

Causas y efectos de la destrucción de la capa de ozono

María Eugenia Colsa Gómez,* Silke Cram Heydrich,**
Luisa María Flores Vélez*

*No heredamos el medio ambiente de
nuestros padres, lo tomamos prestado
de nuestros nietos.*

Proverbio de los indios hopi

Introducción

La Tierra es un sistema cerrado capaz de reciclar los materiales necesarios para la vida y es vulnerable a cualquier alteración en estos ciclos. Un ejemplo es la atmósfera que rodea a la Tierra, que juega un papel crítico para mantener estable la temperatura del planeta, permitiendo un desarrollo óptimo en todos los sistemas vivos.

La actividad humana —la industrialización, la deforestación excesiva, la sobrepoblación, la sobreexplotación del recurso suelo, el uso de productos químicos, etcétera—, interfiere en este delicado equilibrio. Muchos de los efectos contraproducentes de esta actividad se han detectado sólo a largo plazo y una de las consecuencias, que nos afecta a todos los seres vivos sin excepción, es la tan comentada destrucción de la capa de ozono.

¿Qué es el ozono?

Uno de los gases más abundantes en la atmósfera es el oxígeno, sustento vital para la vida en la Tierra. El oxígeno existe en tres formas: átomos de oxígeno aislados (O), oxígeno molecular (O₂) —el más común—, y la tercer forma es el ozono, que está constituido por tres átomos de oxígeno.

El ozono es una forma inestable del oxígeno; es un gas azuloso de olor penetrante, explosivo y tóxico, constantemente formado a partir del O₂ y descompuesto nuevamente en O₂. Cerca de 90% del ozono en la Tierra está localizado en una capa natural sobre la superficie

terrestre, en la región fría de la atmósfera, conocida como la estratósfera. Si todo el ozono que hay en la estratósfera se concentrara sobre la superficie del planeta, apenas formaría una capa de aproximadamente 3 mm de espesor (Clarke, 1987). Así pues, el ozono está muy diluido y sus concentraciones máximas ocurren en la baja estratósfera, a unos 25 km sobre el nivel del mar.

Formación de la capa de ozono

Al recordar un poco de historia geológica de cómo se formó esta capa, se puede inferir la gran importancia que tuvo para el desarrollo de la vida. Cuando se formó el planeta, hace 4500 millones de años (Singer 1968), la primera atmósfera era reductora y se fue formando por la salida de gases del interior de la Tierra. Estos gases eran metano, amoníaco y vapor de agua; no incluían el oxígeno libre.

La falta de oxígeno en la atmósfera primitiva permitía la entrada de los rayos ultravioleta (UV) del Sol hasta la superficie terrestre y los primeros 10 metros de profundidad en el mar.

Esta radiación, que es dañina para los organismos ya que destruye la materia orgánica, significó una fuente importante de energía para la formación abiótica de sustancias orgánicas, que finalmente dieron origen a las primeras formas de vida, destinadas a la profundidad de los océanos (Kaplan, 1972).

La radiación UV también provocó transformaciones químicas en la atmósfera primitiva: parte del vapor de agua pasó a formar moléculas de oxígeno e hidrógeno, y con el desarrollo de los primeros organismos fotosintéticos que producen oxígeno (hace aproximadamente 3 mil millones de años) (Singer, 1968) la atmósfera reductora pasó paulatinamente a oxidante.

Con la acumulación del oxígeno y la energía de los rayos UV se empezó a formar la capa de ozono y sólo hasta la formación de ésta pudo desarrollarse vida, en aguas superficiales, primero, y más tarde en la Tierra.

* Facultad de Química, UNAM, 04510, México, D.F.

** Instituto de Geografía, UNAM, 04510, México, D.F.

Recibido: 24 de septiembre, 1990; Aceptado: 12 de noviembre, 1990.

