IMPACTO AMBIENTAL DE SUSTANCIAS AGOTADORAS DE OZONO

Erik Daniel Maury Cabrera*, Cecilia Brossard González **
Universidad de Oriente*, ** Centro de Estudios de Refrigeración

En nuestro planeta, todos los elementos tienen su función, cuando alguno desaparece o se altera, el equilibrio existente sufre variaciones. La capa de ozono tiene una función protectora para la biosfera terrestre , pues absorbe las radiaciones solares de onda corta que son dañinas para todos los seres vivos.
Existe una diversidad de sustancias que agotan esta capa y que provocan el efecto invernadero de la tierra. Los principales causantes del desastre son las sustancias halogenadas, denominadas comúnmente freones, y conocidas también como clorofluorocarbonos o hidroclorofluorocarbonos. En principio, estas sustancias fueron usadas en la refrigeración, luego se extendió su uso como limpiadoras, en sprays, pesticidas, etcétera..
Actualmente, hay una marcada tendencia a la utilización de sustancias naturales como alternativa de sustitución. La refrigeración retoma el uso del amoniaco, dióxido de carbono, hidrocarburos, helio, aire y otras sustancias no artificiales.
En Cuba, ya hace algunos años se ha comenzado a emplear una mezcla de hidrocarburos, formada por propano, butano e isobutano denominada LB-12, que sustituye directamente el freón 12 (CFC-12), en los refrigeradores domésticos.
Palabras clave: *ozono, contaminación.*

In our planet all the elements have their function, when some disappears or changes, the existent balance changes. The layer of ozone has a protector function for the terrestrial biosphere , because it absorbs the solar radiations of short wave that are harmful for all the alive beings.
There are a great deal of substances that drain this layer and they cause the hothouse effect. The main causes of the disaster are the halogenated substances, commonly denominated freons and also known as chlorofluorocarbons or hydrochlorofluorocarbons. In the beginning, these substances were used in the refrigeration, and then their use was expanded as cleaners, in sprays, pesticides, etc.
Many solutions have been adopted and at the moment, there is a marked tendency to use natural substances as a substitution alternative. The refrigeration industries recapture the use of the ammonia, carbon dioxide, hydrocarbons, helium, air and other non artificial substances.
In Cuba, some years ago it has begun to use a mixture of hydrocarbons, formed by propane, butane and denominated isobutane LB-12 that substitutes directly the freon 12 (CFC-12), in the domestic refrigerators.
Key words*: ozone, pollution.*

Objetivos

1. Analizar las principales teorías que explican la destrucción de la capa de ozono.

2. Analizar el impacto que ocasionan las sustancias halogenadas sobre la capa de ozono y, en consecuencia, sobre el medio ambiente.

3. Explicar alternativas surgidas para sustituir estas sustancias.

Introducción

A través del tiempo, el hombre se ha valido de muchas sustancias para realizar el proceso de enfriamiento /1/. Él apeló a sustancias brindadas por la naturaleza, tan comunes como el agua. Con el transcurso del tiempo, el desarrollo de sus conocimientos y por consiguiente, de las técnicas empleadas, se perfeccionó la tecnología de la refrigeración. Ya en el siglo antepasado, el

amonia co y el dióxido de azufre comenzaron a usarse como gases refrigerantes. A pesar de tener una gran acción enfriadora, poseían una característica muy desfavorable: eran en extremo tóxicos.

Casi a mitad del siglo xx, en la década del 40 /2/, se introducen en el mercado y compitiendo con ventaja, unos compuestos con excelentes propiedades termodinámicas, muy estables, no corrosivos y no tóxicos. Estaban formados a partir del metano y el etano y contaban en su estructura átomos de halógenos, principalmente flúor y cloro. Por ello se les comenzó a llamar sustancias clorofluorocarbonadas o también freones. Su uso se ha extendido para otras utilidades como acondicionadores de aire, propelentes de aerosoles, limpiadores de componentes electrónicos y mecánicos, etcétera.

