

UNIVERSIDAD LATINOAMERICANA DE

CIENCIA Y TECNOLOGIA

ULACIT

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE EMPRESAS

MBA

Presentado por:

Panamá, 13 de diciembre de 2000

INTRODUCCIÓN

La vida en la Tierra ha sido protegida durante millares de años por una capa de veneno vital en la atmósfera. Esta capa, compuesta de ozono, sirve de escudo para proteger a la Tierra contra las dañinas radiaciones ultravioleta del Sol. Hasta donde se sabe, es exclusiva de nuestro planeta. Si desapareciera, la luz ultravioleta del Sol esterilizaría la superficie del globo y aniquilaría toda la vida terrestre.

El ozono es una forma de oxígeno cuya molécula tiene tres átomos, en vez de los dos del oxígeno común. El tercer átomo hace que sea venenoso, mortal, si se aspira una pequeña porción de esta sustancia por un período corto. El ozono es un gas inestable y puede ser destruido por los compuestos naturales que contienen nitrógeno, cloro e hidrógeno.

Cerca de la superficie de la Tierra (la tropósfera), el ozono es un contaminante que causa muchos problemas; forma parte del smog foto-químico y del coctel de contaminantes que se conoce popularmente como la lluvia ácida. Pero en la seguridad de la estratósfera, de 15 a 50 km sobre la superficie, el gas azulado y de olor fuerte es tan importante para la vida como el propio oxígeno.

De lo anterior se desprende que la capa de ozono que está arriba de la Tierra contiene muchas toneladas de este gas; y se sabe que cambia su espesor dependiendo de la estación del año, hora del día y temperatura prevaleciente.

Estudios realizados al medir la cantidad de rayos ultravioleta que caen sobre la tierra, en áreas donde supuestamente la capa de ozono ha disminuido, no han encontrado evidencia de que éstos hayan aumentado.

LA CAPA DE OZONO

Desde el punto de vista humano, la atmósfera es importante porque es donde se crea el clima. Las condiciones atmosféricas son muy complejas, pero uno de los hechos más impresionantes es la variación en la temperatura a grandes altitudes. Después de caer a -75°F a 26 kilómetros, se eleva, justo por debajo de 60 kilómetros hasta una temperatura muy cercana al punto de ebullición del agua. A aproximadamente 80 kilómetros cae a -30°F ; a 100 kilómetros, está en cero y es más caliente arriba. La inversión de temperatura está probablemente asociada con la capa de ozono.

El ozono (O_3), la molécula de tres oxígenos, ocupa una capa atmosférica de 10 a 30 millas hacia arriba de la superficie de la Tierra (de 17 a 50 kilómetros). Su importancia se basa en el hecho de que absorbe de manera casi completa la luz ultravioleta.

La capa de ozono protege la vida en este planeta separando por filtración mucha de la dañina radiación ultravioleta del sol y ayuda a conservar el clima del planeta. La capa de ozono ayuda a mantener a la tierra cómoda y segura.

Se mantiene una abundancia de ozono debido a un delicado equilibrio entre producción, desplazamiento y eliminación. El ozono es producido por la luz solar en los trópicos y desplazado a las regiones polares. Entre ambas, se reduce en una cierta cantidad en los torbellinos de circulación atmosférica que ocurren en invierno y en primavera.

También de importancia (y muy estudiada), sin embargo, es la eliminación química del ozono debida a ciclos catalizados por el cloro, que ocurren en las regiones polares durante el invierno y la primavera. Esta actividad se origina en las nubes polares estratosféricas (PSC), en nubes de ácido nítrico sólido y hielo formadas durante los extremadamente fríos inviernos sobre los polos. Aunque estas nubes ya son familiares para los científicos, su comportamiento químico ha sido revelado solamente a partir de fines de los años ochenta.

Las reacciones químicas en la superficie de las partículas de la nube cambian el cloro de estado inactivo a activo, con lo que se cataliza la eliminación del ozono. Un indicador de esta actividad es la formación de concentraciones crecientes de monóxido de cloro (ClO), que persiste una o dos semanas después de haber ocurrido la acción catalítica de las nubes (PSC). Esto, a su vez, está asociado con temperaturas bajas, formadoras de nubes. La acción se inicia en diciembre conforme la atmósfera se enfría lo suficiente para que se formen los PSC, y continúa durante enero, procesando la mayor parte del aire del vortex y eliminando el ozono. Al llegar febrero el calentamiento del aire en el vortex hace que los PSC desaparezcan. No ha aparecido ningún agujero en la capa de ozono en el ártico, dado que el calentamiento del aire en el vortex ocurre antes que llegue suficiente luz solar para la eliminación catalítica del ozono.

Los estudios y datos reunidos en otras regiones de la Tierra son motivo de controversia, en función de la complejidad de los eventos atmosféricos a lo largo del tiempo. Los estudios actuales indican que la reducción del ozono está ocurriendo y va en incremento, y no necesariamente está confinada a las regiones polares del globo. Los compuestos del cloro, como los CFC utilizados como refrigerantes, son los culpables. Aunque en la atmósfera son muy estables, son disgregados por la luz ultravioleta en fragmentos moleculares que destruyen al ozono.

UN ESCUDO

Por medio de procesos atmosféricos naturales, las moléculas de ozono se crean y se destruyen continuamente. Las radiaciones ultravioleta del Sol descomponen las moléculas de oxígeno en átomos que entonces se combinan con otras moléculas de oxígeno para formar el ozono. Éste, forma un frágil escudo, en apariencia inmaterial pero muy eficaz. Está tan esparcido por los 35 km de espesor de la estratósfera que si se lo comprimiera formaría una capa en la superficie de la tierra del espesor de la suela de un zapato.