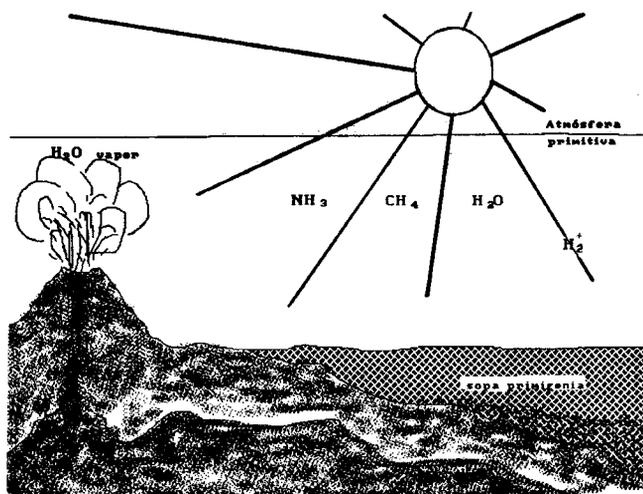
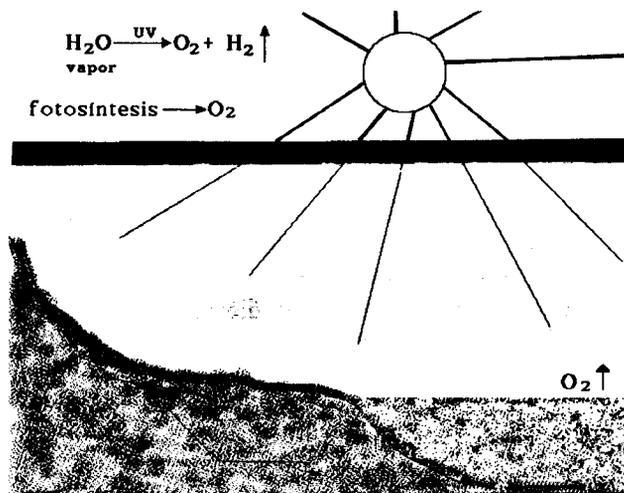


Figura 1. a) Esquema de la atmósfera primitiva;



b) Esquema de la formación de la capa de ozono.

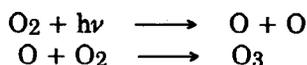
¿Cómo actúa la capa de ozono?

La capa de ozono actúa como un filtro natural en la estratósfera, ya que absorbe la radiación UV de onda corta (200 a 300 nm) y esta energía absorbida permite que el ozono se mantenga en constante equilibrio.

Si no estuviera presente, llegarían a la Tierra niveles mortales de radiación solar de alta frecuencia. En la actualidad llega de un 10 a un 30% hasta la superficie terrestre, y si el ozono disminuyera 10%, la radiación aumentaría 20%; es decir, que un pequeño cambio en la concentración de ozono incrementaría notablemente el ingreso de radiación (PNUMA, 1986).

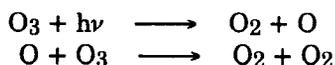
El equilibrio del ozono en la atmósfera

El ozono se forma en la baja estratósfera. La reacción en cadena que lo origina se muestra a continuación:



donde $h\nu$ es luz ultravioleta.

Estas nuevas moléculas de ozono se disocian de acuerdo con la siguiente reacción (Manahan, 1984):



Si no existieran otras sustancias químicas en la atmósfera, este proceso estaría balanceado, lo que daría como resultado un estado de equilibrio en donde la cantidad y distribución de ozono cambiarían muy poco en el transcurso del tiempo. Aun así, existirían variaciones sustanciales en los niveles de ozono en las distintas estaciones del año, en diferentes latitudes y debido a la variación de la intensidad de la radiación solar.

La velocidad con la cual el ozono se produce en la estratósfera depende enteramente de la cantidad de radiación que incide en ella y, por lo tanto, no puede ser

influida por el hombre. Sin embargo, la atmósfera contiene pequeñas cantidades de muchos gases que pueden favorecer la destrucción del ozono catalíticamente, es decir, acelerando la reacción sin sufrir ellos una transformación química.

Estos gases incluyen a los óxidos de nitrógeno y cloro. Aun cantidades muy pequeñas de estas sustancias pueden producir efectos mayúsculos en la concentración del ozono en la atmósfera. De hecho, cada molécula puede "atacar" a más de mil moléculas de ozono (figura 2) (Clarke, 1987).