El consumo de los CFC aumentó de forma logarítmica hasta 1974, cuando se hicieron las primeras observaciones y los primeros avisos sobre la reducción de la capa de ozono. /3/

Precisamente, el objeto del presente trabajo es analizar el impacto que han estado ocasionando los freones sobre nuestro entorno, algunas teorías que explican la destrucción del ozono estratosférico, además de múltiples soluciones que pueden tomarse o no como temporales en el campo de la refrigeración, y que se ha llevado a cabo en distintos países y en especial en Cuba. En el trabajo se hace mayormente referencia a las alternativas en la esfera de la refrigeración, por ser éste mundialmente,un campo de gran importancia.

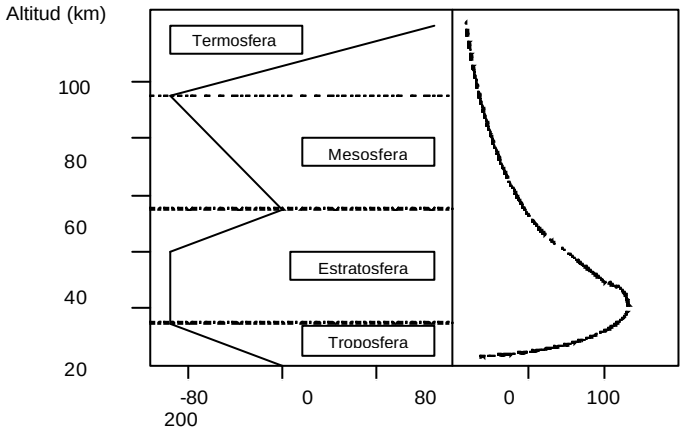
Desarrollo

Antes de hablar de las sustancias que dañan la capa de ozono es necesario explicar las características del ozono.

El ozono es una molécula de tres átomos de oxígeno que, en condiciones normales de temperatura y presión, se halla en estado gaseoso. Sus concentraciones más altas se encuentran en la parte más baja de la estratosfera, dando lugar a la conocida capa de ozono estratosférico.

El ozono tiene un comportamiento dual, positivo y negativo en dependencia del nivel en que se encuentre en la atmósfera. En la troposfera, que es la región más cercana a la Tierra, es un contaminante más, pues actúa en numerosas reacciones fotoquímicas aportando su poder oxidante, y contribuyendo a la formación de contaminantes que agravan episodios de contaminación atmosférica. Sin embargo, en la estratosfera /4/, actúa como un filtro de las radiaciones ultravioletas de onda corta, protegiendo de sus peligrosos efectos a toda la biosfera.

A continuación, se presenta una tabla con las variaciones de temperatura y concentraciones del ozono en las principales capas atmosféricas.



Variaciones de los niveles de ozono

Existen distintas causas que alteran las concentraciones de ozono estratosférico /5/, a saber:

- Variaciones en los patrones de circulación de los vientos.
- Variaciones en la intensidad de radiación solar.
- Efecto de los meteoritos.
- Erupciones volcánicas.
- Otros contaminantes de origen natural como

óxido de nitrógeno, metano, cloruro y bromuro de metilo.

Además de estas causas existen otras provocadas por el hombre, como la obtención y consumo de sustancias halogenadas usadas en infinidad de esferas.

Es preciso, entonces, explicar que el ozono estratosférico se produce al incidir luz ultravioleta de onda corta sobre una molécula de oxígeno. Ésta capta la energía y se divide en dos átomos muy reactivos que se combinan nuevamente con oxígeno molecular para volver a producir ozono. Luego, el ozono absorbe radiaciones ultravioletas para comenzar otra vez el ciclo, constituyendo esto un sistema de reacciones en cadena.

