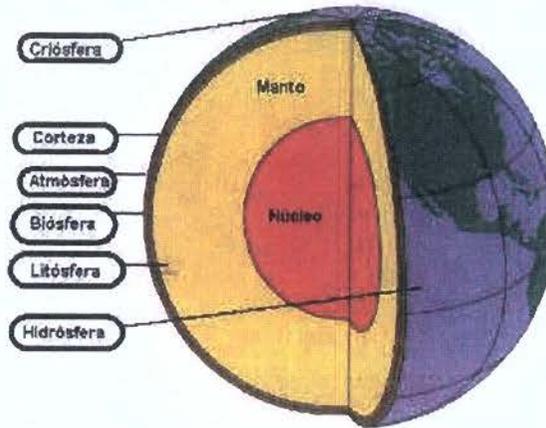


BASES TEORICAS DEL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL

Para poder comprender el cambio global climático y el aumento de la temperatura global se debe primero comprender el clima global y cómo opera. El clima es consecuencia del vínculo que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielos (criosfera), los organismos vivos (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geosfera). Sólo si se considera al sistema climático bajo esta visión holística, es posible entender los flujos de materia y energía en la atmósfera y finalmente comprender las causas del cambio global (GCCIP, 1997). Para ello es necesario analizar cada uno de los compartimentos interrelacionados, se comenzará con el más importante, la atmósfera.



Capas de la Tierra (Miller, 1991)

LA ATMOSFERA

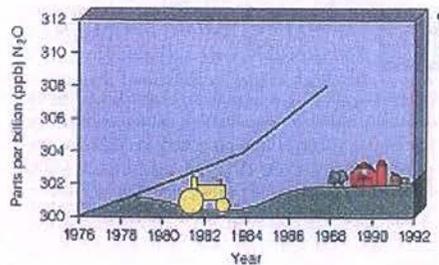
Capa gaseosa que rodea al planeta Tierra, se divide teóricamente en varias capas concéntricas sucesivas. Estas son, desde la superficie hacia el espacio exterior: troposfera, tropopausa, estratosfera, estratopausa, mesosfera y termosfera.

La atmósfera es uno de los componentes más importantes del clima terrestre. Es el presupuesto energético de ella la que primordialmente determina el estado del clima global, por ello es esencial comprender su composición y estructura (GCCIP, 1997). Los gases que la constituyen están bien mezclados en la atmósfera pero no es físicamente uniforme pues tiene variaciones significativas en temperatura y presión, relacionado con la altura sobre el nivel del mar (GCCIP, 1997).

OXIDO NITROSO

El óxido nitroso (N_2O) es producido por procesos biológicos en océanos y suelos, también por procesos antropogénicos que incluyen combustión industrial, gases de escape de vehículos de combustión interna, etc. Es destruido fotoquímicamente en la alta atmósfera.

Fuentes: producido naturalmente en océanos y bosques lluviosos. Fuentes antropogénicas, producción de nylon y ácido nítrico, prácticas agrícolas, automóviles con convertidores catalíticos de tres vías, quema de biomasa y combustibles.



Aumento de los óxidos nitrosos atmosféricos (Miller, 1991)

OZONO

El ozono (O₃) en la estratosfera filtra los UV dañinos para las estructuras biológicas, es también un gas invernadero que absorbe efectivamente la radiación infrarroja. La concentración de ozono en la atmósfera no es uniforme sino que varía según la altura. Se forma a través de reacciones fotoquímicas que involucran radiación solar, una molécula de O₂ y un átomo solitario de oxígeno. También puede ser generado por complejas reacciones fotoquímicas asociadas a emisiones antropogénicas y constituye un potente contaminante atmosférico en la troposfera superficial. Es destruido por procesos fotoquímicos que involucran a radicales hidroxilos, NO_x y cloro (Cl, ClO). La concentración es determinada por un fino proceso de balance entre su creación y su destrucción. Se teme su eliminación por agentes que contienen cloro (CFCs), que en las alturas estratosféricas, donde está la capa de ozono, son transformadas en radicales que alteran el fino balance que mantiene esta capa protectora (GCCIP, 1997).

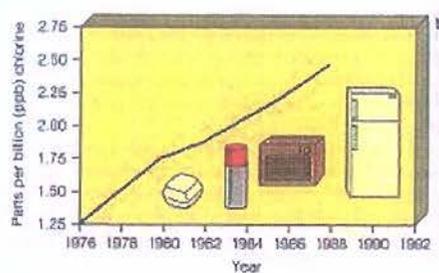
HALOCARBONOS

Clorofluorocarbonos: Compuestos mayormente de origen antrópico, que contienen carbono y halógenos como cloro, bromo, flúor y a veces hidrógeno. Los clorofluorocarbonos (CFCs) comenzaron a producirse en los años 30 para refrigeración. Posteriormente se usaron como propulsores para aerosoles, en la fabricación de espuma, etc. Existen fuentes naturales en las que se producen compuestos relacionados, como los metilhaluros.

No existen sinks para los CFCs en la troposfera y por motivo de su casi inexistente reactividad son transportadas a la estratosfera donde se degradan por acción de los UV, momento en el cual liberan átomos libres de cloro que destruyen efectivamente el ozono.

Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) e Hidrofluorocarbonos (HFCs): compuestos de origen antrópico que están usándose como sustitutos de los CFCs, sólo considerados como transicionales, pues también tienen efectos de gas invernadero. Estos se degradan en la troposfera por acción de fotodisociación

Por la larga vida que poseen son gases invernadero miles de veces más potentes que el CO₂.



Aumento de CFCs (Miller, 1991)

AGUA

El vapor de agua es un constituyente vital de la atmósfera, en promedio 1% por volumen, aunque con variaciones significativas en las escalas temporales y espaciales. Por su abundancia es el gas de invernadero de mayor importancia, jugando un rol de vital importancia en el balance global energético de la atmósfera.

AEROSOLES EN LA ATMOSFERA

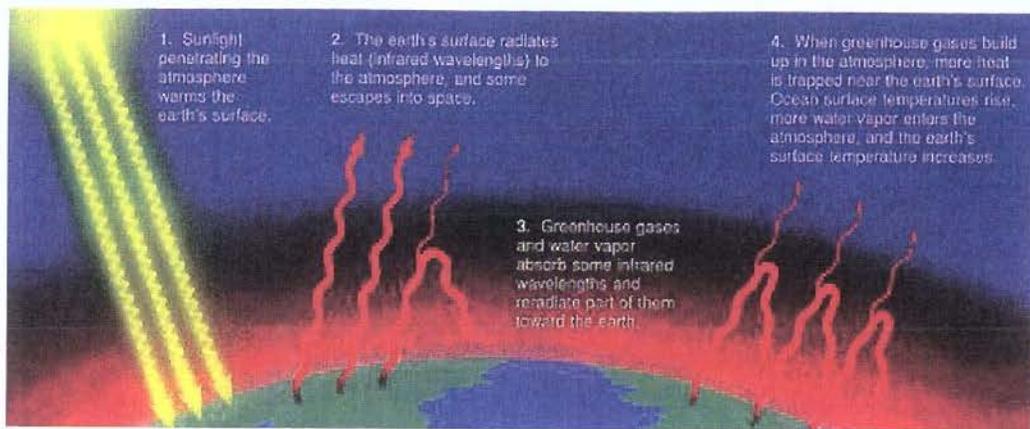
La variación en la cantidad de aerosoles afecta también el clima. Incluye polvo, cenizas, cristales de sal oceánica, esporas, bacterias, etc., etc. Sus efectos sobre la turbidez atmosférica pueden variar en cortos periodos de tiempo, por ejemplo luego de una erupción volcánica. En el largo plazo, los efectos son bastante equilibrados debido al efecto natural de limpieza atmosférica, aunque el proceso nunca es completo. Las fuentes naturales se calculan que son 4 a 5 veces mayores que las antropogénicas. Tienen el potencial de influenciar fuertemente la cantidad de radiación de onda corta que llega a la superficie terrestre.

CONCLUSION DE TEMA ATMOSFERA

Como conclusión la atmósfera esta principalmente constituida por nitrógeno, oxígeno y algunos otros gases traza y aerosoles que regulan el sistema climático, al regular el balance energético entre la radiación solar incidente y la radiación terrestre que se emite. La mayor parte de la atmósfera se encuentra por debajo de los 10 km., en la troposfera, en la que el clima terrestre opera, y donde el efecto invernadero opera en forma más notoria. Por encima de ella se encuentran capas que son definidas por sus temperaturas.

EL PRESUPUESTO ENERGETICO DE LA ATMOSFERA

La Tierra recibe energía del Sol a la forma de radiación electromagnética, la superficie terrestre recibe radiación ultravioleta (UV) y radiación visible y emite radiación terrestre a la forma de radiación infrarroja. Estos dos grandes flujos energéticos deben estar en balance. Pero la atmósfera afecta la naturaleza de este balance. Los gases invernadero permiten que la radiación de onda corta solar penetre sin impedimento pero absorben la mayor parte de la emisión de ondas largas terrestres. Por ello la temperatura global promedio es de 288K o 15°C , 33 grados más alto que si no tuviera atmósfera. Este efecto se llama el "Efecto Invernadero" (GCCIP, 1997).



Efecto Invernadero (Miller, 1991): A la derecha se observa lo que sucede con la radiación solar incidente sobre la superficie terrestre, con baja cantidad de gases invernadero se reirradia mayor cantidad de energía de vuelta al espacio exterior (izq.), menor cantidad al haber mayores concentraciones de gases invernadero (der.)

Los flujos de humedad, masa y momentum dentro de la atmósfera y los componentes del sistema climático deben estar en equilibrio. El balance de los flujos determina el estado de los climas y los factores que influyan sobre ellos a escala global deben ser considerados los causantes del cambio global.

LOS OCEANOS

Existe transferencia de momentum al océano a través de los vientos superficiales, que a su vez movilizan las corrientes oceánicas superficiales globales. Estas corrientes asisten en la transferencia latitudinal de calor, análogamente a lo que realiza la atmósfera. Las aguas cálidas se movilizan hacia los polos y viceversa. La energía también es transferida a través de la evaporación. El agua que se evapora desde la superficie oceánica almacena calor latente que es luego liberado cuando el vapor se condensa formando nubes y precipitaciones.

Lo significativo de los océanos es que almacenan mucha mayor cantidad de energía que la atmósfera. Esto se debe a la mayor capacidad calórica (4.2 veces la de la atmósfera) y su mayor densidad (1000 veces mayor). La estructura vertical de los océanos puede dividirse en dos capas, que difieren en su escala de interacción con la atmósfera. La capa inferior, que involucra las aguas frías y profundas, compromete el 80% del volumen oceánico. La capa superior, que está en contacto íntimo con la atmósfera, es la capa de frontera estacional, un volumen mezclado que se extiende sólo hasta los 100 m. de profundidad en los trópicos, pero que llega a varios kilómetros en las aguas polares. Esta capa sola, almacena 30 veces más energía que la atmósfera. De esta manera, un cambio dado de contenido de calor en el océano redundará en un cambio a lo menos 30 veces mayor en la atmósfera. Por ello pequeños cambios en el contenido energético de los océanos pueden tener un efecto considerable sobre el clima global y claramente sobre la temperatura global (GCCIP, 1997).