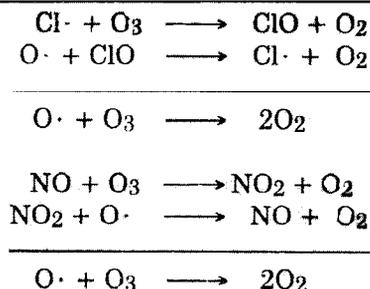


Figura 2. Destrucción catalítica del ozono por cloro y óxido nítrico.

Ya hemos visto que las moléculas involucradas en las reacciones anteriores son muy simples. Sin embargo, los detalles de la química atmosférica son sumamente complicados. La fuerza impulsora de estas reacciones químicas es la radiación ultravioleta, en la forma de partículas energéticas llamadas fotones. Por esta razón, esta rama de la química se conoce como fotoquímica, y difiere marcadamente del tipo de química que nos es familiar en la superficie de la Tierra. A las temperaturas y presiones prevalecientes en la estratósfera, los fotones causan la desintegración de moléculas simples que normalmente serían muy estables.

Muchos de los productos de reacciones fotoquímicas

son los llamados radicales libres, como el $\text{Cl}\cdot$, que son tremendamente reactivos. Por esto reaccionan rápidamente con otras sustancias químicas en la atmósfera, como el oxígeno, el ozono y el metano. El efecto neto, que determina la dinámica de los gases en la atmósfera, depende de las velocidades relativas de varios cientos de reacciones químicas que allí ocurren. Más aún, las velocidades de estas reacciones varían mucho con los cambios de temperatura y presión.

Todo esto provoca que la predicción de los efectos de los incrementos en la concentración de estas sustancias químicas sea sumamente difícil. El conocimiento detallado de los procesos de la fotoquímica atmosférica es realmente reciente, de 10 o 20 años. Día con día surgen nuevas preguntas que es vital poder contestar (Clarke 1987).

La amenaza de la contaminación química

Muchos compuestos que contienen nitrógeno, hidrógeno, cloro y flúor se sintetizan en cantidades industriales. Lo que ocurre con ellos es de gran importancia para la capa de ozono. Algunos se combinan entre sí en la baja atmósfera, produciendo moléculas como ácido nítrico y clorhídrico. Éstas son solubles en agua y por lo tanto arrastradas a la superficie terrestre como lluvia ácida.

Otra historia acontece, sin embargo, si las sustancias catalíticas entran a la atmósfera como moléculas relativamente estables e insolubles, ya sean óxidos de nitrógeno, metano, clorometano, tetracloruro de carbono y compuestos que contienen tanto átomos de cloro como de flúor, conocidos como clorofluoroalcanos (CFA's).

¿Qué son los CFA's y por qué se empezaron a usar?

Los CFA's (clorofluoroalcanos) son alcanos parcial o totalmente clorados y/o fluorados. El primer uso comercial a gran escala de compuestos de este tipo tuvo lugar cuando dos químicos, adjuntos a la división Frigidaire de la General Motors, emprendieron la búsqueda de un refrigerante que no tuviera la toxicidad y volatilidad de los conocidos hasta entonces. Thomas Midgley y Albert Henne lograron un clorofluoroalcano conocido como "diclorodifluorometano", al que se llamó Freón 12. La producción conjunta de General Motors y Du Pont se inició en 1931 y fue considerado como un desarrollo exitoso, dado que era un producto seguro, sumamente estable, incombustible y no tóxico.

En los años cuarenta, Du Pont desarrolló una variedad de fluoroalcanos moleculares y poliméricos para satisfacer todo tipo de nuevas demandas de la industria y la sociedad. El teflón de los sartenes que usamos en casa es un ejemplo.

También se han sintetizado otro tipo de compuestos, los llamados halones (los cuales contienen bromo, y por lo tanto podríamos nombrarlos bromofluoroalcanos o BFA's); su uso principal es como extinguidores de

fuego, y tienen propiedades similares a los CFA's. En la Tabla 1 se muestran algunos freones y halones, su nombre industrial, vida media (es decir su tiempo de residencia en la atmósfera) y su nombre sistemático.