Por otra parte, en la atmósfera se encuentran radicales libres como H, Cl, Br, OH, etcétera, que provienen de compuestos producidos por el hombre, que al combinarse químicamente con las moléculas de ozono las eliminan o disocian. A continuación, se dispone del conjunto de ecuaciones estequiométricas que describe el comportamiento anterior.

$$O_2 = O + O$$
$$O + O_2 = O_3 + \text{calor}$$
$$O_3 = O_2 + O$$
$$O_3 + O = 2\ O_2$$

$$X + O_3 = XO + O_2$$
$$XO + O = X + O_2$$

$$O_3 + O = 2\ O_2$$

En condiciones normales y en ausencia de contaminantes, las tasas de formación de ozono son mayores que las de destrucción.

Teorías sobre el agotamiento del ozono

Existen múltiples teorías acerca de la destrucción del ozono, entre ellas la teoría de los CFCs /6/, que sugiere que los compuestos clorados son los responsables. Ella expone que los CFCs tienen una vida de cincuenta a cien años, alcanzan rápidamente la estratosfera. Las radiaciones solares de onda corta rompen la estructura de estos compuestos y se libera un átomo de cloro que puede reaccionar con el ozono y producir ClO, luego seguir reaccionando y formar compuestos estables denominados reservorios, y que no destruyen la capa de ozono.

Por esta razón, y valiéndose de otras teorías como la existencia de nubes estratosféricas polares, algunos autores opinan que para que exista una disminución de la capa de ozono, debe haber una serie de reacciones heterogéneas (PSCs) /7/, y conducentes a la liberación de cloro activo de los reservorios ya existentes. Están identificadas tres tipos: nubes nacaradas, nubes de ácido nítrico trihidratado y nubes de cristales de hielo. Es válido aclarar que estas nubes se forman en los polos.

La reacción entre el ácido clorhídrico y el cloronitrato, ambas sustancias reservorios de cloro, es una de las reacciones principales que ocurre en estas nubes.

$$HCl\ (g) + ClNO_3\ (g) \longrightarrow Cl_2\ (g) + HNO_3\ (g)$$

Como se observa, en presencia de las nubes polares, las reservas de cloro liberan el cloro para continuar con una serie de reacciones que destruyen el ozono estratosférico.

Impacto de las consecuencias del agujero de ozono sobre los seres vivos y el clima

La reducción de la capa de ozono trae consigo que su función de filtro de las radiaciones ultravioletas, que protege a todos los seres vivientes de su elevado efecto energético, disminuya /8/. Este fenómeno provoca la muerte, mutagénesis y transformación maligna de los cultivos celulares.

Respecto a la salud humana, los efectos negativos de un incremento de radiaciones ultravioletas son variables, pero los más importantes se producen en la zona expuesta al Sol: la piel. Las regiones más afectadas son la frente, nariz, orejas, cuello, dorso de las manos, etcétera. Estas radiaciones llegan a inhibir la síntesis del ADN, ARN y de proteínas, así como estimular el cáncer de piel y alterar el sistema inmune.

Por otra parte, es válido destacar que el agujero de ozono y el efecto invernadero están rela-

cionados entre sí, ya que muchos de los gases invernaderos intervienen en la química del ozono, y éste a su vez en un gas invernadero que tiene gran importancia en el equilibrio climático del planeta. Por eso, al hablar de alteraciones climáticas no se puede dejar de mencionar las consecuencias de este efecto.

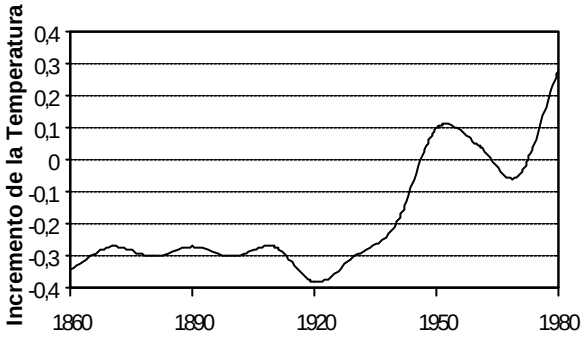
Científicos opinan que dentro de cincuenta millones de años el Atlántico Norte se habrá dilatado tanto que el agua caliente procedente de las latitudes mas bajas, podrían penetrar en el océano Glacial Artico, y de este modo calentarlo. De esta forma se destruiría el sistema climático actual.