El intercambio de energía también ocurre verticalmente, entre la Capa Frontera y las aguas profundas. La sal contenida en las aguas marinas se mantiene disuelta en ella al momento de formarse el hielo en los polos, esto aumenta la salinidad del océano. Estas aguas frías y salinas son particularmente densas y se hunden, transportando en ellas considerable cantidad de energía. Para mantener el equilibrio en el flujo de masas de

agua existe una circulación global termohalina, que juega un rol muy importante en la regulación del clima global (GCCIP, 1997).

LA CRIOSFERA

La criosfera consiste de las regiones cubiertas por nieve o hielo, sean tierra o mar. Incluye la Antártida, el Océano Artico, Groenlandia, el Norte de Canadá, el Norte de Siberia y la mayor parte de las cimas más altas de cadenas montañosas. Juega un rol muy importante en la regulación del clima global.

La nieve y el hielo tienen un alto albedo, por ello, algunas partes de la Antártida reflejan hasta un 90% de la radiación solar incidente, comparado con el promedio global que es de un 31%. Sin la criosfera, el albedo global sería considerablemente más bajo, se absorbería más energía a nivel de la superficie terrestre y consecuentemente la temperatura atmosférica sería más alta.

También tiene un rol en desconectar la atmósfera con los océanos, reduciendo la transferencia de humedad y momentum, y de esta manera, estabiliza las transferencias de energía en la atmósfera. Finalmente, su presencia afecta marcadamente el volumen de los océanos y de los niveles globales del mar, cambios en ella, pueden afectar el presupuesto energético del clima.

BIOSFERA

La vida puede encontrarse en casi cualquier ambiente terrestre. Pero al discutir el sistema climático es conveniente considerar la biosfera como un componente discreto, al igual que la atmósfera, océanos y la criosfera.

La biosfera afecta el albedo de la Tierra, sea sobre la tierra como en los océanos. Grandes áreas de bosques continentales tienen bajo albedo comparado con regiones sin vegetación como los desiertos. El albedo de un bosque deciduo es de aproximadamente 0,15 a 0,18, donde un bosque de coníferas es entre 0,09 y 0,15. Un bosque tropical lluvioso refleja menos aún, entre 0,07 y 0,15. Como comparación, el albedo de un desierto arenoso es de cerca 0,3. Queda claro que la presencia de bosques afecta el presupuesto energético del sistema climático.

Algunos científicos, piensan que la quema de combustibles fósiles no es tan desestabilizante como la tala de bosques y la destrucción de los ecosistemas que mantienen la producción primaria de los océanos (Anderson *et al*, 1987).



Tala de bosques (Miller, 1991)

La biosfera también afecta los flujos de ciertos gases invernadero, tales como el dióxido de carbono y el metano. El plancton de las superficies oceánicas utilizan el dióxido de carbono disuelto para la fotosíntesis. Esto establece un flujo del gas, con el océano, de hecho fijando gas desde la atmósfera. Al morir, el plancton, transporta el dióxido de carbono a los fondos oceánicos. Esta productividad primaria reduce en un factor 4 la concentración atmosférica del dióxido de carbono y debilita significativamente el efecto invernadero terrestre natural.

Se estima que hasta el 80% del oxígeno producido por la fotosíntesis es resultado de la acción de las algas oceánicas, especialmente las áreas costeras. Por ello la contaminación acuática en esos sectores, podría ser muy desestabilizante (Anderson *et al*, 1987).

La biosfera también afecta la cantidad de aerosoles en la atmósfera. Billones de esporas, virus, bacterias, polen y otras especies orgánicas diminutas son transportadas por los vientos y afectan la radiación solar incidente, influenciando el presupuesto energético global. La productividad primaria oceánica produce compuestos conocidos como dimetilsulfitos, que en la atmósfera se oxidan para formar sulfatos aerosoles que sirven como núcleos de condensación para el vapor de agua, ayudando así a la formación de nubes. Las nubes a su vez, tienen un complejo efecto sobre el presupuesto energético climático. Por lo que cualquier cambio en la productividad primaria de los océanos, puede afectar indirectamente el clima global.

Existen por supuesto muchos otros mecanismos y procesos que afectan y que están acoplados al resto del sistema climático.

GEOSFERA

El quinto, y componente final, consiste en suelos, sedimentos y rocas de las masas de tierras, corteza continental y oceánica, y en última instancia, el interior mismo de la Tierra. Tienen un rol de influencia sobre el clima global que varía en las escalas temporales.

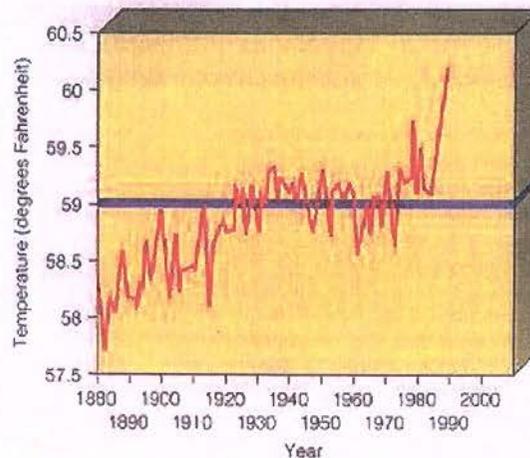
Variaciones en el clima global que se extienden por decenas y hasta centenas de millones de años, se deben a modulaciones interiores de la Tierra. Los cambios en la forma de las cuencas oceánicas y el tamaño de las cadenas montañosas continentales, influyen en las transferencias energéticas del sistema climático.

En escalas mucho menores de tiempo, procesos químicos y físicos afectan ciertas características de los suelos, tales como la disponibilidad de humedad, la escorrentía, y los flujos de gases invernadero y aerosoles hacia la atmósfera y los océanos. El vulcanismo, aunque es impulsado por el lento movimiento de las placas tectónicas, ocurre regularmente en escalas de tiempo mucho menores. Las erupciones volcánicas agregan dióxido de carbono a la atmósfera que ha sido removida por la biosfera y emiten además, grandes cantidades de polvo y aerosoles. Estos procesos explican someramente, como la geosfera puede afectar el sistema climático global (GCCIP, 1997).

CAMBIO CLIMATICO GLOBAL

El Cambio Climático Global, una modificación que le es atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición global atmosférica, agregada a la variabilidad climática natural observada en periodos comparables de tiempo (EEI, 1997).

La IPCC (Panel Internacional sobre Cambio Climático), un panel de 2500 científicos de primera línea, acordaron que "un cambio discernible de influencia humana sobre el clima global ya se puede detectar entre las muchas variables naturales del clima". Según el panel, la temperatura de la superficie terrestre ha aumentado aproximadamente 0.6°C en el último siglo. Las emisiones de dióxido de carbono por quema de combustibles, han aumentado a 6.25 mil millones de toneladas en 1996, un nuevo récord. Por otro lado, 1996 fue uno de los cinco años más calurosos que existe en los registros (desde 1866). Por otro lado se estima que los daños relacionados con desastres climáticos llegaron a 60 mil millones de US\$ en 1996, otro nuevo récord (GCCIP).



Aumento de la temperatura global (Miller, 1991)

De acuerdo a la Panel Internacional Sobre Cambio Climático, una duplicación de los gases de invernadero incrementarían la temperatura terrestre entre 1 y 35°C . Aunque no parezca mucho, es equivalente a volver a la última glaciación, pero en la dirección inversa. Por otro lado, el aumento de temperatura sería el más rápido en los últimos 100.000 años, haciendo muy difícil que los ecosistemas del mundo se adapten.

El principal cambio climático a la fecha ha sido en la atmósfera, Hemos cambiado y continuamos cambiando, el balance de gases que forman la atmósfera. Esto es especialmente notorio en gases invernadero claves como el CO_2 , Metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). Estos gases naturales son menos de una décima de un 1% del total de gases de la atmósfera, pero son vitales pues actúan como una "frazada" alrededor de la Tierra. Sin esta capa la temperatura mundial sería 30°C más baja.

El problema es que estamos haciendo que esta "frazada" sea más gruesa. Esto a través de la quema de carbón, petróleo y gas natural que liberan grandes cantidades de CO_2 a la atmósfera. Cuando talamos bosques y quemamos madera, reducimos la absorción de CO_2 realizado por los árboles y conjuntamente liberamos el dióxido de carbono contenido en la madera. El criar bovinos y plantar arroz genera metano, óxidos nitrosos

y otros gases invernadero. Si el crecimiento de la emisión de gases invernadero se mantiene en el ritmo actual los niveles en la atmósfera llegarán a duplicarse, comparados con la época preindustrial, durante el siglo XXI. Si no se toman medidas es posible hasta triplicar la cantidad antes del año 2100 (GCCIP, 1997).

El consenso científico como resultado de esto, es que seguramente habrá un aumento global de la temperatura entre 1.5 y 4.5°C en los próximos 100 años. Esto agregado al ya existente aumento de 0.5°C que ha experimentado la atmósfera desde la revolución industrial (UNEP/WHO, 1986).

Poder predecir cómo esto afectará al clima global, es una tarea muy difícil. El aumento de temperatura tendrá efectos expansivos. Efectos inciertos se agregan a otros inciertos. Por ejemplo, los patrones de lluvia y viento, que han prevalecido por cientos y miles de años, de las que dependen millones, podrían cambiar. El nivel del mar podría subir y amenazar islas y áreas costeras bajas. En un mundo crecientemente sobrepoblado y bajo estrés, con suficientes problemas de antemano, estas presiones causarán directamente mayor hambruna y otras catástrofes (UNEP/WMO, 1994).

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO), aun un pequeño aumento de temperatura puede causar un aumento dramático de muertes debido a eventos de temperaturas extremas; el esparcimiento de enfermedades tales como la malaria, dengue y cólera; sequías, falta de agua y alimentos. La IPCC lo plantea así: "El cambio climático con certeza conllevará una significativa pérdida de vidas" (Dunn, 1997).

La cantidad de dióxido de carbono ha aumentado desde 295 ppm anterior a la época industrial, a una cifra actual de 359 ppm. Este aumento corresponde a un 50% de lo esperado, basado en la tasa de quema de combustibles fósiles. Varios procesos naturales parecen actuar como moderadores, por ejemplo el océano actúa como reserva, donde el dióxido de carbono se disuelve como tal y como carbonatos y bicarbonatos. Un aumento del dióxido de carbono en el aire, actúa como estimulante del crecimiento vegetal, de esta manera se fija más de este gas. El calentamiento de la Tierra, además de descongelar las capas polares, puede causar un cambio en el sistema de circulación del aire, cambiando patrones de lluvia. De esta manera, por ejemplo, el Medio-Oeste norteamericano (fuente agrícola de Estados Unidos), podría transformarse en desierto, y las zonas de cultivo moverse hacia áreas de Canadá.

CAUSAS DEL CAMBIO GLOBAL CLIMATICO (Calentamiento Global y Efecto Invernadero)

La energía recibida por la Tierra desde el Sol, debe ser balanceada por la radiación emitida desde la superficie terrestre. En la ausencia de cualquier atmósfera, la temperatura superficial sería aproximadamente -18 °C . Esta es conocida como la *temperatura efectiva de radiación terrestre*. De hecho la temperatura superficial terrestre, es de aproximadamente 15 °C .

El Efecto Invernadero

La razón de esta discrepancia de temperatura, es que la atmósfera es casi transparente a la radiación de onda corta, pero absorbe la mayor parte de la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre. Varios componentes atmosféricos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, tienen frecuencias moleculares vibratorias en el

rango espectral de la radiación terrestre emitida. Estos gases de invernadero absorben y reemiten la radiación de onda larga, devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de temperatura, fenómeno denominado Efecto Invernadero (GCCIP, 1997).