La concentración del ozono estratosférico varía con la altura, pero nunca es más de una cien milésima parte de la atmósfera en que se encuentra. Sin embargo, este filtro tan delgado es suficiente para bloquear casi todas las dañinas radiaciones ultravioleta del Sol. Cuanto menor es la longitud de onda de la luz ultravioleta, más daño puede causar a la vida, pero también es más fácilmente absorbida por la capa de ozono.

La radiación ultravioleta de menor longitud de onda, conocida como UVC, es letal para todas las formas de vida y es bloqueada casi por completo. La radiación UVA, de mayor longitud, es relativamente inofensiva y pasa casi en su totalidad a través de la capa. Entre las dos está la UVB, menos letal que la UVC, pero peligrosa; la capa de ozono la absorbe en su mayor parte.

Cualquier daño a la capa de ozono aumentará la radiación UVB. Sin embargo, esta radiación está también limitada por el ozono troposférico, los aerosoles y las nubes. El aumento de la contaminación del aire en las

últimas décadas ha ocultado cualquier incremento de la radiación, pero ésta salvaguardia podría desaparecer si los esfuerzos para limpiar la atmósfera tienen éxito. Se han observado aumentos bien definidos de la radiación UVB en zonas que experimentan períodos de intensa destrucción del ozono.

EL AGUJERO DE LA ANTARTIDA

Cada año, durante la primavera del Hemisferio Sur (septiembre a noviembre), el nivel de ozono disminuye en la Antártica por acción del cloro y del bromo presentes en la estratósfera. Esto es lo que conocemos comúnmente como el agujero en la capa de ozono.

A pesar de que el 90% de las emisiones se hacen desde países del Hemisferio Norte, el agujero se observa en el Polo Sur, debido a que gran parte de estos gases se desplazan hasta la Antártica por efecto de los vientos. Además, las condiciones meteorológicas exclusivas de la zona favorecen la creación del agujero, ya que durante el invierno se crea una masa aislada de aire muy frío con nubes de -80°C que retienen el cloro y el bromo. Con el retorno de la primavera al descongelarse las nubes, se liberan estos elementos para reaccionar con el ozono. En octubre de 1998 las mediciones indicaron que el agujero era tan grande como el continente africano, alcanzando el sur de Chile y Argentina. En esta misma fecha, el agotamiento de la capa de ozono en la Antártica fue el mayor jamás observado en esa época del año cubriendo un área de más de 25 millones de Km^2 comparada con la media tradicional de 20 millones registrada en años anteriores y superior a los valores máximos de 22 millones de Km^2 de 1993. Entre los 15 y los 22 Km de altitud, la pérdida de ozono alcanzó el 80 por ciento; sin embargo esta medida permaneció estable en comparación con el año anterior.

Las evaluaciones de la capa de ozono en los puestos de observación Marambio, Neumayer y Syowa, determinaron niveles de ozono por debajo del 25%, más bajos que los del mismo período en 1997. Nadie sabe cuáles serán las consecuencias del agujero en la capa de ozono, pero la investigación científica exhaustiva no ha dejado dudas en cuanto a la responsabilidad de los CFC.

AGOTAMIENTO EN EL HEMISFERIO NORTE

Las observaciones de la destrucción de la capa de ozono en el Hemisferio Norte, no son menos inquietantes que en la región Antártica. Si bien no hay agujero en el Ártico debido a ciertos factores meteorológicos, en enero de 1993 la cantidad de ozono de todo el Hemisferio Norte sobre la franja que va de los 45° a los 65° de latitud Norte había disminuido entre el 12% y el 15%, durante casi todo el mes de febrero de 1993, los niveles sobre América del Norte y muchas partes de Europa estuvieron un 20% por debajo de lo normal.

ULTIMAS EVALUACIONES DE LA CAPA

Hasta el año 1997 las concentraciones de ozono continuaban en descenso, pero la más reciente observación de la pasada primavera de 1998 determinó que la disminución de la capa de ozono había permanecido estable con respecto al año anterior. El descenso general de los niveles de ozono es alrededor de 3% cada diez años. La disminución de ozono fue mayor en los años 80 que en los 70.

La disminución de los niveles de ozono en la estratósfera inferior (15 a 23 Km sobre la superficie de la Tierra) asciende en un 10% cada diez años.

En algunos lugares se ha observado un aumento en la radiación UV-B conjuntamente con disminuciones de ozono (más del 1% de aumento de UV-B por cada disminución porcentual del ozono). Los incidentes como las erupciones volcánicas aumentan la pérdida de ozono al intensificar los efectos CFC. Cualquier aumento de la radiación UV-B que llegue hasta la superficie de la Tierra tiene el potencial para provocar daños al medio ambiente y a la vida terrestre.

EL HOMBRE

La exposición excesiva del hombre a la radiación UV-B y la capacidad de esta para disminuir las defensas inmunológicas, significarán altas tasas de cáncer en la piel. Los resultados indican que los tipos más comunes y menos peligrosos de cáncer de piel, no melanomas, son causados por las radiaciones UV-A. Sin embargo, este cáncer aunque es de los menos peligrosos, puede llegar a ser mortal.

Se calcula que para el año 2000 la pérdida de la capa de ozono será del 5 al 10% para las latitudes medias durante el verano. Según los datos actuales una disminución constante del 10% conduciría a un aumento del 26% en la incidencia del cáncer de la piel. Las últimas pruebas indican que la radiación UV-B es causa de melanomas más raros pero malignos y virulentos. La gente de piel blanca que tiene pocos pigmentos protectores, es la más susceptible al cáncer cutáneo, aunque todos están expuestos al peligro. Un agotamiento del 5% en la capa de ozono podría significar un aumento de 240.000 casos de cáncer no melanoma en el mundo. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos concluyó que una disminución del 1% en el ozono estratosférico podría significar un 2% de aumento en los casos de cáncer melanoma maligno en la población del mundo.