La naturaleza de estos gases les permite retener su unión química a grandes altitudes sobre la atmósfera. Sus tiempos de residencia son muy elevados: aún si hoy se dejaran de emitir a la atmósfera o si se dejaran de producir, tomaría alrededor de un siglo para que la atmósfera volviera a su composición original.

Tabla 1. Algunos freones y halones utilizados en la actualidad.

Compuesto	Nombre industrial registrado	Vida media (años)	Nombre sistemático (1)
CFCl_3	Freón 11	75	tricloro flúorometano
CF_2Cl_2	Freón 12	110	dicloro difluorometano
CF_3Cl	Freón 13	—	cloro trifluorometano
CF_4	Freón 14	—	tetra flúorometano
BrClFCH	Halón 1211	—	bromocloro flúorometano
BrF_3C	Halón 1301	110	bromo trifluorometano
$\text{Br}_2\text{F}_4\text{C}_2$	Halón 2402	—	dibromo tetraflúorometano

(1) Méndez-Stivalet, 1990.

¿Cómo destruyen los CFA's la capa de ozono?

En 1974 un científico mexicano, el doctor Mario J. Molina, y uno norteamericano, el doctor Rowland, publicaron en la revista *Nature* la siguiente teoría sobre los CFA's:

"Cuando los CFA's alcanzan la capa de ozono, la elevada energía de los rayos ultravioleta rompe sus moléculas, liberando átomos de cloro, que son fuertemente atraídos hacia uno de los tres átomos de oxígeno en la molécula de ozono. Al chocar, el ozono se separa.

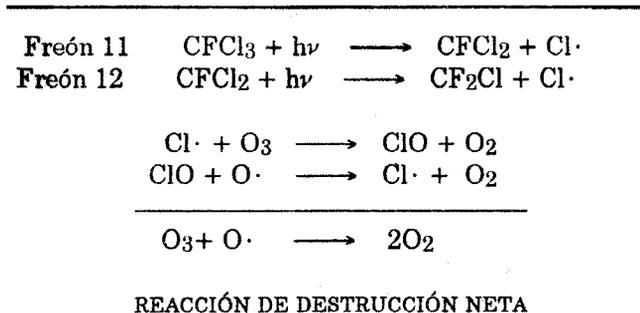


Figura 3. Destrucción del ozono a través de los freones.

El resultado final de estas reacciones en cadena es la sustitución del ozono por dos moléculas de oxígeno y un átomo inalterado de cloro. Ninguno de éstos posee las propiedades que caracterizan al ozono en su acción protectora contra los rayos ultravioleta" (Molina, 1974).

El exceso de cloro en la parte superior de la atmósfera altera el delicado equilibrio de la naturaleza, y puede gradualmente reducir la cantidad total de ozono.

Es importante recalcar que los CFA's y los BFA's no son los únicos capaces de disminuir los niveles de ozono. Muchos otros gases, incluyendo algunos menos usados que los CFA's, tienen el mismo efecto. En la Tabla 2 se muestran algunos de estos gases junto con datos importantes. El dióxido de carbono también se incluye porque afecta la concentración del ozono a través de su capacidad de enfriar la estratosfera, disminuyendo entonces la velocidad a la cual el ozono es destruido por otras sustancias químicas.

Con excepción de los freones y el halón 1301, todos los gases de la Tabla 2 se producen tanto industrialmente como naturalmente. Es por esto que las causas del incremento de las concentraciones de estos gases son muy complejas.

Tabla 2. Gases traza que afectan la concentración de ozono.

Gas	Fórmula	Vida media (años)	Conc. promedio global (ppbv)*	Incremento anual (%)
CFC 11	CFCl ₃	75	0.23	5
CFC 12	CF ₂ Cl ₂	110	0.4	5
CFC 13	C ₂ F ₃ Cl ₃	90	0.02	7
Halón 1301	CF ₃ Br	110	muy baja	11
Oxido nítrico	N ₂ O	150	304	0.25
monóxido de carbono	CO	0.4	variable	0-2
dióxido de carbono	CO ₂	7	344 000	0.4
metano	CH ₄	11	1 650	1

* Partes por billón volumétricas

Desde el inicio de la década de los sesenta, los científicos se percataron que, al liberarse más y más sustancias químicas a la atmósfera, las concentraciones de ozono en la estratosfera se reducían significativamente, permitiendo de este modo la entrada de radiación ultravioleta dañina.