El vidrio de un invernadero similar a la atmósfera es transparente a la luz solar y opaca a la radiación terrestre, pero confina el aire a su interior, evitando que se pueda escapar el aire caliente (McIlveen, 1986; Anderson *et al*, 1987). Por ello, en realidad, el proceso involucrado es distinto y el nombre es bastante engañoso, el interior de un invernadero se mantiene tibio, pues el vidrio inhibe la pérdida de calor a través de convección hacia el aire que lo rodea. Por ello, el fenómeno atmosférico se basa en un proceso distinto al de un invernadero, pero el término se ha popularizado tanto, que ya no hay forma de establecer un término más exacto.

Una de las muchas amenazas a los sistemas de sostén de la vida, resulta directamente de un aumento en el uso de los recursos. La quema de combustibles fósiles y la tala y quema de bosques, liberan dióxido de carbono. La acumulación de este gas, junto con otros, atrapa la radiación solar cerca de la superficie terrestre, causando un calentamiento global. Esto podría en los próximos 45 años, aumentar el nivel del mar lo suficiente como para inundar ciudades costeras en zonas bajas y deltas de ríos. También alteraría drásticamente la producción agrícola internacional y los sistemas de intercambio (WMO, 1986).



Lo significativo de los océanos es que almacenan mucha mayor cantidad de energía que la atmósfera. Esto se debe a la mayor capacidad calórica (4.2 veces la de la atmósfera) y su mayor densidad (1000 veces mayor). La estructura vertical de los océanos puede dividirse en dos capas, que difieren en su escala de interacción con la atmósfera. La capa inferior, que involucra las aguas frías y profundas, compromete el 80% del volumen oceánico. La capa superior, que está en contacto íntimo con la atmósfera, es la capa de frontera estacional, un volumen mezclado que se extiende sólo hasta los 100 m. de profundidad en los trópicos, pero que llega a varios kilómetros en las aguas polares. Esta capa sola, almacena 30 veces más energía que la atmósfera. De esta manera, un cambio dado de contenido de calor en el océano redundará en un cambio a lo menos 30 veces mayor en la atmósfera. Por ello pequeños cambios en el contenido energético de los océanos pueden tener un efecto considerable sobre el clima global y claramente sobre la temperatura global (GCCIP, 1997).

El intercambio de energía también ocurre verticalmente, entre la Capa Frontera y las aguas profundas. La sal contenida en las aguas marinas se mantiene disuelta en ella al momento de formarse el hielo en los polos, esto aumenta la salinidad del océano. Estas aguas frías y salinas son particularmente densas y se hunden, transportando en ellas

considerable cantidad de energía. Para mantener el equilibrio en el flujo de masas de agua existe una circulación global termohalina, que juega un rol muy importante en la regulación del clima global (GCCIP, 1997).

Uno de los resultados del Efecto Invernadero, es mantener una concentración de vapor de agua en la baja troposfera mucho más alta que la que sería posible en las bajas temperaturas que existirían si no existiese el fenómeno. Se especula que en Venus, el volcanismo elevó las temperaturas hasta el punto que no se pudieron formar los océanos, y el vapor resultante produjo un Efecto Invernadero, exacerbado más aún por la liberación de dióxido de carbono en rocas carbonatadas, terminando en temperaturas superficiales de más de 400 °C (Anderson *et al*, 1987).

MECANISMOS DE FORZAMIENTO IRRADIATIVO

Un proceso que altera el balance energético del sistema climático global o parte de él, se denomina un mecanismo forzado de radiación. Estos están separados a su vez, en mecanismos forzados internos y externos. Los externos, operan desde fuera del sistema climático, incluyen variaciones de órbita y cambios en el flujo solar. Los mecanismos internos, operan desde dentro del sistema climático, como por ejemplo la actividad volcánica y cambios en la composición de la atmósfera.

VARIACIONES DE ORBITA

Los cambios en el carácter de la órbita terrestre alrededor del Sol, se dan en escalas de tiempo de milenios o más largos. Pueden significativamente alterar la distribución estacional y latitudinal de la radiación recibida. Son conocidas como *Ciclos Milancovitch*. Son estos ciclos los que fuerzan cambios entre condiciones glaciales e interglaciales sobre la Tierra, con escalas de entre 10.000 y 100.000 años. El máximo de la última glaciación, ocurrió hace 18.000 años.

VARIABILIDAD SOLAR

Otro de los mecanismos de fuerza externa, corresponde a cambios físicos en el mismo Sol, que pueden alterar la intensidad y el carácter del flujo de radiación solar. No existe duda que éstos ocurren en un rango variable de tiempo. Uno de los ciclos más conocidos es el de las manchas solares, cada 11 años. Otros parámetros, como el diámetro solar, también varían. Aún no existen datos suficientes como para corroborar variaciones suficientemente fuertes como para generar cambios climáticos.

ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Es un ejemplo de un mecanismo de fuerza interno, erupciones volcánicas por ejemplo, inyectan grandes cantidades de polvo y dióxido de azufre, en forma gaseosa a la atmósfera superior, la estratosfera, aquí son transformados en aerosoles de ácido sulfúrico. Ahí se mantienen por varios años, gradualmente esparciéndose por todo el globo. La contaminación volcánica resulta en reducciones de la iluminación solar directa (puede llegar a un 5 ó 10%) y generan bajas considerables de temperatura.

COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

El cambio de composición de gases, especialmente los gases invernadero, es uno de los más grandes mecanismos de fuerza internos.

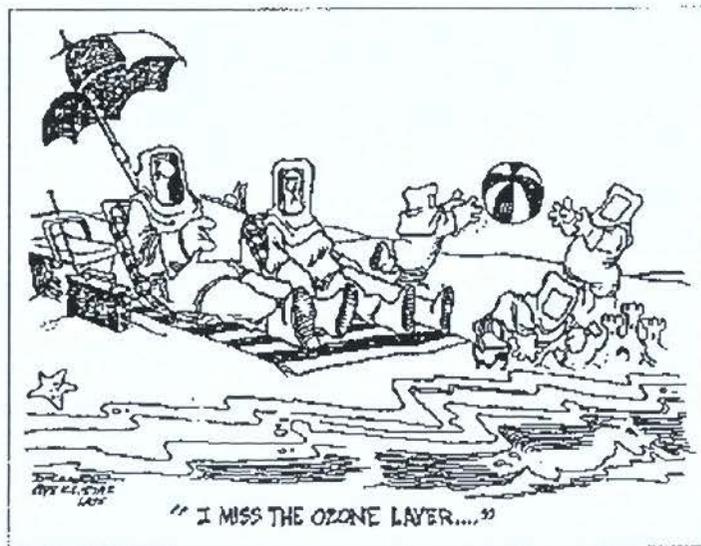
Cambios naturales en el contenido de dióxido de carbono atmosférico, ocurrieron durante las transiciones glaciales - interglaciales, como respuesta a mecanismos de fuerzas orbitales. En la actualidad, la humanidad es el factor más sustancial de cambio.

RETROALIMENTACIÓN

El sistema climático está en un balance dinámico. Por ello está continuamente ajustándose a perturbaciones forzadas, y como resultado, el clima se ve alterado. Un cambio en cualquier parte del sistema climático, iniciado por mecanismos forzados internos o externos, tendrán una consecuencia mucho más amplia, A medida que el efecto se propaga en cascada, a través de los componentes asociados en el sistema climático, se amplifica. Esto es conocido como *retroalimentación*. A medida que un efecto es transferido, desde un subcomponente del sistema a otro, se verá modificado en carácter o en escala. En algunos casos el efecto inicial puede ser amplificado (feedback positivo), mientras que en otros, puede verse reducido (feedback negativo).

Un ejemplo de un mecanismo de feedback positivo, involucra el vapor de agua. Una atmósfera más caliente potencialmente aumentará la cantidad de vapor de agua en ella. Ya que el vapor de agua es un gas invernadero, se atraparará más energía que aumentará la temperatura atmosférica más todavía. Esto a su vez, produce mayor vapor de agua, estableciéndose un feedback positivo.

CAMBIOS CLIMATICOS PREDICHOS PARA EL SIGLO XXI



"Echo de menos la capa de ozono" (Miller, 1991)

Queda claro que la previsión de cambios en los próximos 100 a 150 años, se basan íntegramente en modelos de simulación. Comprensiblemente la gran mayoría de los modelos se han concentrado sobre los efectos de la contaminación antrópica de la

atmósfera por gases invernadero, y en menor grado, en los aerosoles atmosféricos. La mayor preocupación presente, es determinar cuánto se entibiará la Tierra en un futuro cercano.

En la última década, varios modelos complejos de circulación general (GCMs), han intentado simular los cambios climáticos antropogénicos futuros. Han llegado a las siguientes conclusiones:

- Un calentamiento global promedio, de entre 1,5 y 4,5 °C ocurrirá, siendo la mejor estimación 2,5 °C .
- La estratosfera se enfriará significativamente.
- El entibiamiento superficial será mayor en las altas latitudes en invierno, pero menores durante el verano.
- La precipitación global aumentará entre 3 y 15%.
- Habrá un aumento en todo el año de las precipitaciones en las altas latitudes, mientras que algunas áreas tropicales, experimentarán pequeñas disminuciones

Modelos más recientes dependientes del tiempo, que acoplan los componentes oceánicos y atmosféricos, han entregado estimaciones más confiables, los resultados más significativos indican:

- Un calentamiento global promedio de 0,3 °C por década, asumiendo políticas no intervencionistas.
- Una variabilidad natural de aproximadamente 0,3 °C en temperaturas aéreas superficiales globales, en una escala de décadas.
- Cambios en los patrones regionales de temperatura y precipitaciones similares a los experimentos de equilibrio.

Aunque los modelos CGM proveen las simulaciones más detalladas de los cambios climáticos futuros, los constreñimientos computacionales evitan que sean usados en estudios de sensibilidad que permitan investigar los defectos potenciales futuros en el mundo real, con respecto a las emisiones de gases invernaderos.

Usando las sensibilidades de "mejor estimación", se generan escenarios que dan un rango de calentamiento entre 1,5 y 3,5 °C para el año 2100. Bajo condiciones sin intervención, la temperatura superficial global promedio, se estima aumentaría entre 2 y 4 °C , en los próximos 100 años. Hasta las proyecciones más optimistas de acumulación de gases invernadero, no pueden prevenir un cambio significativo en el clima global del próximo siglo. En los peores escenarios, la temperatura superficial global promedio, podría aumentar en 6 °C para el año 2100.

Como conclusión, la temperatura global promedio podría aumentar entre 2 y 4 °C para el año 2100, si el desarrollo global continúa a los ritmos actuales. Si se incorpora la influencia de los aerosoles atmosféricos al modelo, el calentamiento disminuye a aproximadamente 0,2 °C por década, en los próximos 100 años. Esta tasa de cambio climático, aún así, es más rápido que en cualquier otro momento de la historia de la Tierra. Si las naciones no actúan, el mundo podrá experimentar numerosos impactos adversos como resultado del calentamiento global futuro.

ENFRENTANDO EL PROBLEMA DEL CALENTAMIENTO GLOBAL

Agenda 21

El resultado principal de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la ONU, es el más completo de los planes de acción para los 90's y más allá, adoptada por la comunidad internacional. Representa un set de estrategias integradas y programas detallados para parar y revertir los efectos de la degradación ambiental y promover el desarrollo adecuado y sustentable en todos los países.