El aumento de la radiación UV-B también provocará un aumento de los males oculares tales como las cataratas, la deformación del cristalino y la presbicia. Se espera un aumento considerable de las cataratas, causa principal de la ceguera en todo el mundo. Una reducción del 11% de ozono puede provocar entre 100.000 y 150.000 casos adicionales de ceguera causada por cataratas. Las cataratas son causa de ceguera en 12 a 15 millones de personas en todo el mundo y causa problemas de visión a otras 18 a 30 millones. La radiación UV-C es más dañina que la UV-B causando ceguera por el reflejo de la nieve, pero es menos dañina como causante de ceguera por cataratas.

La exposición a una mayor radiación UV-B podría suprimir la eficiencia del sistema inmunológico del cuerpo humano. Las investigaciones confirman que la radiación UV-B tiene un profundo efecto sobre el sistema inmunológico, cuyos cambios podrían aumentar los casos de enfermedades infecciosas con la posible reducción de la eficiencia de los programas de inmunización. La inmunosupresión por la radiación UV-B ocurre independientemente de la pigmentación de la piel humana. Tales efectos exacerbarían los problemas de salud de muchos países en desarrollo.

LAS PLANTAS

Casi la mitad de las plantas jóvenes de las variedades de coníferas con las que se experimentó fue perjudicada, limitando su crecimiento (por ejemplo el centeno, el maíz y el girasol). Sin embargo, es difícil hacer predicciones cuantitativas ya que entran en juego otros factores ambientales.

El aumento de la radiación UV-B además provocaría cambios en la composición química de varias especies de plantas, cuyo resultado sería una disminución de las cosechas y perjuicios a los bosques. Dos tercios de las plantas de cultivo y otras sometidas a pruebas de tolerancia de la luz ultravioleta demostraron ser sensibles a ella. Entre las más vulnerables se incluyeron las de la familia de los guisantes y las habichuelas, los melones, la mostaza y las coles; se determinó también que el aumento de la radiación UV-B disminuye la calidad de ciertas variedades del tomate, la patata, la remolacha azucarera y la soya. La producción de arroz también disminuye con la acción de la radiación UV-B, ya que ésta afecta a los microorganismos que fijan el nitrógeno en el agua que la planta absorbe. Ésta disminución de nitrógeno se puede compensar con fertilizantes artificiales, pero no todos los países están en capacidad de hacer este gasto.

LOS RÍOS Y MARES

La radiación UV-B afecta la vida submarina provocando daños hasta 20 metros de profundidad en aguas claras. Es muy perjudicial para el plancton, las larvas de peces, los cangrejos, los camarones y otros organismos pequeños, al igual que para las plantas acuáticas. Puesto que todos estos organismos forman parte de la cadena alimenticia marina, su disminución puede ocasionar asimismo una reducción en el número de

peces.

El fitoplancton produce anualmente más de la mitad de la biomasa del planeta. Un aumento en la radiación UV-B reduciría la cantidad de fitoplancton. Esto despojaría a los océanos no sólo de alimento si no de su potencial como colectores de dióxido de carbono, contribuyendo así a un aumento del gas en la atmósfera y al consecuente calentamiento global. El zooplancton, segundo paso de la cadena alimenticia marina, disminuiría en la superficie del agua a la mitad en cinco días, por una disminución del 15% en la capa de ozono.

Una disminución del 16% en la capa de ozono mataría en la costa pacífica norteamericana el 50% de las larvas de anchoas en 2 días y el 100% de las mismas en 12 días. Esta misma disminución causaría una caída del 7% en la producción mundial de pescado, lo que significa 6 millones de toneladas anuales. Más del 30% de la proteína animal consumida por el hombre viene del mar y en muchos países el porcentaje es significativamente superior. Los países que dependen del pescado como una importante fuente alimenticia podrían sufrir graves consecuencias.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La destrucción del ozono estratosférico, agravaría la contaminación fotoquímica en la tropósfera y aumentaría el ozono cerca de la superficie de la Tierra donde no se lo desea. La contaminación fotoquímica ocurrirá principalmente en las ciudades donde los gases de escape de los vehículos y las emisiones industriales tienen su mayor concentración. La radiación UV-B estimula la reactividad química de estos contaminantes facilitando la formación de nuevas sustancias, como el radical hidróxido (OH⁻), que es el responsable de iniciar las reacciones que producen ozono troposférico. Además la radiación UV-B estimula la formación de peróxido de hidrógeno y ácidos como el sulfhídrico, que contribuyen a la lluvia ácida. En zonas urbanas una disminución 10% del ozono estratosférico, aumentaría del 10 al 25% el ozono troposférico. En zonas rurales de latitudes medias, un 20% de disminución en el ozono estratosférico, aumentaría el ozono troposférico en un 10%.

DAÑOS EN MATERIALES

Los materiales utilizados en la construcción, las pinturas, los envases y muchos otros materiales como el caucho, el papel y los textiles son degradados por la radiación UV-B. Los plásticos expuestos al aire libre como los usados en invernaderos, son los más afectados y el daño es grave en las regiones tropicales, en donde la degradación se intensifica por las temperaturas y los niveles de luz solar más elevados. Los marcos de las puertas y ventanas, las tuberías y los acabados de las construcciones hechos en PVC se degradarán más rápidamente, al igual que los parachoques de los vehículos hechos de poliuretano y polipropileno. Las redes de pesca de nylon, polietileno y polipropileno, así como los revestimientos de ciertas embarcaciones se deteriorarán con mayor rapidez. La industria del empaque también se verá afectada.

