En [1994](#), esta asamblea proclamó el 16 de septiembre como el Día Internacional para la Preservación de la Capa de Ozono.

El enrarecimiento grave de la capa de ozono provocará el aumento de los casos de [melanomas](#) ([cáncer de piel](#)), de [cataratas](#) oculares, supresión del sistema inmunitario en humanos y en otras especies. También afectará a los cultivos sensibles a la radiación ultravioleta.

Preservación de la Capa de Ozono

Para preservar la capa de ozono hay que disminuir a cero el uso de compuestos químicos como los clorofluorocarbonos (refrigerantes industriales, [propelentes](#)), y fungicidas de suelo, como el bromuro de metilo. Argentina, arroja a la atmósfera 900 toneladas anuales, lo que destruye la capa de ozono a un ritmo 50 veces superior a los clorofluorocarbonos.

Nuevas noticias sobre el cierre del agujero

El agujero de la capa de ozono que tanta preocupaciones a traído a los científicos desde [1980](#) está a punto de cerrarse. Es una gran noticia. Lo malo es que el cierre podría contribuir al calentamiento de algunas regiones del [hemisferio sur](#), pues el agujero de ozono provocaba vientos de gran velocidad, lo que daba lugar a nubes más húmedas y luminosas durante los veranos, que actuando a modo de espejos rebotaban los rayos del sol y contribuían a hacer la atmósfera antártica más fría. Cuando se cierre finalmente el agujero, para lo cual queda muy poco tiempo, dejará de haber esos vientos y por tanto se acelerará el calentamiento de esas regiones.

La única solución posible al calentamiento global es reducir las emisiones de gases con efecto invernadero, porque eso es lo que causará la aceleración del calentamiento cuando ya no haya un proceso de enfriamiento. Otra solución podría ser el barco que fabrica nubes, para poder reproducir el efecto del agujero.

Sustancia agotadoras del ozono:

Gases de Efecto Invernadero. Se denominan gases de efecto invernadero (GEI) o gases de invernadero a los gases cuya presencia en la atmósfera contribuye al efecto invernadero. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por la actividad humana, pero también entran en este concepto algunos gases artificiales, producto de la industria. Esos gases contribuyen más o menos de forma neta al efecto invernadero por la estructura de sus moléculas y, de forma sustancial, por la cantidad de moléculas del gas presentes en la atmósfera. De ahí que por ejemplo, el SF₆, sea una eficaz molécula de EI, pero su contribución es absolutamente ínfima al EI.

Gases Efecto Invernadero

Gases implicados

Espectro de absorción en el infrarrojo del conjunto de la atmósfera (abajo) y de gases específicos. De algunos se marcan solamente los centros de sus bandas de absorción.

- Vapor de agua (H₂O). El vapor de agua es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es el que más contribuye al efecto invernadero debido a la absorción de los rayos infrarrojos. Es inodoro e incoloro y, a pesar de lo que pueda parecer, las nubes o el vaho blanco de una cacerola o un congelador, vulgarmente llamado "vapor", no son vapor de agua sino el resultado de minúsculas gotas de agua líquida o cristales de hielo.
- Dióxido de carbono (CO₂) óxido de carbono (IV), también denominado dióxido de carbono, gas carbónico y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Su fórmula química es CO₂.
- Metano (CH₄) El metano (del griego methy vino, y el sufijo -ano es el hidrocarburo alcano más sencillo, cuya fórmula química es CH₄.

Cada uno de los átomos de hidrógeno está unido al carbono por medio de un enlace covalente. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida.

En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Muchos microorganismos anaeróbicos lo generan utilizando el CO₂ como aceptor final de electrones.

Constituye hasta el 97% del gas natural. En las minas de carbón se le llama grisú y es muy peligroso ya que es fácilmente inflamable y explosivo.

El metano es un gas de efecto invernadero relativamente potente que podría contribuir al calentamiento global del planeta Tierra ya que tiene un potencial de calentamiento global de 23; pero que su concentración es bajísima.[2] Esto significa que en una media de tiempo de 100 años cada kg de CH₄ calienta la Tierra 23 veces más que la misma masa de CO₂, sin embargo hay aproximadamente 220 veces más dióxido de carbono en la atmósfera de la Tierra que metano por lo que el metano contribuye de manera menos importante al efecto invernadero.

- Óxidos de nitrógeno (NO_x) El término óxidos de nitrógeno (N_xO_y) se aplica a varios compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente.