Declaración de Río

Proclamación hecha por la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, realizada en Río de Janeiro, Junio 1992. Reafirma y construye sobre la declaración de la Conferencia sobre el Ambiente Humano de las Naciones Unidas realizada en 1972. La meta de la declaración es establecer la cooperación entre los estados miembros para lograr acuerdos en las leyes y principios que promuevan el desarrollo sustentable. La declaración confronta diversas áreas que se relacionan con el cambio global, proveyendo un contexto de políticas que enfrentan el cambio global, incluye: recursos naturales, impactos ambientales del desarrollo, protección de ecosistemas, compartir ideas científicas, internalización de costos ambientales, etc.

Convención Marco sobre Cambio Climático

Firmada por 165 estados, compromete a sus firmantes a la meta de "estabilizar la concentración de gases invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias antrópicas con el sistema climático". La convención establece como meta provisional, reducir las emisiones de gases invernaderos a niveles del año 1990 para el año 2000. La convención establece un protocolo para que las naciones hagan un inventario de emisiones y puedan seguir sus progresos. También enfrenta el tema de financiamiento y transferencia de tecnología desde los países desarrollados a los en vías de desarrollo.

Informe de la segunda Evaluación del IPCC

El IPCC (Panel Internacional sobre Control Climático) es un cuerpo internacional, que consiste en delegados y científicos intergubernamentales, que desde 1988 están evaluando el calentamiento global. Su última evaluación mayor fue "Cambio Climático 1995", que provee la base para la reunión de Ginebra y la reunión próxima en Kyoto, Japón en diciembre 1997, que limitará las emisiones de CO₂ humanas. La Síntesis de la Segunda Evaluación, establece:

"Durante las últimas décadas, se han hecho muy aparente dos importantes factores en la relación entre humanos y el clima mundial. Primero, las actividades humanas, que incluyen la quema de combustibles fósiles, cambios en uso de tierras y agricultura, están aumentando las concentraciones de gases invernadero (que tienden a aumentar la temperatura atmosférica) y en algunas regiones, aerosoles (que tienden a enfriar la atmósfera). Estos cambios, juntos, se proyectan que cambiarán el clima regional y global junto con parámetros relacionados con el clima, tales como la temperatura, precipitación, humedad de suelos y el nivel del mar. Segundo, algunas comunidades humanas se han hecho más vulnerables a riesgos tales como tormentas, inundaciones y

sequías como el resultado de un aumento de densidad de población en áreas riesgosas tales como cuencas de ríos y planicies costeras. Cambios serios se han identificado, como el aumento, en algunas áreas, de la incidencia de eventos de alta temperatura, inundaciones, etc., aumento de pestes, cambios en la composición, estructura y funcionamiento ecológico, incluyendo la productividad primaria". (Pace Energy Project, 1997)

FORMAS DE ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL

Se expondrán brevemente algunas formas en que distintos grupos han enfrentado el problema, o proponen enfrentar el problema, del cambio climático global. Todos colocan un fuerte énfasis en la reducción de la emisión de gases invernadero.

LA CONVENCION FCCC DE LAS NACIONES UNIDAS

La Convención Marco sobre Cambio Climático de las Naciones Unidas (FCCC) que fue firmada en la Cumbre Mundial en 1992 por 162 gobiernos se enfocaba específicamente en el problema. El objetivo principal de la convención es *lograr estabilizar los gases invernadero en la atmósfera, lo que prevendría una peligrosa interferencia antrópica en el sistema climático*. La convención requería que todas las naciones que firmaran el tratado debieran lograr reducir sus emisiones de gases invernadero hasta niveles de 1990 para el año 2000.

En el Reino Unido, se estableció un programa que pretende lograr ese objetivo a través de la promoción del uso eficiente de la energía, como medio para reducir la generación de dióxido de carbono en todos los sectores de esa nación.

En la generación de energía eléctrica se ha invertido en plantas combinadas de calor y poder, en las que se utiliza la energía calórica que antes se perdía.

En la industria, las medidas de ahorro son específicas para cada proceso.

En el sector doméstico, se logrará a través de mejoras en el aislamiento térmico de las viviendas y la mejoría de la eficiencia de los aparatos domésticos a través de mejores diseños y mejor uso, como es el caso de la iluminación.

En el sector comercial los métodos de mejora de eficiencia se lograrán a través de métodos muy similares a los domésticos.

El transporte público, a través de mejoras en la tecnología de los motores, mejor mantenimiento de los motores, cumplir los límites de velocidad y uso más discreto de la aceleración y frenado.

Para que esto se llegue a implementar, es necesario invertir en campañas de educación e información, establecer regulaciones y estándares, junto con fiscalización, impuestos y regulación de precios, incentivos y desincentivos económicos.

RECOMENDACIONES DEL SIERRA CLUB

- Mejorar la eficiencia de los automóviles. Se lograría a través de mejor tecnología, alivianando la estructura, mejoras en los motores y transmisión, reduciendo el roce aerodinámico, disminuyendo la resistencia de las ruedas, etc.
- Acelerar las mejoras de eficiencia en el uso energético de industrias, residencias y establecimientos comerciales y públicos, por medio de políticas efectivas.
- Estimular y acelerar la investigación y desarrollo de tecnologías basadas en fuentes de energía de energía renovable.
- Terminar la deforestación y estimular la reforestación (Glick, 1997)



CONCLUSION DE CAMBIO CLIMATICO GLOBAL

El Cambio Climático Global es un hecho, aunque existen escépticos no representan de manera alguna un grupo mayoritario. Es por ello que los Gobiernos a nivel mundial han reaccionado ante esta amenaza cada vez más cercana: alteraciones climáticas graves que podrán colocar sus economías en peligro.

El Cambio Climático Global, por otro lado, ha dejado muy clara la globalización de los problemas ambientales, es imposible e inútil enfrentar uno de los problemas más apremiantes en la temática ambiental si no es una empresa que involucre a todas las naciones.

La presión poblacional y de desarrollo tomada por las naciones más adelantados junto con las naciones en vías de desarrollo, colocan una presión cada vez mayor sobre los recursos naturales y los sistemas ambientales terrestres. En la actualidad las capacidades autoregulatoras de la atmósfera están siendo llevadas a sus límites y según muchos, sobrepasadas.

No es sana política, para la humanidad, dejar la búsqueda de soluciones para el futuro o para cuando se hagan fuertemente necesarias. La atmósfera y los procesos que mantienen sus características no tienen tiempos de reacción muy rápidos comparado con los periodos humanos.

Soluciones a los problemas del adelgazamiento de la Capa de Ozono, al Calentamiento Global, a las alteraciones climáticas devastadoras, no son cuestión de años, ni siquiera décadas. Es por ello una preocupación que debe ser inmediata, no se podrá esperar a que los efectos se hagan notorios y claros, pues seguramente en ese momento ya será muy tarde para actuar buscando soluciones.

La próxima reunión de la IPCC tratando el tema del CGG, se realizará en Kyoto, Japón, será un momento de importancia histórica y los resultados de este encuentro mundial será una señal de lo que nos espera en el futuro.

Como lo plantea Seth Dunn, en el Earth Times: "No más de 50 años atrás, Kyoto fue "perdonada" de la destrucción por una bomba atómica durante la 2ª Guerra Mundial -debida a su significado cultural como la antigua cuna del Imperio japonés. En nuestro mundo actual en calentamiento, a medida que los antiguos imperios se dan cuenta de las más serias consecuencias de sus revoluciones industriales, Kyoto debe nuevamente lograr un lugar en la historia, en forma más pacífica, como el sitio donde la humanidad se perdonó de niveles desastrosos de cambio climático. La IPCC que nos advierte, también nos da esperanzas, haciendo notar que reducciones significativas en las emisiones son no sólo económicamente, sino técnicamente factibles".

Esperemos que sea así, no es demasiado tarde aún.

Mogens Gallardo, 1997

Universidad de Concepcion

Centro Eula-Chile

Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales

www.cambioclimaticoglobal.com

El fenómeno de la reducción del ozono

Al igual que una infección que se vuelve cada vez más virulenta, el agujero de la capa de ozono, de dimensiones similares a las de un continente, es cada vez más y más grande. Cada año desde finales de la década de 1970, gran parte de la capa protectora de ozono estratosférico situada sobre la Antártida desaparece durante el mes de septiembre, creando lo que popularmente se conoce como el agujero de ozono. Actualmente, el agujero de la Antártida mide alrededor de 9 millones de millas cuadradas (23 millones de kilómetros cuadrados), prácticamente el tamaño de Norteamérica. En otros lugares del planeta también se ha detectado una reducción importante, aunque no tan considerable, de los niveles de ozono. Esta reducción del ozono en la atmósfera permite que una mayor cantidad de radiaciones ultravioletas lleguen a la Tierra, aumentando con ello los casos de cáncer de piel, las lesiones oculares y los daños en las cosechas.

¿Qué es el ozono? ¿Cómo llegaron los investigadores a descubrir el papel que desempeña en la atmósfera de la Tierra y las devastadoras consecuencias de su reducción? El artículo siguiente, que es una adaptación de un artículo del Dr. F. Sherwood Rowland, uno de los pioneros en este campo que compartió el premio Nobel de química en 1995 por su trabajo, trata de responder a éstas y otras preguntas. Para ello, se ha ilustrado de forma detallada el funcionamiento de la ciencia y, en concreto, cómo la investigación básica, motivada por el deseo de comprender la naturaleza, suele conducir a resultados prácticos de gran importancia para la sociedad que no se podían haber anticipado cuando se inició la investigación

El problema

Cada año durante cuatro meses, la estación de investigación McMurdo situada en la Antártida queda sumida en la más absoluta oscuridad. Transcurrido este tiempo, los primeros rayos de luz empiezan a aparecer por el horizonte. Cada día el sol tarda más en ponerse y poco a poco el duro invierno polar va dando paso a la primavera. Con la primavera llega un nuevo tipo de luz a la Antártida, una luz que es más perjudicial que beneficiosa. En esta época en la que todo comienza, el agujero de la capa de ozono se forma de nuevo, permitiendo el paso a través de la atmósfera de las perjudiciales radiaciones ultravioletas.

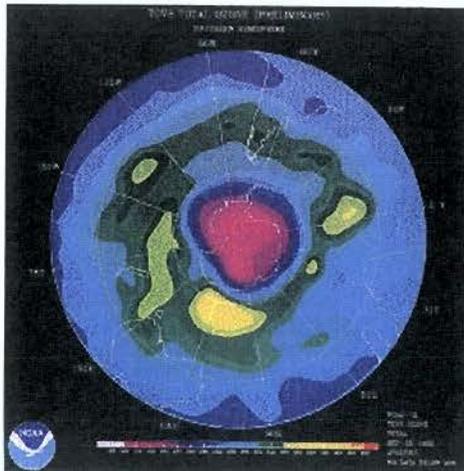


Imagen tomada por satélite el 25 de septiembre de 1995 del agujero de ozono (área rosa) sobre la Antártida.