La cantidad total de ozono en la atmósfera ha sido medida en muchos sitios durante muchos años. Los métodos han sido muy diversos, los resultados también muy variados y, por lo tanto, muy controvertidos. Sin embargo, la controversia máxima surgió de un descubrimiento sorprendente a través de las mediciones obtenidas en la bahía Halley en el Antártico.

La Agencia de Investigación Británica ha realizado mediciones del nivel de ozono sobre el Polo Sur cada octubre desde 1957. Éstas muestran que la cantidad total de ozono sobre este polo ha disminuido cerca del

40% desde 1957, con la máxima disminución desde la mitad de los setenta. Desde 1979 estas informaciones han sido confirmadas por las observaciones de satélites (Clarke, 1987).

¿Por qué en la Antártida?

La respuesta parece ser el vórtice polar, que queda aislado del resto de la atmósfera terráquea por el invierno, que es mucho más frío que en el Polo Norte. Como el Sol no brilla en la Antártida desde abril hasta mediados de agosto, para cuando alborea la temperatura en el vórtice llega a ser hasta de 80 °C bajo cero. Según se sabe, cuando acaba la larga noche antártica el cloro se convierte en cloro molecular, es decir, la forma activa, de tal manera que al salir el Sol en primavera, estas moléculas se rompen y quedan átomos de cloro libres.

Aun suponiendo que el proceso ocurriera así, no se puede explicar, en medio del intenso frío, que las reacciones se den con tanta rapidez. Para justificar lo anterior se ha echado mano a los términos "química homogénea" (cuando las sustancias que reaccionan están todas en el mismo estado: gaseoso en el caso que nos ocupa), en el que las reacciones resultarían muy lentas, sobre todo por el frío, y de "química heterogénea" (cuando las reacciones se generan en la superficie de un líquido o un sólido); estas reacciones serían rápidas.

En 1986 se publicaron varios artículos donde se afirmaba que en la Antártida hay abundantes superficies donde podría tener lugar la química heterogénea, como las nubes polares estratosféricas. Éstas se hallan en la baja estratosfera durante el invierno y desaparecen con el calentamiento primaveral, cuando también el ozono desciende a niveles anormales (Arbolí, 1988).

Los científicos ya encontraron una explicación lógica a estos fenómenos, los cuales son difíciles de predecir, aun mediante modelos en computadora. Lo que es un hecho es que hay un "agujero" en la capa de ozono sobre el Polo Sur, y la amplitud de éste parece incrementarse cada primavera austral. Aunque esto puede ser el inicio de una disminución general de ozono en todas las latitudes, puede también ser resultado de condiciones geofísicas especiales que se dan en los polos de la Tierra, especialmente en el Sur.

Lo que los modelos sí predicen, es que si los niveles totales de ozono disminuyen, el efecto será varias veces más severo en los polos que en el ecuador.

Efectos dañinos de la destrucción de la capa de ozono

Los daños que causaría un aumento en la incidencia de radiación ultravioleta serían de muy diversos tipos. Se ha encontrado que sobreexposiciones a luz ultravioleta dañan la constitución de proteínas y del ADN (que es el que transmite la información genética) lo que puede ocasionar la muerte de la célula o alterar el mensaje genético provocando, por ejemplo, varios tipos de cáncer de piel, entre ellos el melanoma, que es mortal.

Produce también quemaduras solares, envejecimiento y arrugamiento prematuro de la epidermis y lesiones oculares graves, como las cataratas.

Otro efecto de la radiación UV es que suprime la eficiencia del sistema inmunológico, o sea que no reconoce a tiempo un mal funcionamiento de las células del cuerpo por invasión de algún virus, para combatirlo antes de que se establezca (Clarke, 1987).

También daña las hormonas y la clorofila de las plantas, por lo cual interfiere con la fotosíntesis y atenúa el crecimiento normal de las plantas; esto implica menores rendimientos agrícolas y forestales. La germinación de semillas también se ve afectada.