SEGURIDAD AMBIENTAL

Alrededor de 1970, los científicos expusieron que la capa de ozono de la atmósfera superior de la Tierra se estaba agotando, afectando nuestra protección contra los rayos ultravioleta del Sol. En 1974 se descubrió que ciertos refrigerantes que contenían cloro, al ser liberados a la atmósfera, resultaban ser un factor en este proceso de agotamiento del ozono.

En 1987 un grupo internacional de científicos y de funcionarios gubernamentales, representando a las principales naciones industriales, se reunieron en Montreal e iniciaron controles mundiales sobre la producción y uso de los CFC, incluyendo refrigerantes de uso común como R-12 y R-22. La desaparición de la producción de CFC fue programada para que ocurriera en el año 2000. En 1992 esto fue acelerado para que ocurriera en diciembre 31 de 1995. Se estableció un programa de transición para permitir el cambio a

hidroclorofluorocarbonos (CFC-22), con ciertas limitaciones, y a hidrofluorocarbonos (HFC).

En Estados Unidos se promulgaron reglamentos similares a través de modificaciones al Clean Air Act. La agencia de protección ambiental (EPA) emite reglamentaciones y directrices de implementación. El periodo de transición de los años noventa está creando un conjunto enteramente nuevo de restricciones. Tales restricciones están causando un cambio de importancia en el diseño y servicio de los equipos de refrigeración.

CALENTAMIENTO GLOBAL Y LA INDUSTRIA DE REFRIGERACIÓN (HVAC/R)

Algunos refrigerantes o sistemas alternos han mostrado una tendencia hacia sistemas de enfriamiento más intensivos en energía (ineficientes), que podrían producir cantidades más altas de bióxido de carbono (CO₂) descargado al entorno proveniente de la combustión de fuentes de energía de combustibles fósiles.

Cantidades más grandes de bióxido de carbono incrementan el grupo de gases que se conocen como gases de invernadero. Estos gases permiten que pase la radiación solar a través de la atmósfera de la Tierra, pero restringen la cantidad de energía que escapa, manteniendo así un rango de temperaturas compatibles con los seres vivos. Gases en exceso pudieran dar como resultado un excesivo calentamiento global.

En comparación con el problema de la degradación de la capa de ozono, existe menos consenso mundial en relación con las causas y el impacto del calentamiento global. Tanto el bióxido de carbono como los refrigerantes CFC, sin embargo, han sido identificados como gases de invernadero. La eliminación de los CFC tiene el potencial de reducir tanto los gases de invernadero como el calentamiento global.

La erradicación de los CFC reductores de ozono tiene tendencia a eliminar el efecto de invernadero, bajando así el riesgo potencial de calentamiento global. Sin embargo, los refrigerantes de reemplazo pueden producir sistemas de enfriamiento con menor eficiencia, requiriendo por tanto el consumo de más electricidad. El CO₂ incrementado que resulte de la producción eléctrica adicional tendrá tendencia a compensar el beneficio de eliminar los CFC. Los refrigerantes que en último término se consideren aceptables deberán tener a la vez un bajo riesgo potencial de reducción de ozono (ODP) y un bajo riesgo potencial de calentamiento global (GWP).

El siguiente cuadro muestra estas características para diversos refrigerantes.

Figura 1

Riesgo potencial de reducción de ozono y de calentamiento global.

Producto Químico	Fórmula Química	Riesgo Potencial de reducción de ozono	Riesgo potencial de calentamiento global ¹
Clorofluorocarbonos			
CFC-11	CCl ₃ F	1.0	1.0
CFC-12	CCl ₂ F ₂	1.0	2.8
CFC-114	CClF ₂ -CClF ₂	1.0	3.7
Hidroclorofluorocarbonos			
HCFC-22	CHClF ₂	0.05	0.34
HCFC-123	CHCl ₂ -CF ₃	0.02	0.02
HCFC-124	CHClF-CF ₃	0.02	0.09
Hidrofluorocarbonos			
HFC-125	CHF ₂ -CF ₃	0.0	0.6
HFC-134a	CHF ₂ -CF ₃	0.0	0.3

Mezclas refrigerantes			
R-502	51.1% CFC-115	0.3	4.1
	48.8% HCFC-22		
Mezcla ternaria:	36% HCFC-22	0.03	0.16
	24% HFC15a		
	40% CFC 124		
Otros refrigerantes			
Agua	H2O	0.0	0.0
Amoníaco	NH3	0.0	0.0
Prod. De la combustión			
Bióxido de carbono	CO2	0.0	1.0

1Calculado; en comparación con CFC-12=2.8

EFFECTO DE VARIOS REFRIGERANTES SOBRE LA CAPA DE OZONO ESTRATOSFÉRICO

Desde hace muchos años se ha sostenido la teoría de que los gases emanados de la tierra provocan un deterioro en la capa de ozono que la protege de los rayos ultravioleta.

Esta hipótesis, presentada por primera vez en 1974 por los científicos M.R. Molina y F.S. Rowland, fue confirmada por estudios posteriores de la NASA mediante el uso de satélites y detectores de ozono en la Antártica, donde el efecto parece ser más serio.

Después de algunos estudios se concluyó que algunos compuestos halogenados, entre ellos los Clorofluorocarbonos -CFC's-, eran los principales causantes de este fenómeno.

El cloro, importante componente de estos productos, es el que mediante una acción acelerada por la luz del sol, ocasiona una destrucción del ozono.