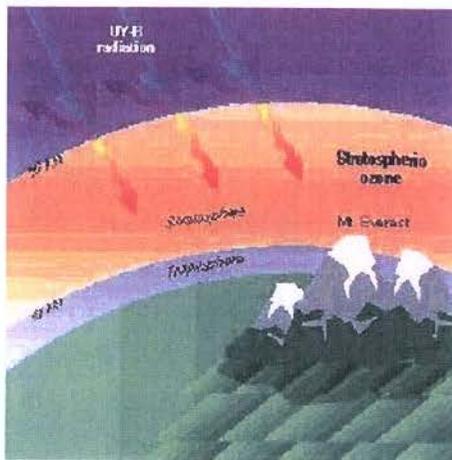
Aunque el agujero sólo dura dos meses, la época en la que se produce no podía ser peor. Al mismo tiempo que la luz solar hace que se reinicie la actividad en plantas y animales hasta entonces aletargados, también es fuente de radiaciones ultravioletas perjudiciales para estos seres. Transcurridas ocho semanas, el agujero deja la Antártida para pasar a zonas más pobladas, entre las que se incluyen Nueva Zelanda y Australia. Esta radiación de alta energía y perjudicial para los seres vivos puede causar cáncer de piel y lesiones oculares, dañar el sistema inmunológico y alterar el delicado equilibrio de ecosistemas enteros.

Aunque hace dos décadas, la mayoría de los científicos se habrían burlado de la idea de que sustancias químicas industriales pudieran destruir el ozono de la atmósfera, hoy en día los investigadores saben que el cloro crea el agujero al destruir las moléculas de ozono. Tras años de investigaciones en tierra, aire y desde satélites se ha identificado de forma concluyente el origen del cloro: los clorofluorocarbonos (CFC), sustancias química de origen artificial que se han utilizado en aerosoles, embalajes de espuma y materiales de refrigeración

Todo sobre el ozono

El ozono es una molécula relativamente simple compuesta por tres átomos de oxígeno conectados entre sí. A pesar de esta sencillez, el ozono puede tener efectos completamente distintos en función del lugar en que se encuentre. Cerca de la superficie de la Tierra, donde el ozono entra en contacto directo con formas de vida, principalmente muestra su lado destructivo. Debido a su gran capacidad de reacción con otras moléculas, una alta concentración de ozono cerca del suelo resulta tóxica para los seres vivos. A mayor altitud, donde se concentra el 90% del ozono de nuestro planeta, desempeña una función esencial al absorber radiaciones ultravioletas. Sin este escudo gaseoso en la estratosfera, las radiaciones perjudiciales pueden llegar sin ningún problema a la Tierra.

Aunque la mayor reducción de los niveles de ozono se produce sobre el Polo Sur debido a la combinación de condiciones meteorológicas y CFC, estas sustancias no se liberan en esta región sino en zonas más al norte, principalmente en Europa, Rusia, Japón y Norteamérica, y juegan un papel fundamental en la disminución de las concentraciones de ozono en todo el planeta.



El ozono estratosférico, que ocupa una región de la atmósfera situada entre 10 y 50 kilómetros por encima de la superficie de la tierra, actúa como escudo frente a las radiaciones ultravioletas dañinas.

La monitorización a nivel mundial ha permitido comprobar una disminución del ozono estratosférico durante al menos dos décadas, con pérdidas del 10% en invierno y primavera y del 5% en verano y otoño en lugares tan diversos como Europa, Norteamérica y Australia. Los investigadores también han detectado una disminución sobre el Polo Norte, y el problema parece empeorar cada año. Según un informe de las Naciones Unidas, la cantidad anual de radiaciones ultravioletas perjudiciales que alcanzan el hemisferio norte ha aumentado un 5 % durante la última década.

Durante los últimos 40 años, se ha podido comprobar un aumento alarmante de los casos de cáncer de piel maligno; el índice actual es diez veces mayor que el alcanzado en la década de 1950. Aunque este aumento no se puede achacar únicamente a la pérdida de ozono y a una mayor exposición a los rayos ultravioletas, se ha demostrado que existe una relación. Los científicos calculan que un descenso del 1% en los niveles de ozono supondrá un incremento del 2 ó 3% en la incidencia de determinados tipos de cáncer de piel.

La llegada de los CFC

Los CFC se inventaron hace aproximadamente 65 años, mientras se buscaba una nueva sustancia que no fuera tóxica y que pudiera actuar como un refrigerante seguro. En poco tiempo, una de estas nuevas sustancias, conocida por la marca comercial Freón de los laboratorios DuPont, sustituyó al amoníaco como fluido refrigerante estándar en sistemas de refrigeración domésticos. Posteriormente, se convirtió en el principal refrigerante utilizado en los sistemas de aire acondicionado de los automóviles.

Durante los años 50 y 60, los CFC se utilizaron para otras muchas aplicaciones diversas: como propelente en aerosoles, en la fabricación de plásticos y como limpiador para componentes electrónicos. Toda esta actividad hizo que el uso de los CFC a nivel mundial se duplicara cada 6 ó 7 años. A principios de la década de 1970, la industria utilizaba aproximadamente un millón de toneladas por año.

A finales de la década de 1960, los científicos todavía no eran conscientes de que los CFC podían afectar a la atmósfera. Esta ignorancia no se debía a una falta de interés sino a una falta de medios. Para la detección de las pequeñas concentraciones de estos compuestos en la atmósfera era necesaria una nueva generación de detectores más sensibles.

Tras desarrollar un detector de estas características, en 1970 el científico británico James Lovelock fue el primero en detectar la presencia de CFC en el aire. Lovelock informó que uno de estos compuestos, el CFC-11, tenía una concentración atmosférica de 60 partes por billón. Para que se puedan hacer una idea, la concentración de metano (gas natural) es 25.000 veces mayor. Veinte años antes, la simple detección de metano se había considerado una gran proeza.

Lovelock detectó CFC-11 en todas las muestras que había tomado del aire que pasaba sobre Irlanda proveniente de Londres. Esto no era sorprendente, ya que la mayoría de las grandes ciudades, entre las que se incluía Londres, utilizaban grandes cantidades de CFC. Sin embargo, Lovelock también detectó CFC-11 en las muestras de aire que se habían tomado directamente en zonas próximas al Atlántico Norte, donde no existía la polución típica de las grandes ciudades.

Este descubrimiento inesperado animó a Lovelock a realizar otros estudios. Para ello, solicitó al gobierno británico una modesta suma de dinero para poder instalar su detector a bordo de un barco que viajaba desde Inglaterra hasta la Antártida. Su solicitud fue denegada; una de las personas que evaluaron su solicitud comentó que incluso en el caso de que esta medición fuera un éxito, no se podía imaginar ninguna otra investigación tan poco útil como la de descubrir la concentración de CFC-11 presente en la atmósfera.

No obstante, Lovelock insistió. Valiéndose de su propio dinero, Lovelock instaló su detector a bordo del buque de investigación Shackleton en 1971. Dos años después, este investigador británico informaba sobre la detección de CFC-11 en cada una de las más de 50 muestras tomadas en el Atlántico Sur y Norte. Lovelock dedujo acertadamente que el gas había sido transportado por movimientos de vientos a gran escala. Lovelock también afirmó que los CFC no eran perjudiciales para el medio ambiente, una conclusión que pronto se demostró que no era correcta.

La pérdida de ozono: sustancias químicas responsables

En 1972, la vida del científico atmosférico F. Sherwood Rowland dio un giro radical tras asistir a una conferencia acerca del trabajo realizado por Lovelock. Al igual que otros investigadores de aquella época, Rowland ni siquiera sospechaba que los CFC pudieran ser perjudiciales para el medio ambiente; sin embargo, la introducción en la atmósfera de grandes cantidades de

compuestos hasta entonces desconocidos atrajo su interés. ¿Cuál podía ser el destino final de estos compuestos? Rowland, junto con Mario Molina, un colega de la Universidad de California, Irvine, decidió averiguarlo.



Mario Molina, del Instituto tecnológico de Massachusetts (MIT).

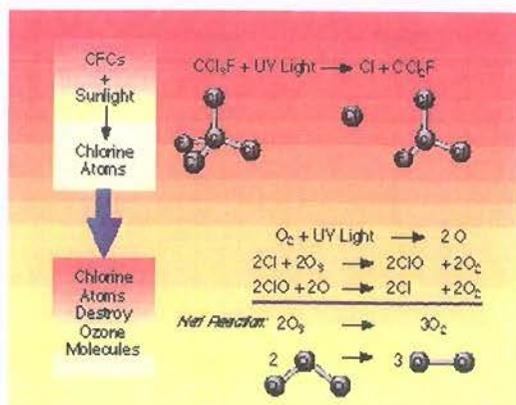
Los científicos demostraron que los CFC permanecían inalterados en las capas inferiores de la atmósfera durante décadas. Los CFC, invulnerables a la luz solar visible, prácticamente insolubles en el agua y resistentes a la oxidación, presentan una sorprendente resistencia en las capas inferiores de la atmósfera. Sin embargo, por encima de las 18 millas (29 kilómetros) de altitud, con el 99% de todas las moléculas de aire por debajo de ellos, los CFC muestran sus debilidades. A esta altitud, las perjudiciales radiaciones ultravioletas de alta energía emitidas por el sol inciden directamente en las moléculas de CFC, descomponiéndolas en átomos de cloro y fragmentos residuales.

Si Rowland y Molina hubieran finalizado su estudio acerca de los CFC con estas conclusiones nadie, a excepción de los científicos atmosféricos, hubiera oído hablar de ello. Sin embargo, el rigor científico requería que los investigadores estudiaran no sólo el destino de los CFC, sino también el destino de los fragmentos moleculares y atómicos altamente reactivos que generaban las radiaciones ultravioleta.

Para el análisis de estos fragmentos, Rowland y Molina se valieron de investigaciones básicas anteriores sobre cinética química, el estudio de la velocidad con que las moléculas reaccionan entre sí y el modo en que se producen estas reacciones. Los científicos habían demostrado que con un simple experimento de laboratorio era posible demostrar la velocidad con la que una reacción concreta tiene lugar, incluso si la reacción implica la interacción de un átomo de cloro con metano a una altitud de 18 millas (29 kilómetros) y una temperatura de -60 grados Fahrenheit (-51 grados centígrados).

Rowland y Molina no tuvieron que realizar ni un solo experimento de laboratorio para conocer la velocidad de reacción de los átomos de cloro. Sólo fue necesario consultar las velocidades registradas por otros científicos. Gracias a las investigaciones básicas realizadas con anterioridad en cinética química, el trabajo de varias décadas se redujo a dos o tres días.

Tras analizar las reacciones pertinentes, los dos investigadores determinaron que la mayoría de los átomos de cloro se combinaban con ozono, un tipo de oxígeno que protege a la Tierra de las radiaciones ultravioletas. Al reaccionar el cloro con el ozono, se forma el radical libre óxido de cloro que, a su vez, pasa a formar parte de una reacción en cadena. Como resultado de dicha reacción en cadena, un solo átomo de cloro puede eliminar hasta 100.000 moléculas de ozono.



Los átomos de cloro provocan la descomposición de dos moléculas de ozono en tres moléculas de oxígeno, en una reacción en cadena en la que los átomos de cloro se regeneran, de forma que continúa la descomposición del ozono.

Lo que Rowland y Molina desconocían es que esa misma reacción en cadena de los átomos de cloro ya había sido descubierta varios meses antes por Richard Stolarski y Ralph Cicerone. En 1974, Rowland y Molina hicieron una predicción inquietante: si la industria continuaba expulsando un millón de toneladas de CFC a la atmósfera cada año, el ozono atmosférico descendería con el tiempo entre un 7 y un 13%.