Uno de los daños más serios es la alteración de la ecología de los mares, ya que la radiación puede penetrar varios metros a través del agua, perjudicando de esta manera a los organismos unicelulares, como el plancton. Éste constituye el primer eslabón en la cadena alimentaria y además es la principal fuente de O₂ en la superficie terrestre.

Los científicos han propuesto una serie de medidas para disminuir los posibles daños ocasionados por exposiciones prolongadas a la luz UV:

- evitar la exposición prolongada al sol
- sustituir variedades agrícolas sensibles por especies no sensibles a la radiación UV
- no comprar los productos que contengan o se fabriquen con CFA's

Todo esto implica un cambio importante en nuestro comportamiento de compra, y por ende en nuestras costumbres.

¿Es el ozono un contaminante?

Se ha generado una confusión con el empleo de la palabra ozono, ya que por un lado se menciona como capa protectora de la Tierra, y por otro, escuchamos diariamente —en la ciudad de México— los reportes del IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire) en los cuales se dice que el ozono es el contaminante más significativo del ambiente. Este gas, presente en el aire que respiramos, es, en efecto, un contaminante creador de problemas entre los habitantes de las grandes urbes.

Este ozono se produce por la acción reactivadora de la luz solar sobre compuestos orgánicos, tales como hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y azufre. Dichos compuestos provienen de la combustión de hidrocarburos de vehículos automotores y de emanaciones industriales.

Este mismo ozono es responsable de daños en la piel y los pulmones de seres humanos y animales. Afecta las vías respiratorias, llegando incluso a causar asma y deterioro de otras mucosas. Es ya un problema serio en la Ciudad de México, sobre todo en invierno, cuando se conjuga con el fenómeno conocido como inversión térmica (Girón, 1988).

¿Por qué se siguen usando los CFA's, si son tan dañinos?

Los CFA's son compuestos químicos altamente estables, en su mayoría inodoros, no tóxicos, baratos e incombustibles. Son también buenos disolventes, no conducen la electricidad, no son corrosivos ni explosivos y se volatilizan rápidamente (PNUMA, 1987).

Dadas todas estas cualidades, nos damos cuenta de que contribuyen de una manera muy importante en la vida moderna, ayudando a incrementar la "seguridad" del ser humano, su productividad y comodidad.

Los CFA's contribuyen en la economía de casi todos los países del mundo; solamente en Estados Unidos de Norteamérica poseen 500 usos diferentes y 375 mil compañías los utilizan para la obtención de productos y servicios (Du Pont, 1989).

Son utilizados para controlar la temperatura y calidad del aire, conservación de energía y refrigeración en casa, hospitales, hoteles, oficinas, almacenes, etc.

Los CFA's son indispensables para transportar alimentos en "trailers", para conservar los víveres en vitrinas de refrigeración en los supermercados, en congeladores y refrigeradores domésticos. De hecho, en México 70% del suministro alimenticio depende de ellos (Du Pont, 1989).

En medicina se utilizan para esterilizar material quirúrgico, para enfriar los sistemas de rayos X, para conservar sangre y órganos de trasplante, y como propelentes en ciertos medicamentos que tienen que ser administrados a través de aerosoles.

Se usan también para limpiar componentes electrónicos, los cuales se utilizan en la fabricación de televisiones, calculadoras de bolsillo, computadoras, equipos de video y de telecomunicación.

Los CFA's son agentes espumantes que dan lugar a aislantes térmicos en casas, oficinas, carros de tren y refrigeradores, a través de los cuales se obtiene un considerable ahorro de energía y con los que se fabrican también platos, vasos y material de empaque desechable (conocido como "UNICEL").

Proporcionan también comodidad en viajes, por su uso en aires acondicionados en coches, trenes, autobuses y aviones.

Brindan seguridad en su uso como extintores de fuego, que rápidamente eliminan llamas en equipos de cómputo y bibliotecas, sitios donde un incendio puede provocar la pérdida absoluta de una gran cantidad de información.

Finalmente, y no por ello menos importante, se utilizan como propelentes o propulsores en pulverizadores en aerosol, los cuales utilizamos con mucha frecuencia en nuestra vida diaria. Éste es el caso de desodorantes, insecticidas, fijadores para el cabello, pinturas, limpiadores etcétera.