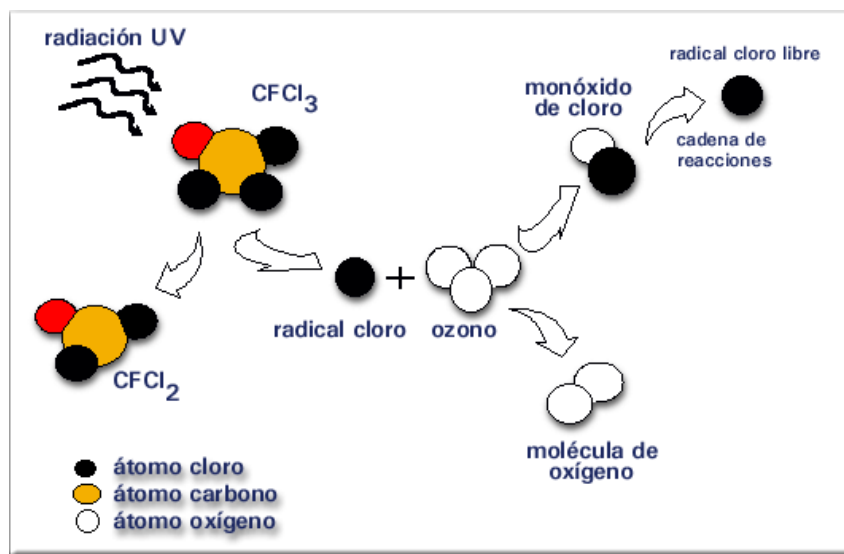
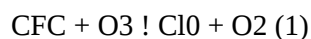


Figura 2



$\text{C10} + \text{Cl} + \text{O} \rightarrow (2)$

$\text{Cl} + \text{O}_3 \rightarrow \text{ClO} + \text{O}_2 \rightarrow (3)$

El cloro que se encuentra en la molécula del CFC se desprende mediante la acción de la radiación solar, reaccionando con una molécula de ozono para formar una molécula de monóxido de cloro y oxígeno (1).

El monóxido de cloro, por ser una molécula muy inestable, se separa fácilmente dejando el radical de cloro libre de nuevo (2), para comenzar el proceso otra vez (3).

La cantidad de moléculas de ozono que un CFC puede destruir es variable, dependiendo del número de cloros y estabilidad que observe.

Los refrigerantes 11 y 12 son de los CFC's con más estabilidad y cloros en su molécula, pero se pueden destruir hasta 100,000 moléculas de ozono con una sola molécula de estos compuestos.

No todos los refrigerantes son igualmente dañinos a la capa de ozono estratosférico. Se pueden agrupar los distintos refrigerantes según los tipos de átomos que se encuentran en sus moléculas.

Los refrigerantes CFC contienen átomos de Cloro, Flúor y Carbono. Los refrigerantes CFC son los que más dañan la capa de ozono. Hacen que las moléculas de ozono se disgreguen, y se vuelvan a formar como moléculas de oxígeno.

Los refrigerantes HCFC contienen Hidrógeno, Cloro, Flúor y Carbono. Aunque estos refrigerantes también atacan la capa de ozono, su efecto es aproximadamente la mitad de dañino que una cantidad igual de refrigerante CFC.

ALTERNATIVAS PARA DISMINUIR LA EMISIÓN DE CFC'S

A LA ATMÓSFERA

Los refrigerantes HFC han sido inventados recientemente como una alternativa a largo plazo para sustituir a los refrigerantes CFC y HCFC. Sus moléculas contienen Hidrógeno, Flúor y Carbono. Dado que no contienen cloro, no contribuyen a la reducción del ozono.

Los ejemplos de refrigerantes CFC son el R-11, el R-12 y el R-502. El R-22 es un HCFC. Estos cuatro refrigerantes fueron, con mucho, los más utilizados en el campo del aire acondicionado y de la refrigeración hasta que se les atribuyó de la reducción del ozono. Hoy día, todos ellos están siendo discontinuados. (Ver ANEXO #1)

La industria en general, está apoyando el desarrollo de productos que no contengan cloro y que cumplan con las funciones que los CFC's tenían.

Este proceso es largo e involucra muchos cambios en el equipo de refrigeración y pruebas en laboratorio, antes de que puedan ser introducidos masivamente en el mercado.

Mientras tanto, Quimobásicos, S.A. de C.V., tratando de contribuir al mejoramiento ambiental, introduce el primer Programa de Recuperación de CFC's en México, como una manera efectiva de reducir la emisión de estas sustancias a la atmósfera. (Ver ANEXO #2)

RETROSPECTIVA DEL OZONO

El reporte de 1985 relacionado con el descubrimiento del agujero en la capa de ozono sobre Antártida, atrajo la atención sobre la idea de que las personas pueden tener un impacto significativo en el ambiente global. Este descubrimiento, junto con la evidencia de que el ozono se está perdiendo en casi todas las latitudes afuera de los trópicos, ha acelerado más investigaciones hacia las causas de la destrucción del ozono y de los efectos biológicos del incremento de la exposición a la radiación ultravioleta.

La principal preocupación es el impacto potencial de la destrucción de la capa de ozono en la salud humana y en el ecosistema debido al incremento de la exposición UV. Por ejemplo, se considera que puede ocurrir un aumento del cáncer en la piel y de las cataratas en las poblaciones humanas causado por un ambiente con más UV. También, por el incremento del stress UV-B, puede resultar una menor producción de ciertos cultivos. Mayores niveles de UV-B en la capa superior del océano pueden inhibir la actividad fitoplancton, lo cual puede tener un impacto sobre todo el ecosistema marino. Los efectos indirectos pueden producirse por los cambios en la química atmosférica. Un incremento de UV-B alterará las velocidades de reacción fotoquímica en la atmósfera más baja, las cuales son importantes para la producción de la capa de ozono superficial y de smog urbano.

Estos efectos potencialmente nocivos para los humanos y el ambiente han conducido a resoluciones internacionales diseñadas para discontinuar gradualmente la producción de sustancias que deterioran el ozono. Como resultado, las comunidades industriales y científicas han colaborado para encontrar reemplazos seguros y económicos para los clorofluorocarbonos (CFC's), los químicos artificiales implicados en la destrucción del ozono.