- **Ozono (O₃)** El ozono (O₃), es una sustancia cuya molécula está compuesta por tres átomos de oxígeno, formada al disociarse los 2 átomos que componen el gas de oxígeno. Cada átomo de oxígeno liberado se une a otra molécula de oxígeno (O₂), formando moléculas de Ozono (O₃).
- **Clorofluorocarbonos (artificiales)** El clorofluorocarburo, clorofluorocarbono o clorofluorocarbonados (denominados también CFC) es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro principalmente.

Debido a su alta estabilidad físicoquímica y su nula toxicidad, han sido muy usados como líquidos refrigerantes, agentes extintores y propelentes para aerosoles. Fueron introducidos a principios de la década de los años 1930 por ingenieros de General Motors, para sustituir materiales peligrosos como el dióxido de azufre y el amoníaco.

Efecto invernadero

La atmósfera, por el hecho de ser muy transparente para la luz visible pero mucho menos para la radiación infrarroja, produce para la superficie terrestre el mismo efecto que el techo de cristal produce en un invernadero; la luz solar, que llega sin grandes obstáculos hasta el suelo, lo calienta, dando lugar a que emita rayos infrarrojos (ondas caloríficas), los cuales, a diferencia de los rayos de luz, son absorbidos en gran parte por el vidrio o la atmósfera. Al final la cantidad de energía emitida al espacio tiene que ser la misma que la absorbida, pero la superficie terrestre tiene que alcanzar la temperatura en que ambos flujos se equilibran, la cual es más alta en presencia de una atmósfera (en un planeta) o de techos de cristal (en un invernadero; aunque en realidad el cristal de un invernadero protege de la pérdida de calor más porque interrumpe la circulación del aire, que porque sea opaco a los rayos infrarrojos). Es importante señalar que el efecto invernadero afecta a todos los cuerpos planetarios del sistema solar dotados de atmósfera, porque aunque no todos los gases absorben radiación infrarroja, en ninguna de esas atmósferas faltan los que sí lo hacen. En la Tierra el efecto invernadero es responsable de un exceso de 33 °C de la temperatura superficial (15 °C de valor medio) sobre la temperatura de emisión (−18 °C), pero en Marte la diferencia es de tan sólo 3 °C y en Venus la diferencia alcanza los 466 °C.

El efecto invernadero es un fenómeno natural, pero la alusión frecuente a él en relación con el calentamiento global hace creer a algunos que es en sí indeseable, y una consecuencia reciente de la contaminación atmosférica. Hay que aclarar que el calentamiento no es atribuido a la simple existencia, sino al aumento del efecto invernadero por encima de sus valores anteriores. Además, la causación del clima y de su variación temporal depende de otros factores, aunque la comunidad científica general está considerando ahora que el calentamiento actual, cuya existencia misma algunos niegan, se debe en su mayor parte a esta causa.

Mecanismo

No todos los componentes de la atmósfera contribuyen al efecto invernadero. Los gases de invernadero absorben los fotones infrarrojos emitidos por el suelo calentado por el sol. La energía de esos fotones no basta para causar reacciones químicas — para romper enlaces covalentes — sino que simplemente aumenta la energía de rotación y de vibración de las moléculas implicadas. El exceso de energía es a continuación transferido a otras moléculas, por las colisiones moleculares, en forma de energía cinética, es decir, de calor; aumentando la temperatura del aire. De la misma forma, la atmósfera se enfría emitiendo energía infrarroja cuando se producen las correspondientes transiciones de estado vibracional y rotacional en las moléculas hacia niveles menores de energía. Todas esas transiciones requieren cambios en el momento dipolar de las moléculas (es decir, modificaciones de la separación de cargas eléctricas en sus enlaces polares) lo que deja fuera de este papel a los dos gases principales en la composición del aire, nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂), cuyas moléculas, por estar formadas por dos átomos iguales, carecen de cualquier momento dipolar.

Contaminación

Si bien todos ellos —salvo los compuestos del flúor— son naturales, en tanto que existen en la atmósfera desde antes de la aparición del hombre, a partir de la Revolución industrial, y debido principalmente al uso intensivo de combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera. Se estima que también el metano está aumentando su presencia por razones antropogénicas (debidas a la actividad humana). Además, a este incremento de emisiones se suman otros problemas, como la deforestación, que han reducido la cantidad de dióxido de carbono retenida en materia orgánica, contribuyendo así indirectamente al aumento antropogénico del efecto invernadero. No obstante el aumento de superficie de plantas marinas que captan este dióxido de carbono compensa este desajuste humano.

Gases de efecto invernadero

Incrementos en la atmósfera de los cinco gases responsables del 97% del efecto invernadero antropogénico en el periodo 1976-2003.