Nos damos cuenta ahora de que todos, de una u otra manera, hemos alguna vez usado productos que contienen o que se fabricaron con CFA's, y dados los complejos

procesos de fabricación y la maquinaria instalada, un alto en su producción crearía un grave problema económico y social.

Lo cierto es que si bien son útiles, ponen en peligro nuestra sobrevivencia en el planeta, ya que cada año más de un millón de toneladas de CFA's son arrojados a la atmósfera (Tolba, 1990).

El Protocolo de Montreal

A mediados de la década pasada, algunas naciones iniciaron el movimiento en pro de una acción efectiva por la conservación de la capa de ozono. En 1985 se firmó el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y hasta ahora 58 naciones (incluida la Comunidad Económica Europea) se han adherido al acuerdo (PNUMA, 1987).

Viena fue el punto de partida, pero tuvieron que pasar dos años para que en septiembre de 1987 se aprobara, a instancias del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), el Protocolo de Montreal, el cual es el primer tratado en el mundo a nivel auténticamente planetario para la gestión del medio ambiente y sus riesgos (PNUMA, 1987).

Es el primer tratado mundial sobre el medio ambiente que se negocia con miras a reglamentar un sector industrial, comercialmente rentable, y que además ataca un problema futuro.

Los puntos fundamentales del Protocolo de Montreal son los siguientes (Buxton, 1990):

- Examinar TODAS las sustancias eliminadoras del ozono ya que, como se mencionó anteriormente, los CFA's son los más importantes, pero no los únicos compuestos químicos que destruyen la capa protectora del planeta.
- Establecer un proceso de eliminación progresiva y estimular el desarrollo de productos sustituto. De hecho se están efectuando valiosos esfuerzos de investigación y pruebas de toxicidad. El principal problema en este rubro es que los CFA's se usan en tantas y tan variadas áreas que sustituirlos no será nada fácil.
- Se señala la subsistencia de estos productos sustituto, durante un periodo de corta duración, ya que aunque son menos dañinos que los CFA's muchos de ellos siguen conteniendo átomos de cloro. De esta manera, los industriales tendrán que comprender que la sustitución total de los clorofluoroalcanos debe realizarse a través del paso por una tecnología de transición.
- Instituir un proceso dinámico, en el cual el ajuste de los controles dependerá del avance científico y tecnológico.
- Proporcionar incentivos para que los países en desarrollo se adhieran a él. Lo anterior dado que, en primer lugar, del total de CFA's que han sido arrojados a la atmósfera, sólo 15% tiene su origen en países de este tipo, los cuales adicionalmente diri-

gen la mayor parte de sus recursos al servicio de una enorme deuda externa. Los incentivos son en su mayoría, el traslado sin ningún costo de las nuevas tecnologías y la preparación de personal altamente calificado que disminuya la, ya enorme, dependencia a la que se encuentran sujetos.

- Finalmente, se establecen sanciones comerciales para evitar que los países no miembros se enriquezcan con su fabricación.

Con la entrada en vigor de este acuerdo se pretende reducir en 50% para 1998 la producción de CFA's, con respecto a lo que se fabricaba en 1986 (PNUMA, 1987). Sin embargo, esta decisión puede modificarse por el pleno de la asamblea y, de hecho, se aprobó ya la eliminación total de su producción para el año 2000 (Rummel-Bulska, 1990).

Los pronósticos de las computadoras dicen que, si se cumple el protocolo, casi dos millones de personas se salvarán de padecer cáncer de piel y se evitarán 38 millones de casos de cataratas. (Tolba, 1990).

¿Qué es lo que se está haciendo?

Se ha iniciado la prueba de algunos productos sustituto, entre ellos los HCFA's (los cuales por tener hidrógeno se descomponen antes de llegar a la estratósfera), los HFA's (que no contienen cloro en su formulación), ciertas mezclas de hidrocarburos, amoniaco y dióxido de carbono. Dadas las extraordinarias propiedades de los CFA's, es probable que en algunas de sus aplicaciones sea de momento imposible sustituirlos, pero la idea fundamental es utilizarlos sólo donde sea absolutamente indispensable.