REGLAMENTACIÓN FEDERAL SOBRE REFRIGERANTES

Durante los últimos 20 años, los científicos han documentado un agujero de ozono en la atmósfera de la Tierra, y se han avanzado teorías acerca de que algunos de los refrigerantes que contenían cloro eran, por lo menos de manera parcial, responsables de los cambios atmosféricos que se habían observado.

El ozono es una molécula en la atmósfera de la Tierra formada por tres átomos de oxígeno enlazados (O₃). Sus propiedades son distintas a las moléculas de oxígeno, que está formado de dos átomos de oxígeno enlazados (O₂). El ozono se encuentra en el aire cerca de la Tierra (ozono atmosférico) y también en los confines externos de nuestra atmósfera de 8 a 30 millas por encima de la Tierra (ozono estratosférico). El ozono atmosférico es dañino cuando se respira. Se trata del subproducto de los rayos ultravioletas del Sol y la contaminación del aire. Sin embargo, el ozono estratosférico es una capa de generación natural que tiene la propiedad benéfica de absorber y disipar los rayos ultravioleta, impidiendo que lleguen a la Tierra. Los científicos están preocupados con la reducción de esta capa de ozono estratosférico. Se ha pensado que el incremento resultante en radiación ultravioleta que llegue a la Tierra podría causar pérdidas de cosechas, desórdenes oculares como cataratas y otras enfermedades de los ojos, enfermedades epidérmicas como cáncer de piel, daños a la vida marina, daños a bosques, entre otros y un incremento en el nivel de ozono atmosférico. Además, la pérdida del ozono estratosférico ha sido vinculada con el calentamiento global.

Sigue habiendo algún desacuerdo entre científicos respecto a si la reducción del ozono estratosférico es de hecho causado o no por los refrigerantes. Algunos científicos atribuyen la pérdida del ozono a erupciones volcánicas o a otras causas naturales. Otros hacen notar que el incremento en la concentración de cloro medida en la estratosfera a lo largo de los últimos 20 años coincide con la elevación en la concentración de flúor que tiene fuentes naturales distintas al cloro, pero que es utilizado en los mismos refrigerantes que contienen cloro. Estos mismos científicos también hacen notar que el incremento en las concentraciones de cloro corresponden al uso creciente de refrigerantes que se sospechan son la causa.

EL PROTOCOLO DE MONTREAL

Como parte de un esfuerzo mundial, 24 países y la comunidad Europea se reunieron en Montreal, Canadá, en

1987 para iniciar controles mundiales de sustancias químicas que agotan el ozono. Incluía una reducción voluntaria y una eliminación gradual de muchas sustancias destructoras del ozono, incluyendo los refrigerantes CFC y HCFC. El acuerdo internacional, entró en vigor en 1989. Alrededor del 90 por ciento de las naciones del mundo que consumen y producen este tipo de sustancias firmaron el protocolo, y muchas de ellas, además, han elaborado leyes que lo refuerzan.

Este acuerdo reducía generalmente la producción de los refrigerantes CFC a 50% del nivel de 1986 para el año 1998. Desde 1987, el número total de miembros incluidos en el Protocolo de Montreal ha aumentado a 132.

En una reunión en Londres en 1990, este grupo revisó el acuerdo, requiriendo que toda la producción de CFC cesara para el año 2000. En Copenhague, en 1992, se aceleró la programación de la discontinuación de estas sustancias. Las sustancias controladas incluyen CFC's, halones, tetracloruro de carbono, cloroformo metílico, HCFCs, HBFCs y bromuro de metilo.

El R-11, el R-12 y el R-502 ya no se fabrican. Sin embargo, existen millones de libras ya instaladas, y los refrigerantes recuperados de equipo descartado harán que estos refrigerantes sigan disponibles durante el futuro predecible (probablemente a un costo muy alto).

También agregaron hidroclorofluorocarburos (HCFCs) a la lista para que su fabricación sea eliminada gradualmente.

La eliminación de los refrigerantes HCFC bajo el Protocolo de Montreal es mucho más lento. La producción de HCFC se ha programado para que esté virtualmente eliminada después del año 2020, aunque todavía se discute la fecha exacta.

EL PROTOCOLO DE MONTREAL ES MENOS SEVERO CON LOS PAÍSES EN DESARROLLO

En la reunión de las partes del protocolo en Viena en 1995, se efectuaron algunos cambios al Protocolo de Montreal. En los países en desarrollo, los CFC's y el tetracloruro de carbono se pueden seguir produciendo y comprando para el uso hasta el año 2010 y el cloroformo de metilo hasta el 2015. Las naciones desarrolladas también pueden seguir elaborando CFC's hasta el 15% de su producción básica durante 1986; para ayudarlas, de esta manera, a satisfacer sus necesidades domésticas y para los usos esenciales tales como aparatos médicos.

Además, los países en desarrollo congelarán en el 2016 el consumo de HCFC hasta los niveles del 2015 (máximo), y se discontinuarán completamente en el 2040. En el año 2000, las partes discutirán los posibles pasos para discontinuar las sustancias controladas en los países en desarrollo. Algunas partes han adoptado controles más estrictos.

Los límites del consumo de los HCFC-22 y otros HCFCs, que aseguran el acceso de la industria a estos refrigerantes de gran uso hasta el año 2030, enfrentan el reto de ser discontinuados más rápidamente. Este aspecto se discutió en el encuentro del décimo aniversario del Protocolo de Montreal, en 1997. Algunas naciones europeas, cuyo uso de HCFCs es relativamente modesto, han presionado para discontinuar estas sustancias en una fecha más cercana, empezando con una reducción de la capacidad de hasta el 2% y esencialmente prohibiendo toda la producción de HCFC en el año 2015. Esto sería 15 años antes de la fecha acordada en Viena.