Paul Crutzen, del Instituto de química Max Planck en Mainz, Alemania. Fotografía cedida por el National Center for Atmospheric Research (Centro nacional de investigaciones atmosféricas)/National Science Foundation (Fundación nacional para la ciencia)

Para empeorar aún más las cosas, otros científicos habían demostrado que otro grupo de compuestos totalmente diferente podía reducir aún más los niveles de ozono. En 1970, Paul Crutzen fue el primero en demostrar que los óxidos de nitrógeno reaccionan de forma catalítica con el ozono, desempeñando un importante papel en el equilibrio natural del ozono. Dado que los microorganismos presentes en la tierra producen óxidos de nitrógeno como consecuencia de procesos de putrefacción, el trabajo de Crutzen ponía de relieve cómo fertilizantes agrícolas ricos en microbios podían provocar una reducción de los niveles de ozono. Su estudio y el de Harold Johnston también se centraban en el efecto de los óxidos de nitrógeno expulsados por los aviones a gran altitud. Estas emisiones también podían reducir los niveles de ozono en la estratosfera.

En estudios anteriores, en los que se investigaba si los gases emitidos por los tubos de escape de aviones supersónicos y otros tipos de aviones de alta velocidad podían ser perjudiciales para el medio ambiente, ya se había empezado a documentar los efectos de la pérdida de ozono. Estos estudios, que se conservaron por el temor que existía hacia estos aviones, volvieron a ser de interés por su relación con una amenaza mucho más real, los CFC y los óxidos de nitrógeno.

Al haber menos ozono en la atmósfera, la cantidad de radiaciones ultravioleta que llega a la Tierra es mayor. Los científicos estimaron que una mayor exposición provocaría un aumento de los casos de cáncer de piel y cataratas, daños en el sistema inmunológico y una disminución del

ritmo de crecimiento de las plantas. Dado que algunos CFC perduran en la atmósfera durante más de 100 años, estos efectos durarían durante todo el siglo XXI.

Puesto que no se podía aceptar un riesgo a tan largo plazo, Rowland y Molina solicitaron que se prohibiera la expulsión de más CFC a la atmósfera. Alertados sobre este peligro claro y real, EE.UU., Canadá, Noruega y Suecia decidieron prohibir a finales de los años 70 el uso de CFC en aerosoles.

Aparece el agujero de ozono

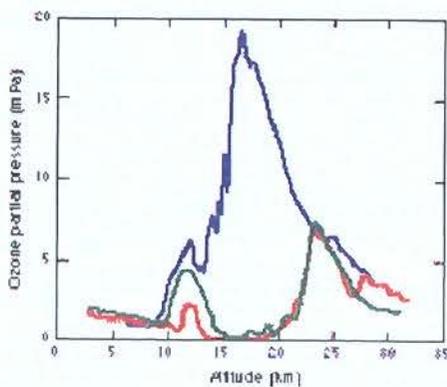
Como después se confirmaría, el problema del ozono resultó ser más grave de lo que Rowland y Molina podían haber imaginado. Las primeras señales que advertían que el problema podía ser más grave no aparecieron hasta finales de la década de 1970, aunque los estudios que dieron lugar a estas conclusiones tuvieron su origen en investigaciones realizadas casi un siglo antes.

En la década de 1880, W.N. Hartley descubrió que una extensa banda de luz ultravioleta alcanzaba la Tierra prácticamente sin obstáculos. La longitud de onda de esta banda, conocida como UV-A, es ligeramente más corta que la de la luz visible normal. La capa de ozono absorbe parte de otra banda ultravioleta, conocida como UV-B, antes de que ésta pueda alcanzar la Tierra. Durante los años 20, G.M.B. Dobson logró medir la proporción de UV-A presente en la luz solar entrante en relación con la proporción de UV-B. De esta manera, determinó por primera vez la cantidad total de ozono presente en la atmósfera.

Dobson esperaba que su estudio diera lugar a un nuevo método de predicción meteorológica. Sin embargo, empezó a interesarse por las variaciones estacionales de las concentraciones de ozono. Uno de los instrumentos que desarrolló, el espectrómetro de Dobson, se ha convertido en el estándar para la monitorización del ozono desde tierra.

El rápido desarrollo de nuevas herramientas científicas tras la segunda Guerra Mundial, muchas de ellas basadas en instrumentos bélicos, hizo que surgieran nuevos estudios de las ciencias de la tierra. En 1957 y 1958, esto dio lugar a un esfuerzo científico a nivel mundial conocido como Año geofísico internacional o IGY (del inglés International Geophysical Year). El IGY motivó que se empezaran a realizar en todo el mundo gran cantidad de investigaciones acerca de los océanos, la atmósfera y zonas del planeta aún sin explorar.

Al monitorizar los niveles de ozono en la región del Polo Sur, los investigadores descubrieron que eran sistemáticamente alrededor de un 35% más altos a finales de la primavera que en invierno. La monitorización anual mostró el mismo patrón estacional durante los últimos años de la década de 1970.



Pérdida de ozono sobre el Polo Sur en 1995 (en verde) comparada con la pérdida de ozono registrada en 1993 (en rojo). La línea azul muestra los valores existentes antes de que comenzara la destrucción de la capa de ozono. Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Pero, en 1978 y 1979, los científicos británicos descubrieron algo diferente. En octubre, mes en el que empieza la primavera en el hemisferio sur, los investigadores detectaron una menor cantidad de ozono de la que se había detectado durante los últimos 20 años. Durante los años siguientes, los niveles de ozono registrados en octubre siguieron disminuyendo.

En 1984, cuando los británicos informaron por primera vez acerca de sus alarmantes descubrimientos, los niveles de ozono registrados en octubre eran alrededor de un 35% más bajos con respecto a la media de los niveles de los años 60. El satélite norteamericano Nimbus-7 confirmó rápidamente estos resultados y el término agujero de ozono antártico pasó a formar parte del idioma común.

Las pruebas se acumulan

A mediados de la década de 1980, los científicos se habían convertido en expertos en la medición de concentraciones de compuestos de cloro en la estratosfera. Algunos científicos realizaban estas mediciones desde tierra, mientras que otros se valían de globos o aviones. En 1986 y 1987, estos científicos, entre los que se incluyen Susan Solomon y James Anderson, establecieron que la pérdida sin precedentes de ozono registrada sobre la Antártida se debía a radicales atómicos de cloro y óxido de cloro.

Al mismo tiempo, las mediciones realizadas en las capas más bajas de la atmósfera reflejaban que los niveles de CFC habían aumentado considerablemente y de forma constante desde las primeras mediciones realizadas por Lovelock en 1970. La conclusión era clara: las principales fuentes de átomos de cloro responsables de la destrucción del ozono sobre la Antártida eran los CFC, junto con otros dos agentes contaminantes, los disolventes industriales metilcloroformo y tetracloruro de carbono.

Cualquier posible duda acerca del papel desempeñado por los CFC quedó disipada tras conocer los datos obtenidos por uno de los satélites de la NASA. Los datos recopilados durante los tres últimos años por el satélite UARS revelaron la existencia de estos compuestos en la estratosfera. Además, este satélite realizó un seguimiento de la acumulación a nivel mundial de gases de flúor en la estratosfera, un producto derivado de los CFC. El equilibrio cuantitativo de CFC y sus productos derivados elimina cualquier posibilidad de que el cloro procedente de erupciones volcánicas o cualquier otra fuente natural sea el responsable del agujero de ozono.

El resultado: se ha evitado una posible catástrofe

Las investigaciones realizadas acerca del ozono y la atmósfera durante los últimos 40 años han llevado a la prohibición global de la producción de CFC. Desde 1987, más de 150 países ratificaron un acuerdo internacional, el Protocolo de Montreal, cuyo propósito era el de reducir gradualmente los niveles de CFC expulsados a la atmósfera de forma que la cantidad anual añadida a la atmósfera en 1999 fuera la mitad de la añadida en 1986. En modificaciones posteriores de este tratado se solicitó la prohibición total de los CFC, medida que entró en vigor en enero de 1996. A pesar de esta prohibición, el cloro procedente de los CFC seguirá acumulándose en la atmósfera durante otra década. Es posible que haya que esperar hasta mediados de este siglo para que se vuelvan a alcanzar en la Antártida los niveles de ozono de los años 70.

Desde una perspectiva más global, se espera que la reducción de los niveles de ozono continúe durante varias décadas pero, gracias a las investigaciones que permitieron detectar a tiempo el problema y las medidas que se han tomado para afrontarlo, las posibles consecuencias serán menos graves de lo que podrían haber sido.

Los científicos estiman, por ejemplo, que si las investigaciones sobre química estratosférica no se hubieran llevado a cabo durante el período de tiempo en el que se descubrió (1985) y confirmó (1986) la existencia del agujero de ozono, la reducción del ozono global, de un 4% en la actualidad, habría alcanzado aproximadamente un 10% en el año 2000. Se habría detectado una reducción aún mayor del ozono sobre Estados Unidos y Europa Oriental, que excedería significativamente los valores actuales de alrededor de un 10% en invierno y primavera y un 5% en verano y otoño.

Estas pérdidas aún mayores se han podido evitar gracias a los avances realizados en el campo de las ciencias atmosféricas, que permitieron explicar las reacciones químicas que tienen lugar en la capa de ozono. Estos conocimientos también permitieron tomar una serie de decisiones políticas y reguladoras bien fundamentadas.

En 1995, la Real Academia Sueca de las Ciencias concedió el premio Nobel de química a Rowland, Molina y Crutzen por su trabajo acerca de "la sensibilidad de la capa de ozono a la influencia de emisiones antropogénicas de determinados compuestos". La Academia además declaró que, al explicar los mecanismos químicos que afectan al grosor de la capa de ozono, "estos tres investigadores han contribuido a nuestra salvación frente a un problema medioambiental global que podía haber tenido consecuencias catastróficas".



F. Sherwood Rowland, de la Universidad de California, Irvine, recibiendo el premio Nobel de química en 1995.

A medida que los legisladores y la sociedad se vayan enfrentando a nuevos retos en esta batalla por proteger el medio ambiente, se basarán cada vez más en investigaciones básicas para abrir nuevas perspectivas y sugerir nuevas soluciones para estos acuciantes problemas.

Cronología

Esta cronología muestra la serie de eventos que llevaron a la predicción del fenómeno de la reducción del ozono, el reconocimiento de sus consecuencias y las acciones posteriores que se llevaron a cabo para evitar un desastre. Contiene numerosos ejemplos de cómo las investigaciones básicas contribuyen con frecuencia a la obtención de resultados inesperados de enorme valor para la sociedad.

1840

Christian Friedrich Schönbein identifica el ozono como uno de los componentes de las capas más bajas de la atmósfera y le asigna un nombre.

1881

W.N. Hartley identifica el ozono como la sustancia que absorbe las radiaciones ultravioletas emitidas por el sol de longitudes de onda inferiores a 290 nanómetros. También demuestra que el ozono se encuentra principalmente a gran altitud.

1913-1932

C. Fabry y M. Buisson demuestran que es posible medir la cantidad total de ozono en una columna vertical de la atmósfera y que es igual (en unidades modernas) a 300 unidades Dobson.

1924

G.M.B. Dobson realiza en Oxford un programa regular de mediciones del ozono para el que utiliza el espectrofotómetro que acaba de desarrollar.

1930

Sydney Chapman explica cómo la luz solar, al incidir en el oxígeno molecular de la atmósfera, genera ozono.

1957

Como parte del Año geofísico internacional, cuatro o cinco estaciones de investigación situadas en la Antártida empiezan a realizar de forma regular mediciones del ozono.

1970

Los satélites Nimbus comienzan a realizar mediciones del ozono.