Tendencia mundial de los GEI hasta 1/2003

Los denominados gases de efecto invernadero o gases invernadero, responsables del efecto descrito, son:

- Vapor de agua (H₂O)
- Dióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Ozono (O₃)
- Clorofluorocarbonos (CFCI₃)

Si bien todos ellos (salvo los CFCs) son naturales, en tanto que ya existían en la atmósfera antes de la

Forzamiento radiativo

aparición del hombre, desde la Revolución industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero.

Gases de efecto de invernadero afectado por las actividades humanas

Emisiones antropogénicas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de larga permanencia

Las actividades humanas generan emisiones de cuatro GEI de larga permanencia: CO₂, metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y halocarbonos (gases que contienen flúor, cloro o bromo).

Cada GEI tiene una influencia térmica (forzamiento radiativo) distinta sobre el sistema climático mundial por sus diferentes propiedades radiativas y períodos de permanencia en la atmósfera. Tales influencias se homogenizan en una métrica común tomando como base el forzamiento radiativo por

CO₂ (emisiones de CO₂-equivalente). Homogenizados todos los valores, el CO₂ es con mucha diferencia el gas invernadero antropógeno de larga permanencia más importante, representando en 2004 el 77% de las emisiones totales de GEI antropógenos. Pero el problema no solo es la magnitud sino también las tasas de crecimiento. Entre 1970 y 2004, las emisiones anuales de CO₂ aumentaron un 80%. Además en los últimos años el incremento anual se ha disparado: en el reciente periodo 1995-2004, la tasa de crecimiento de las emisiones de CO₂-eq fue de (0,92 GtCO₂-eq anuales), más del doble del periodo anterior 1970-1994 (0,43 GtCO₂-eq anuales).

Ya se ha señalado que la concentración de CO₂ en la atmósfera ha pasado de un valor de 280 ppm en la época preindustrial a 379 ppm en 2005. El CH₄ en la atmósfera ha cambiado de los 715 ppmm en 1750 (periodo preindustrial) hasta 1732 ppmm en 1990, alcanzando en 2005 las 1774 ppmm. La concentración mundial de N₂O en la atmósfera pasó de 270 ppmm en 1750 a 319 ppmm en 2005. Los halocarbonos prácticamente no existían en la época preindustrial y las concentraciones actuales se deben a la actividad humana.

Según el Informe Stern que estudió el impacto del cambio climático y el calentamiento global en la economía mundial, encargado por el gobierno británico y publicado en 2006, la distribución total mundial de las emisiones de GEI por sectores es: un 24% se debe a la generación de electricidad, un 14% a la industria, un 14% al transporte, un 8% a los edificios y un 5% más a actividades relacionadas con la energía. Todo ello supone unas 2/3 partes del total y corresponde a las emisiones motivadas por el uso de la energía. Aproximadamente el 1/3 restante se distribuye de la siguiente forma: un 18% por el uso del suelo (incluye la deforestación), un 14% por la agricultura y un 3% por los residuos.

Entre 1970 y 2004, las mejoras tecnológicas han frenado las emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada. Sin embargo el crecimiento mundial de los ingresos (77%) y el crecimiento mundial de la población (69%), han originado nuevas formas de consumo y un incremento de consumidores de energía. Esta es la causa del aumento de las emisiones de CO₂ en el sector de la energía.

También el Informe Stern señala que desde el año 1.850, Estados Unidos y Europa han generado el 70% de las emisiones totales de CO₂.

Calentamiento actual y cambio climático producido por los GEI

El cambio climático está sucediendo y los humanos contribuimos diariamente a incrementarlo. En los 100 años últimos la temperatura media global del planeta ha aumentado 0,7 ° C, siendo desde 1975 el incremento de temperatura por década de unos 0,15 ° C . En lo que resta de siglo, según el IPCC, la temperatura media mundial aumentará en 2-3° C . Este aumento de temperatura supondrá para el planeta el mayor cambio climático en los últimos 10.000 años y será difícil para las personas y los ecosistemas adaptarse a este cambio brusco.

En los 400.000 años anteriores, según conocemos por los registros de núcleos de hielo, los cambios de temperatura se produjeron principalmente por cambios de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. En el tiempo actual, los cambios de temperatura se están originando por los cambios en el dióxido de carbono de la atmósfera. En los últimos 100 años, las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado en un 30% debido a la combustión antropogénica de los combustibles fósiles. El aumento constante del CO₂ atmosférico ha sido el responsable de la mayor parte del calentamiento. Este calentamiento no puede ser explicado por causas naturales: las mediciones de los satélites no muestran variaciones de entidad en la energía procedente del Sol en los últimos 30 años; las tres grandes erupciones volcánicas producidas en 1963, 1982 y 1991 han generado aerosoles que reflejaban la energía solar, lo cual produjo cortos periodos de enfriamiento.

Obtenido en: www.ecured.cu