Los negociadores de los Estados Unidos se opusieron firmemente. Una fecha más temprana para discontinuar las sustancias controladas tendría solamente minúsculos beneficios ambientales, de acuerdo con la posición de los Estados Unidos expresada en el último documento. Además, cualquier otra disminución del consumo de HCFC desanimaría a las naciones en desarrollo para utilizar estos refrigerantes y, por el contrario, tendrían

aún más incentivos para depender de los CFC's.

LAS ENMIENDAS AL ACTA DEL AIRE LIMPIO PROMUEVEN

LA EFICIENCIA DE ENERGÍA

Además del Protocolo de Montreal, otros organismos tales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos y la Comunidad Europea han impuesto aún más estrictas regulaciones y programaciones para discontinuar las sustancias controladas. Las regulaciones de la EPA afectan los requerimientos de certificación de los equipos, las prácticas de mantenimiento y servicio, los requerimientos de recuperación de refrigerantes, el entrenamiento y la forma cómo se llevan los registros para el uso, venta y transporte de estas sustancias.

El Título VI, de Protección del Ozono Estratosférico de la Enmienda de 1990 al Acta del Aire Limpio, (ley Pública 101-549) estableció una programación para discontinuar la producción y unos porcentajes de reducción anual para los químicos destructores de la capa de ozono. Estas enmiendas promueven el reciclaje, prohíben la descarga intencional de refrigerantes, restringen las emisiones de refrigerantes y establecen un estricto control sobre su uso.

Desde el primero de enero de 1996, no se han producido más CFCs en los Estados Unidos. Debido a la culminación de la discontinuación de la producción de CFCs, los precios de éstos se han disparado y su disponibilidad es incierta. Como resultado, las opciones de nuevos refrigerantes designados para HFCs y CSF, aprobados por la EPA de los Estados Unidos bajo el Acta del Aire Limpio, le han permitido a las compañías y a los países la flexibilidad de discontinuar sus viejos sistemas y enfriadores.

Estos nuevos enfriadores, por lo general, son de un 35 a un 40% más eficientes que los CFCs instalados 20 años atrás y los beneficios financieros son buenos para todos. En todos los ámbitos, desde los países y las compañías hasta los dueños de los edificios y los administradores, la disminución de los costos operativos y la temprana amortización del costo de los enfriadores ayudan a disminuir los costos operativos. De hecho, dentro de un año, los propietarios de enfriadores ahorrarán aproximadamente \$480 millones. Esta es suficiente electricidad para abastecer las necesidades anuales de 740,000 hogares americanos.

Dado que la disminución de los costos de capital significa una discontinuación potencialmente más rápida de los CFCs, la atmósfera superior de la Tierra estará en capacidad de reconstruir su capa de ozono más pronto de lo esperado. Además la Agencia Ambiental de los Estados Unidos ha calculado que cuando el 44% de los enfriadores CFC se reemplacen y conviertan (lo cual se espera que ocurra en el año 2000), los propietarios de los enfriadores reducirán el uso de energía en 7,000 millones de kilovatios/hora al año. Dado que una mayor eficiencia significa menos uso de energía y menores emisiones de dióxido de carbono, los nuevos refrigerantes son una contribución importante al cambio climático global.

Figura 3. I. Resumen de las Medidas del Protocolo de Montreal

Substancias dañinas para el ozono	Países Desarrollados	Países en Desarrollo
Clorofluorocarbonos (CFCs)	Descontinuación total a final de 1995	Descontinuación total en el 2010
Halones	Descontinuación total a final de 1993	Descontinuación total en el 2010
Tetracloruro de carbono	Descontinuación total a final de 1995	Descontinuación total en el 2010
Cloroformo metilo	Descontinuación total a final de	Descontinuación total en el 2015

	1995	
Hidroclorofluorocarbonos	Suspendidos a principio de 1996 35% de reducción para el 2004 65% de reducción para el 2010 90% de reducción para el 2015 Total discontinuación en el 2020	Suspendidos en el 2016 con base en el nivel del 2015. Descontinuación total en el 2040
Hidrobromofluorocarbonos	Descontinuación total a final de 1995	Descontinuación total a final de 1995
Bromuro metilo	Suspendidos en 1995 en el nivel base de 1991 25% de reducción para el 2001 50% de reducción para el 2005	Descontinuación total en el 2010 Suspensión en un promedio del nivel base de 1995–1998.

Figura 4. Programación para discontinuar los CFC: producción permitida y consumo para los países desarrollados.

	1987 Protocolo de Montreal Original	1990 Protocolo de Montreal en Londres	1992 Protocolo de Montreal en Copenhague	1990 Enmiendas Al Acta del Aire Limpio	1994 Programación de la Comunidad Europea
1990	100%				
1991	100%	100%		85%	
1992	100%	100%		80%	
1993	80%	80%		75%	50%
1994	80%	80%	25%	25%	15%
1995	80%	50%	25%	25%	0%
1996	80%	50%	0%	0%	
1997	80%	15%			
1998	80%	15%			
1999	50%	15%			
2000	50%	0%			

REVISIÓN DE LA NUEVA PROPUESTA DE LA EPA

La restricción en la producción y la eliminación voluntaria de refrigerantes dañinos del protocolo de Montreal fue considerada insuficiente por la agencia de protección ambiental (EPA). La EPA agregó requerimientos adicionales en el Federal Clean Air Act (CAA), sección 608. Entre los incisos agregados están los puntos siguientes:

- Todas las personas que le den mantenimiento, servicio, reparación o se ocupen de desechar aparatos domésticos, deben estar certificadas por EPA.