1970

James Lovelock utiliza su detector de captura de electrones para medir los clorofluorocarbonos (CFC).

1973

Richard Stolarski y Ralph Cicerone descubren la reacción en cadena del cloro estratosférico.

1974

F. Sherwood Rowland y Mario Molina descubren que los CFC pueden destruir el ozono de la estratosfera.

1976

La Academia Nacional de las Ciencias publica un informe en el que se confirman las conclusiones de Rowland y Molina.

1976

La Food and Drug Administration y la Environmental Protection Agency anuncian la retirada progresiva de los CFC en aerosoles.

1978

Se prohíbe el uso de CFC en aerosoles en Estados Unidos.

1984

Un equipo de investigadores británicos dirigidos por Joseph Farman detecta una pérdida de ozono del 40% sobre la Antártida durante la primavera en el hemisferio sur.

1985

Los datos obtenidos por los satélites de la NASA confirman la existencia del agujero de ozono sobre la Antártida.

1987

Se firma el Protocolo de Montreal, en el que se pide una reducción de los niveles de CFC a nivel mundial en un 50%.

1988

EE.UU. ratifica el Protocolo de Montreal de forma unánime.

1988

Varios científicos presentan los primeros datos sobre un agujero en la capa de ozono sobre el Ártico.

1995

F. Sherwood Rowland, Mario Molina y Paul Crutzen reciben el Premio Nobel por su trabajo en química atmosférica.

1996

Entra en vigor la prohibición de producción industrial de CFC.

Créditos

*Este artículo es una adaptación de Ron Cowen de un artículo elaborado por el Dr. F. Sherwood Rowland para **Beyond Discovery® :The Path from Research to Human Benefit** [Más allá del descubrimiento: El camino desde la investigación hasta el beneficio humano], un proyecto de la National Academy of Sciences (Academia Nacional de las Ciencias).*

La Academia, con sede en Washington, D.C., es una sociedad de distinguidos eruditos comprometidos con la investigación científica y de ingeniería, dedicada al uso de la ciencia y la tecnología para el bienestar común. Durante más de un siglo, la Academia ha proporcionado asesoramiento científico objetivo e independiente a la nación.

Reducir emisiones

A continuación te ofrecemos unas fichas que te indicarán cómo puedes reducir tus emisiones de CO₂, tanto en el ámbito doméstico como en la oficina.

Además, en la mayoría de ellas se aportan datos numéricos que te permitirán contabilizar estas reducciones.

- **Cambiar de hábitos**
- **Consumo de papel en el hogar**
- **Correcta gestión de los residuos**
- **El aire acondicionado**
- **El modo standby en los equipos electrónicos**
- **El transporte por carretera**
- **Iluminación**
- **La calefacción y agua caliente sanitaria**
- **La etiqueta de clasificación energética**
- **Un verano con menos emisiones de CO₂**

CAMBIAR DE HÁBITOS

Una parte del consumo doméstico y, por tanto, de las emisiones de CO₂ asociadas al mismo, podría ser fácilmente reducido sin más que adoptar algunos buenos hábitos:

- No dejar las luces encendidas de las habitaciones sin estar en ellas.
- Apagar el ordenador cuando no vaya a ser utilizado.
- Utilizar bombillas eficientes en puntos de muchas horas de utilización.
- Seleccionar una temperatura adecuada para la calefacción (21º suelen ser suficientes).
- Ducharse en lugar de bañarse.
- Utilizar la lavadora y el lavavajillas cuando estén completamente llenos. Secar la ropa al sol en lugar de usar secadora.

¿Sabías que...?

- Dejar las luces (incandescentes) de una habitación encendidas durante 2 horas equivale a emitir entre 60 y 100 gramos de CO₂ a la atmósfera.
- Por cada grado que aumentas la temperatura de la calefacción puedes llegar a aumentar el consumo de energía en un 5 a 7 por ciento y, por tanto, en la misma proporción las emisiones de CO₂ derivadas de dicho consumo.
- Ducharse en lugar de tomar un baño puede ahorrar al año alrededor de 270 kg de CO₂ anuales emitidos a la atmósfera.
- Descongelando los productos dentro del frigorífico, evitarás el consumo del horno o microondas para descongelar y además reaprovechas parte de la energía que has utilizado previamente para congelar tus productos.
- Lavar la vajilla en el lavavajillas puede suponer un ahorro energético de hasta el 60 por ciento frente a lavar a mano.
- El consumo medio doméstico de una familia española es causante de alrededor de 5 toneladas de CO₂ anuales.
- Hasta el 90 por ciento del consumo de una lavadora puede derivarse del calentamiento del agua de lavado.

CONSUMO DE PAPEL EN EL HOGAR

El avance en la informática, las nuevas tecnologías de comunicación, el progreso tecnológico en general, no ha contribuido a disminuir el consumo de papel en los países industrializados. Actualmente en España, se consume una media de 160 kg de papel por habitante y año.

Cada tonelada de papel que se recicla evita que se talen 3,14 toneladas de árboles y se consuman algo más de 0,5 toneladas equivalentes de petróleo. Además, teniendo en cuenta el ciclo total de fabricación, la incorporación de fibras recicladas en lugar de la utilización de fibras vírgenes, supone emitir un total de 1,5 toneladas de CO₂ equivalente menos por cada tonelada de papel producida.

Si quieres contabilizar las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por el uso de papel reciclado, utiliza la siguiente información:

- En el proceso total de obtención de 1 tonelada de papel reciclado, contando desde la recogida de residuos hasta la distribución de producto, se emiten alrededor de 1,8 toneladas de CO₂ equivalente.
- Existen diferentes tipos de papel reciclado en función de la cantidad de fibra reciclada utilizada. Existen los 100 por ciento reciclados, pero también con menor porcentaje, por lo que deberás tenerlo en cuenta en tus cálculos.

Además, adquiere papel que para cuya fabricación no haya sido utilizado cloro, dado su mayor impacto medioambiental sobre las aguas.

CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

Toda actividad humana, incluso la desarrollada en el ámbito doméstico, genera una gran cantidad de residuos. A la generación de residuos se encuentra asociada la emisión de gases de efecto invernadero. Esto sucede, bien de manera directa, en vertederos (emisión de metano y dióxido de carbono por la descomposición de materia orgánica o por la liberación de gases refrigerantes de frigoríficos y otros aparatos de frío) o bien indirectamente (en procesos de incineración, de tratamiento, de reciclado o de recuperación). Además, muchos residuos poseen valor como materia prima para la obtención de nuevos productos, evitando así el consumo de recursos naturales, de modo que su no aprovechamiento también genera de manera indirecta emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de las actividades de obtención de materias primas.

Por este motivo, segregar en casa el vidrio, el papel y cartón, envases y en los lugares donde se recoja separadamente, la basura orgánica, permite ahorrar importantes cantidades de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. También otros residuos como electrodomésticos al final de su vida útil, muebles, pilas, equipos electrónicos, deben ser entregados en alguno de los puntos limpios con los que cuente tu lugar de residencia.

¿Sabías que...?

- El ciclo completo de fabricar una botella a partir de vidrio reciclado consume alrededor de 1,7 veces menos energía que a partir de materias primas vírgenes y genera 2,6 veces menos emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero?
- Producir papel a partir de pasta de papel reciclado produce 1,6 veces menos emisiones de gases de efecto invernadero que a partir de fibras vírgenes. Además, una tonelada de papel producido a partir de 100 por ciento fibras recicladas, evita la tala de 3,14 toneladas de árboles.
- 1 tonelada de basura orgánica permite recuperar en forma de energía eléctrica alrededor de 160 kWh, el equivalente al consumo de una bombilla de 50 W en dos años, a partir de la combustión de metano originado en la degradación de la materia orgánica. Aprovechando esta energía, se dejarían de emitir 72,6 kg de CO₂ a la atmósfera producidos en la generación de la misma cantidad de energía eléctrica. Además se evita que llegue a la atmósfera el metano producido en la descomposición, otro potente gas de efecto invernadero.
- Es muy fácil fabricar tu propio compost a partir de basura orgánica en el caso de que poseas jardín. Para conocer al detalle cómo hacerlo, puedes consultar estos links:
 - <http://www.conama.cl/rm/568/article-1092.html>
 - <http://www.planthogar.net>
- Fabricar una lata de bebida a partir de aluminio virgen consume 2,25 veces más energía que a partir de aluminio reciclado y las emisiones de gases de efecto invernadero se incrementan en el mismo factor.
- Un español produce en promedio 1,3 kilos de basura doméstica diaria, de los cuales el 50 por ciento está formada por envases de productos que van a parar a vertederos. Los procesos de fermentación de la materia orgánica contenida en la basura doméstica diaria, originan, por procesos de fermentación, unos 650 kilos de CO₂ equivalente anuales.
- 1 tonelada de metano originado en nuestros vertederos por descomposición de la materia orgánica equivale a 21 toneladas de dióxido de carbono.

EL AIRE ACONDICIONADO

Aunque actualmente sólo el 12 por ciento de los hogares españoles cuenta con aparatos de aire acondicionado, en los últimos años ha disparado la compra de estos equipos.. El consumo derivado de su uso se concentra, como es lógico, en los meses de verano. Por este motivo, representa sólo el 1 por ciento respecto al total eléctrico anual doméstico. Pero no por ello deben descuidarse algunos aspectos que ayudan a reducir el consumo energético derivado de su uso:

- **La regulación de la temperatura:** por cada grado adicional que se desee bajar la temperatura del hogar, el consumo de electricidad, y por tanto, las emisiones de CO2 pueden suponer un aumento de hasta el 10 por ciento. Para hogares, una temperatura adecuada está entre 24 y 25° C. Además, ten en cuenta que la función de ventilación produce una sensación de descenso de temperatura de hasta 3° C. En ambientes de trabajo es importante regular convenientemente las diferentes áreas. Así, pasillos, puestos de trabajo de oficina o zonas de descanso no requieren de tanto "frío" como en puestos de trabajo donde se realice actividad física.
- **Un equipo de frío adecuado a las necesidades reales:** el sobredimensionamiento de equipos de frío se traduce en un mayor consumo energético. Además, no se obtienen las condiciones de confort idóneas. Por otra parte, según el IDAE, para unas mismas prestaciones de frío, existen equipos que pueden consumir hasta un 50 por ciento menos, por lo que es muy recomendable que a la hora de la compra informarse sobre su clasificación energética.
- **La instalación de elementos aislantes** como burletes, cristales dobles, etc. puede ahorrar hasta un 10 por ciento tanto en verano como en invierno. La colocación de toldos y elementos que bloqueen la entrada de rayos solares permite ahorrar hasta un 20 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el uso de equipos de aire acondicionado.

Por otra parte, deben gestionarse correctamente los equipos de aire acondicionado que han finalizado su vida útil. Muchos de ellos aún cuentan con gases refrigerantes que dañan la capa de ozono o son gases de efecto invernadero, como el R134a. Éste último tiene un efecto sobre el fenómeno de cambio climático 1300 veces superior al CO2, lo que quiere decir que el efecto de un gramo de este gas equivale al efecto producido por 1,3 kilos de CO2. Por eso, cuando tengas que deshacerte de ellos, utiliza los puntos limpios de recogida de residuos.