Autores predicen un recalentamiento sustancial de la temperatura media superficial. Se supone que para el año 2100 las temperaturas medias mundiales en relación con las de 1990 aumenten de 0,62 a 2,31.

El recalentamiento de la troposfera deviene un enfriamiento a nivel de la estratosfera; esta situación contribuye a aumentar el agujero de la capa de ozono por favorecer las nubes polares (PSCs)

Los modelos climáticos predicen un incremento global de las precipitaciones, más acentuado cuanto más fuerte sea el incremento de temperatura. Ejemplo fehaciente: el fenómeno meteorológico del Niño, que provoca acentuados huracanes, tormentas, etcétera, en estaciones que no son característicos.

La siguiente figura muestra la evolución de las temperaturas mundiales desde 1860.



Medidas de prevención y alternativas de sustitución de los CFCs

Se han adoptado diversos acuerdos a escala internacional, fundamentalmente en países desarrollados conducentes a disminuir los efectos de la alteración del ozono estratosférico. El protocolo de Montreal /9/ supone un compromiso de decrecimiento de las emisiones de los compuestos clorofluorocarbonados en los países desarrollados, mientras que en los países en desarrollo se les ha autorizado a aumentar su consumo durante algunos años, al considerarse que estos últimos tienen un nivel de utilización de los freones mucho menor que los primeros.

La prohibición del uso de los primeros gases responsables de la destrucción de la capa de ozono, requiere de alternativas eficaces para su reemplazamiento, gases que tengan propiedades termodinámicas similares y posean menores efectos negativos sobre el ozono.

Se han buscado nuevas sustancias en las que los átomos de hidrógeno sustituyan parcial o totalmente a los átomos de cloro, son conocidos como hidroclorofluorocarbonos o hidrohalogenocarbonos (HCFC o HFC). La destrucción de estos compuestos se realiza básicamente en la troposfera, gracias a su contenido de hidrógeno, que acorta sus vidas medias en la atmósfera en períodos de dos a veinte años. Greenpeace no considera alternativas de la industria química a ninguna de estas sustancias como solución de la crisis. /10/

La tecnología de los CFCs estará largo tiempo hasta que las compañías recuperen la inversión con una aceptable ganancia.

Por otro lado, en países europeos como Alemania, Bélgica, etcétera, la utilización de los hidrocarburos como gases refrigerantes se ha incrementado. Refrigerantes hidrocarbonados como isobutano, propano y mezcla de ellos tienen cero ODP (Ozone Depletion Potential). El ODP se define como el efecto producido en la columna de ozono por una

cantidad específica de un gas en relación con el efecto producido por la misma cantidad del CFC-11 tomado como gas de referencia.

Las características del isobutano son similares a las del CFC-12, excepto por el carácter explosivo. Desde un punto de vista técnico y medioambiental, el isobutano podría ser una solución ideal para la refrigeración doméstica.Para usar el isobutano es necesario aislarlo del petróleo /11/. La tecnología de producción podría ser algo compleja y costosa para países pobres como Cuba, donde es más factible, al menos temporalmente, la utilización de una tecnología mas simple.

En Cuba, se ha producido un gas refrigerante sustituto directo del freón 12, formado por hidrocarburos parafínicos: propano, butano e isobutano; se denomina LB-12 y se obtiene con una tecnología bastante simple. Este gas puede no sólo ser una solución a la refrigeración doméstica, sino también a la comercial. El LB-12 está en proceso de certificación de acuerdo con las normas ISO 9000.