- Se establecen requisitos sobre el manejo de refrigerantes, incluyendo su regeneración, recuperación, reciclaje y el equipo utilizados en estas técnicas de servicio.
- Se prohíbe la liberación intencional a la atmósfera de refrigerantes CFC y HCFC.
- Es obligatorio mantener registros escritos para tener control de todo refrigerante adquirido, mostrando en qué se utilizó cada libra.
- Se hizo obligatoria la reparación de equipo que exceda un cierto tamaño y velocidad de fuga.
- La infracción de las reglas de manejo de refrigerantes o de requisitos de certificación pueden dar como resultado multas de 25,000 dólares por día, por cada infracción. Se ofrece una recompensa de 10,000 dólares a quienes proporcionan información en relación con infracciones a EPA.
- Se impusieron cargas fiscales pesadas (impuestos sobre ventas y derechos), aumentando dramáticamente los precios de los refrigerantes a fin de desalentar su utilización.

En 1990, el Congreso de los Estados Unidos empezó una serie de eventos. Primero, apoyaron el Protocolo de Montreal con la prohibición de producción total de CFCs para el año 2000. Segundo enmendaron la Ley de Aire Limpio (CAA) de los Estados Unidos para controlar la producción y el uso de refrigerantes que se necesitan para todas las aplicaciones de refrigerantes, incluyendo los sistemas de MVCA.

El Congreso tuvo dos objetivos principales:

- Reducir el uso y emisiones (venteo) de CFCs y HCFCs; y
- Requerir la recuperación y reciclado de estos refrigerantes.

En 1992, con el creciente conocimiento respecto al agotamiento del ozono y sus efectos, los Estados Unidos, a solicitud del aquel entonces presidente George Bush, ordenó poner fin a toda la producción de CFCs para el 31 de diciembre de 1995. Luego de esta fecha los refrigerantes CFCs no pueden ser producidos en los Estados Unidos, ni tampoco ser importados a dicho país. Esto deja únicamente CFCs con carácter de inventario en existencia y recuperados, disponibles para el servicio de aire acondicionado (A/C).

Figura 4. La siguiente gráfica de barras muestra la eliminación gradual de producción fijada por el Presidente Bush usando la producción de CFC's de 1986 como la cifra de base 100%.

Como una medida adicional para limitar su uso, la CAA introdujo un impuesto progresivo (ascendente) sobre CFCs vírgenes, en particular el refrigerante CFC-12 que es usado en los sistemas de MVAC hoy en día.

Figura 5. Esta figura muestra el Impuesto al Consumo de CFCs en los Estados Unidos basado en niveles de inventario el 1° de enero de cada año.

Fechas Que Hacen Epoca

1987:	EE.UU.y 22 otras naciones firman el Protocolo de Montreal.
1990:	Las enmiendas a la Ley de Aire Limpio (CAA) de 1990 imponen nuevos reglamentos a la industria de servicio de aire acondicionado (A/C).
1992:	La venta de R-12 en latas pequeñas es limitada a aquellos que están entrenados y certificados en el manejo seguro de CFCs.
1993:	Todos los talleres de servicio de A/C deben recuperar el CFC-12, y todos sus técnicos deben ser entrenados y certificados en el procedimiento de recuperación.
1994:	El 14 de noviembre de 1994, la venta de refrigerantes conteniendo una substancia clase I o clase II es limitada a técnicos certificados.
1995:	Toda producción de CFC-12 en los EE.UU. y otros países desarrollados cesó el 31 de diciembre de 1995.

ESFUERZOS PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

Los productores de refrigerantes, confrontando cuotas de producción declinantes y la eventual eliminación de los CFCs, empezaron a buscar alternativas en refrigerantes que fuesen gentiles con el ozono y brindasen un desempeño similar. A estas compañías muy pronto se unieron los fabricantes mundiales de automóviles, buscando un reemplazo para el CFC-12 para la fabricación de vehículos nuevos. El único refrigerante alternativo usado actualmente por los fabricantes mundiales de automóviles es el HFC-134^a.

LO QUE OCURRE EN NUESTRO PAÍS

Luego de haber revisado las distintas regulaciones y leyes creadas para la protección de la capa de ozono a nivel mundial, en cuanto a los gases refrigerantes cabe mencionar lo que está sucediendo al respecto en Panamá.

Actualmente en nuestro país existen cinco compañías que están debidamente autorizadas por el Ministerio de Salud para importar los gases refrigerantes de los cuales hablamos en este trabajo. Estas son: Cociare, Marpesca, Gaseco, Refrigas y Aditivos y Friocanal.

Todos estos importadores autorizados por el Ministerio de Salud, y las personas certificadas para brindar servicios de refrigeración, mantenimiento, compra y venta de equipo, o cualquier otro que maneje estos gases, deben seguir las leyes que estipula el Ministerio de Salud en el Decreto Ejecutivo No. 225 del 16 de noviembre de 1998, por el cual se reglamenta la Ley No. 7 del 3 de enero de 1989 relativa a la Protección de la Capa de Ozono. (ver ANEXO #3)

Para ir reduciendo la utilización de estos gases en Panamá como se está haciendo a nivel mundial, todas estas empresas importadoras de gases CFC's deben ir disminuyendo el 10% de importación del año anterior hasta el año 2005. A partir del 2005 se restringe totalmente, salvo un 10% mínimo para dar servicio a las máquinas existentes.

BIBLIOGRAFÍA

ARI. Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado. Tomo I. Tercera Edición. Prentice Hall, México, 1999. Págs. 368.

TURNKIST, Carl. MODERN REFRIGERATION. 11a. Edición. The Good Herat-Willcox Co., 1998.

AC/R Latinoamericana. Vol. 2 No. 3 Mayo/Junio 1999. Regulaciones y Nuevos Refrigerantes.

Textos y fotografías extraídas de la enciclopedia Microsoft Encarta 98.

Información y dibujos ilustrativos obtenidos a través de la red de redes: Internet.

Página web oficial de Green Peace en España.

Página web de Un planeta limpio.