EL MODO STANDBY EN LOS EQUIPOS ELECTRÓNICOS

El desarrollo tecnológico de nuestra sociedad nos trae a los hogares cada vez más aparatos que nos permiten vivir de una manera cómoda y confortable. No obstante, una característica que ya va siendo bastante común a todos ellos es que estos equipos simplemente por estar enchufados a la red consumen energía aún sin llevar a cabo la función para la que han sido diseñados. El modo de funcionamiento denominado Stand by, hace posible, por ejemplo, el poder encender la televisión o el vídeo con el mando a distancia, mostrar la hora en el microondas, encender el ordenador con una llamada de teléfono, etc.

En la siguiente tabla se recogen los consumos de diferentes aparatos electrónicos funcionando en modo Stand by y las correspondientes emisiones de CO2:

EQUIPO	CONSUMO (W)	ENERGÍA CONSUMIDA DIARIA (Wh)	Equivalente en kg CO2 emitidos anualmente
Estabilizadores de tensión	15,7	376	62,4
DVD	15	345	57,2
Vídeo	12	276	45,7
Horno	14,5	333	55,3
Vitro inducción	13,2	303	50,3
Decodificadores	11	231	38,3
Teléfonos inalámbricos	8,7	208	34,6
Monitor	6,9	138	22,9
Módem	7,1	142	23,5
TV	6,4	121	20,2
Contestador	4,6	110	18,3
Cargador de baterías	5,1	10	1,7

Según un estudio realizado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), en España existe una potencia demandada total a la red eléctrica de alrededor de 300 MW por los equipos que se encuentran en modo de funcionamiento Standby, lo que equivale a un consumo de 2,6 millones de MWh al año, es decir, un nada desdeñable 1,6 por ciento del consumo eléctrico total español.

Colocar regletas de conexión con interruptor general permite desconectar de una sola vez muchos aparatos que, de otro modo, probablemente dejaríamos enchufados y consumiendo una cantidad de energía no despreciable. Informarse a la hora de comprar un producto de la potencia consumida en modo Stand by puede ser también útil.

EL TRANSPORTE POR CARRETERA

En España se calcula que el 50 por ciento de los trayectos por ciudad se realizan en vehículos propios, y sólo el 37 por ciento en transporte público. Las emisiones derivadas del uso de vehículos de transporte por carretera se estima que suponen un 48 por ciento del total de emisiones causadas por el consumo de energía final. No obstante, no todos los vehículos emiten en similares cantidades. De hecho, como se puede ver en la tabla a continuación, el uso del autobús en trayectos cortos de ciudad supone emitir algo menos de la tercera parte que un automóvil de tamaño medio que consume gasolina.

Un lugar de honor en esta tabla, lo ocupa un vehículo que cada vez va cobrando más importancia en nuestras ciudades, la bicicleta. Lógicamente, se trata de un vehículo de emisión cero..

Medio transporte	Combustible	Hipótesis	kg CO2 anuales
Coche ¹	Gasolina		915
	Diesel	Trayecto ciudad	650
Bus	Diesel	10-15 km	270
Metro	Eléctrico		395

Pero si después de todo, aún sigues escogiendo el uso del automóvil, debes saber que desde el año 2002, por el Real Decreto 837/2002, a la hora de vender un coche existe la obligatoriedad de informar sobre su consumo y emisiones de CO2, tanto si se trata de un coche nuevo como de segunda mano.

La página Web de IDAE (www.idae.es) ofrece una importante base de datos de búsqueda, con información sobre consumos, emisiones y otras prestaciones a la hora de adquirir un vehículo nuevo.

¿Sabías que...?

- Conducir por carretera con las ventanas abiertas puede aumentar el consumo en un 5 por ciento.
- Un abuso del aire acondicionado en el coche puede significar un aumento de consumo hasta del 20 por ciento.
- Alrededor del 45 por ciento de los trayectos por ciudad cubren distancias menores de 3 km.
- Cada litro de gasolina que se quema emite a la atmósfera 2,3 kg de CO2 y 2,7 kg por cada litro de diésel.
- Conducir con los neumáticos con 0,3 bar por debajo del especificado por el fabricante, aumenta el consumo en un 3 por ciento.
- Una conducción eficiente, con un correcto mantenimiento y sin realizar una conducción brusca, puede ahorrar hasta un 15 por ciento de combustible, ¡y sin disminuir la velocidad media!. Puedes descargar el manual de conducción eficiente en <http://www.idae.es/central.asp?a=p44#>

¹ Valores para coche de cilindrada media, 1700 y 2100 cc

ILUMINACIÓN

Hoy en día no hace falta vivir a oscuras o utilizar velas para reducir de una manera importante el consumo en iluminación, que puede significar hasta el 7 por ciento del consumo eléctrico total en los hogares.

Con la llegada al mercado de las bombillas fluorescentes compactas, el consumo puede reducirse hasta la quinta parte. Aunque son más caras que las bombillas incandescentes tradicionales, lo cierto es que para períodos de encendido a partir de 3,5 horas diarias, el coste de inversión de estas bombillas se rentabiliza en un año.

El éxito de estas bombillas se basa en que para una misma intensidad lumínica, la potencia eléctrica necesaria es menor. Además la calidad cromática es excelente y también ofrecen distintas temperatura de color de luz (luz blanca o luz de color más cálido). A continuación te ofrecemos las equivalencias que te permitirán sustituir las bombillas tradicionales por bombillas de bajo consumo:

Bombilla incandescente tradicional	Bombilla fluorescente compacta electrónica equivalente	Ahorro eléctrico anual (kWh)	Disminución de emisiones de CO2 (kg/año)
100 W	20 W	93,4	42,4
75 W	15 W	70,1	31,8
60 W	11 W	57,2	26,0
40 W	7 W	38,5	17,5
25 W	5 W	23,4	10,6

¿Sabías que el consumo energético y, por tanto, las emisiones equivalentes de dióxido de carbono de una bombilla de bajo consumo, equivalente a una tradicional de 60 W, es equiparable al de un video por el simple hecho de estar enchufado a la red ?

LA CALEFACCIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA

La calefacción y el consumo en ACS (Agua Caliente Sanitaria) representa de media el 66 por ciento del consumo total energético en el hogar, o lo que es lo mismo, alrededor de 2 toneladas anuales de CO2 emitidas directamente por el consumo de combustibles de origen fósil. Por ello, pequeñas acciones que permitan disminuir este consumo se traducen en importantes ahorros totales finales:

- Colocar burletes adhesivos en puertas y ventanas permite ahorrar hasta un 10 por ciento de energía
- Una temperatura de confort media se sitúa entre 21 y 23 °C. Mantener una temperatura nocturna de entre 15 y 17 °C es suficiente. Ten en cuenta que aumentar un grado la temperatura puede significar entre un 5 y un 7 por ciento más de consumo
- Ducharse en lugar de tomar un baño, además de un considerable ahorro en agua, se traduce en una diferencia en emisiones de CO2 anuales cercana a los 300 kg de CO2

La utilización de energía solar térmica por medio de acumuladores permite un ahorro de consumo para ACS considerable, pudiendo llegar a suplir totalmente el consumo de electricidad o de combustibles fósiles para su producción y traduciéndose en un ahorro de 150 a 270 kg de CO2 anual por persona (dependiendo de la tecnología con la que se compare). Infórmate, ya que en muchas comunidades autónomas y ayuntamientos se está subvencionando a este tipo de instalaciones.

LA ETIQUETA DE CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA

Desde 1994, cuando se transpuso en España la Directiva comunitaria, algunos productos de uso doméstico puestos en el mercado tales como frigoríficos, congeladores, secadoras, lavavajillas y lámparas de uso doméstico (actualmente se está ampliando la lista), deben contar con una etiqueta de calificación energética.

Así se clasifican los equipos de la A, muy eficiente, a la G, el menos eficiente. Aunque el precio no es el mismo para todos ellos, y éste aumenta, como es lógico, con la eficiencia, lo habitual es que durante la vida útil del aparato, se recupere, y de manera significativa, el coste adicional por invertir en mayor eficiencia.

No olvide informarse antes de adquirir un nuevo electrodoméstico. De la misma manera que antes de comprarse un coche, usted pregunta por el consumo del mismo, cuando compre un electrodoméstico, además de las prestaciones que le ofrece el producto, pregunte por su calificación energética. Tenga en cuenta que, un mayor consumo de energía, además de significar más emisiones de CO₂ a la atmósfera, supone un mayor gasto en la factura eléctrica. Algunas comunidades, incluso subvencionan la compra de equipos eficientes, como es el caso de Mallorca o La Rioja.

UN VERANO CON MENOS EMISIONES DE CO₂

Llega el verano y con él nuestras vacaciones. Pero no por ello tenemos que dejar de preocuparnos por nuestro impacto sobre el clima.

La mayoría nos escapamos de nuestros lugares de residencia habitual, salimos de la rutina, pero antes de irte de vacaciones deberías saber que:

- El avión es el medio de transporte más contaminante. La tasa de emisión de gas de efecto invernadero por pasajero y kilómetro puede llegar a ser hasta 10 veces superior a la del tren o el autobús.
- Si te decides a coger el coche, recuerda que puedes ahorrar hasta un 25[%] en consumo de combustible si conduces de una manera eficiente. Evitar aceleraciones bruscas, mantener las ventanillas cerradas, tener una presión adecuada en los neumáticos, llevar una velocidad moderada, etc. son algunos de los consejos para una conducción segura y eficiente que aparecen en el manual de conducción eficiente publicado por el IDAE y que te invitamos a que consultes. Por supuesto, un ahorro en el consumo de un 25[%] supone la misma reducción en emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- Si es la naturaleza el lugar de escapada escogido, ten especial atención a los residuos generados y a la hora de hacer fuego. España sufrió en el 2004, una pérdida de 107.000 has de superficie forestal por incendios. Si tenemos en cuenta que por cada ha quemada, se pueden emitir entre 100 y 200 toneladas de CO₂, tendremos que el año pasado se emitieron hasta 20 millones de toneladas de este gas de efecto invernadero por culpa de los incendios.

Ya estás preparado, pero antes de salir de casa:

- No olvides desenchufar todos los aparatos electrónicos. ¿Sabías que el consumo en modo Standby, puede significar hasta el 10[%] de la factura eléctrica?. Sobre todo el vídeo, el DVD, la televisión, los decodificadores y los cargadores de móviles son los principales culpables de este consumo innecesario.
- Si te vas por más de dos semanas, sería buen momento para realizar la limpieza de la nevera y el congelador, de esta manera puedes dejarlos desconectados y evitar el consumo y la emisión innecesaria de CO₂. Recuerda que este electrodoméstico supone el 21[%] del consumo eléctrico del hogar.

Y si has decidido quedarte en casa este verano, te proponemos los siguientes consejos de reducción de emisiones por el uso de la climatización sin que ello suponga una pérdida de confort:

- Usa de manera eficiente el aparato de aire acondicionado. Una temperatura de 25°C es más que suficiente para tener un hogar confortable. Cada vez que disminuimos 1 grado la temperatura, estamos incrementando el consumo en un 10[%], y en la misma cantidad las emisiones derivadas del uso de este electrodoméstico.
- La función de ventilación del aparato de aire acondicionado por sí sola, o el uso de ventiladores, es capaz de reducir hasta 3 grados la sensación térmica.
- Aprovecha las noches para ventilar y refrescar el hogar
- Haz buen uso de sistemas pasivos de protección frente a la radiación solar: toldos, persianas, cortinas y ventanas.

Recuerda que siempre es un buen momento para cambiar de hábitos sin perder en confort y que pueden traducirse en un ahorro en la factura y en el impacto al clima.

www.ceroco2.org