Existe otra alternativa a la refrigeración comercial, para instalaciones como frigoríficos. En países desarrollados el uso del amoniaco, llamado el padre de los refrigerantes, que presenta incuestionables ventajas como su bajo costo, gran facilidad de detectar fugas, aun en pequeñas cantidades /12/, así como excelentes propiedades térmicas que lo convierten en un refrigerante ideal para múltiples aplicaciones, ejemplo, para producir hielo en pasteurizadoras.

El uso de sustancias naturales como sustitutas de las sintéticas ya existentes, debe ser camino obligado en todos los países.

Conclusiones

Entre las teorías de destrucción de la capa de ozono, las de mayor aceptación son la teoría de los CFCs y la de las nubes polares estratosféricas. Se ha demostrado la ocurrencia de reacciones heterogéneas en la estratosfera que rompen la estructura estable de los reservorios de cloro.

A largo plazo, las consecuencias de las alteraciones de la capa de ozono, unido con las consecuencias del efecto invernadero, podrían provocar el exterminio de la vida terrestre. Por ello, las sustancias agotadoras del ozono estratosférico, a saber, freones, óxidos de nitrógeno, etcétera, deben decrecer en cuanto a su producción y consumo.

Los gobiernos deben tomar medidas que prohíban relativamente en corto plazo el uso indiscriminado de los compuestos halogenados.

Se debe retomar el uso de los compuestos naturales para proteger la salud del planeta.

Cuba realiza importantes contribuciones en este campo con el empleo de hidrocarburos y amoniaco en sus instalaciones frigoríficas y en otras esferas.

Bibliografía

1 Science et Technique dufroid, Comptesrendus, Applications for Natural Refrigerants, Aarhus, Denmark 3-6. Sept 1996, Institute International du froid, Comissions B1, B2, E1, E2.

2 Poredos,A.,Theoreticaland Experimental Research of Adsorption Refrigeration, International Congress of Refrigeration, Haag (1995).

3 Pérez López, J.A; Espigares García, M., *Agujero de ozono y efecto invernadero , Influencia en la salud y el medio ambiente*, España Editorial Universidad de Granada 1996, págs. 64-66.

4 Brune, W,H *et al*.,"The Potential for Ozone Depletion in the Artic Polar Stratosphere",en Science 252, 1991, págs. 35-42.

5 Pérez López, J.A. ; Espigares García, M., *Agujero de ozono y efecto invernadero. Influencia en la salud y el medio ambiente*, España, Editorial Universidad de Granada,1996, págs. 57-61.

6 Mc Farland M, "Chlorofluorcarbons and Ozone", en Envir. Sci. Tchnol. 23, 1989, págs. 1290-1301.

7 Lelieveld, J.; Crutzen, PJ., "Influences of Cloud Photochemical Processes on Tropospheric Ozone",en Nature, vol CCCXLIII núm. 6255,1990, págs. 227-233.

8 Miller, V. M., Increasing Levels of Environmental Mutagens: Potential for Affecting Viral Evolution and Pathogenicity. A Especultative Review,"Envir. Carcino revs (J Envir. Sci. Healths) C8(1),1990 págs. 89-137

9 Kuijpers, J. M., Natural Refrigerants, Within the Montreal Protocol Framework. Applications for Natural Refrigerants, Proceedings of Meeting of Commissions, B1, B2, E1, E2, págs. 17-22.

10 Ezcurra, Emiliano, *The Environmental Imperatives for Natural Refrigerants*, págs. 41-48.

11 Mc Ketta, J. J., *Chemical Processing Handbook*, págs. 741-743.

12 Brossard Pérez, LF Cortez, B., "Ammonia as a CFC. Alternative for Developing Countries. Its Problems and Solutions", en Rev. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, vol XXIX, núm. 2, 1998.

Copyright of Tecnología Química is the property of Direccion de Informacion Cientifico-Tecnico and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.