En muchos centros de investigación se trabaja en la creación de las nuevas tecnologías y se contempla también la adaptación de las ya existentes, para su uso con los productos sustituto, que recién se están creando. Esto se refiere a que, por ejemplo, podremos seguir usando nuestros refrigeradores domésticos después de que se les cambie el gas y se les adapte algún pequeño dispositivo que les permita mantener su eficiencia con el nuevo producto.

En México se ha sustituido ya 95% de los aerosoles que se encuentran en el mercado (Nardini, 1990), y empresas como Du Pont, Ford, NASA y los que fabrican poliuretano se han comprometido a buscar productos sustituto y a implantarlos en sus respectivas fábricas.

Por otro lado, el PNUMA se encuentra realizando reuniones y seminarios regionales, con la finalidad de sensibilizar a todos los gobiernos del planeta para que se adhieran al protocolo, ya que sólo a través de la cooperación conjunta éste generará resultados.

Una última reflexión

Quizá las únicas armas que poseemos los seres comunes y corrientes de este planeta, para protegerlo, son el conocimiento, la educación y la divulgación de sus problemas. Quizás el convencer a nuestros padres, a nues-

tros alumnos o a los vecinos para que cambien sus hábitos de consumo, o que utilicen ciertos productos sólo cuando sean absolutamente insustituibles, sea lo único que podamos hacer por nuestro deteriorado mundo.

Las soluciones drásticas y absolutas deben ser tomadas por los gobiernos y es responsabilidad nuestra hacerles saber que estamos muy preocupados por nuestro medio ambiente.

Creemos que, finalmente, la gente ha comenzado a darse cuenta que no importa la raza, ni la nacionalidad, ni la riqueza o pobreza de los países; lo importante es que toda la vida, como nosotros la conocemos, va montada en la única nave espacial que de momento podemos disponer: EL PLANETA TIERRA.

NOTA: Los autores agradecen al doctor M.J. Molina sus comentarios a este trabajo.

Bibliografía

- Arbolí, M. Un boquete sobre la Antártida. *ICyT*, 10, (145) 4-8, 1988.
Buxton, V., *Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono ... un análisis de sus características clave*, Seminario regional para examinar los aspectos científicos y técnicos de la protección de la capa de ozono, Organizado por el PNUMA, México D.F., 1990.
Clarke, R. *The Ozone Layer*. UNEP/GEMS Environmental Library, Nairobi Kenia, 1987.

- DuPont, S.A. de C.V. *Hechos acerca del ozono*, Folleto publicado por el Departamento de Productos Fluorados, 1989.
Girón-Hurtado, E., Gasolinas tóxicas, invasoras de la atmósfera, *ICyT*, 10, (139), 25-27, 1988.
Kaplan R., *Der Ursprung des Lebens*. Thieme, Deutschland, 1972, p. 87-96.
Nardini, G., *Examen de los aspectos tecnológicos y de transferencia de tecnología. Aerosoles*, Seminario regional para examinar los aspectos científicos y técnicos de la protección de la capa de ozono, Organizado por el PNUMA, México D.F., 1990.
Manahan, S.E., *Environmental Chemistry*, Willard Grant Press, Boston, 1984, p. 349.
Méndez-Stivalet, J.M., Los cloro fluorocarbonos, *Eduq. quím.*, 1, (1), 42, 1990.
Molina, M.J. and Rowland, F.S., *Nature*, 249, 810, 1974.
PNUMA, La cambiante atmósfera, *Dossier Ambiental*, (1) 1986.
PNUMA, Salvar la capa de ozono, *Noticias del PNUMA*, (18), 5-7, 1987.
PNUMA, La atmósfera amenazada, *Inforpale*, 4, (2), 5-9, 1988.
PNUMA, El estado del medio ambiente en el mundo, UNEP/GC, Kenia, 1989, p. 8-10.
Rummel-Bulska, I., *Description of proposed adjustments and amendments to the Montreal Protocol*, Seminario regional para examinar los aspectos científicos y técnicos de la protección de la capa de ozono, Organizado por el PNUMA, México D.F., 1990.
Singer F., *The Global Effects of Environmental Pollution*, Springer Verlag, New York, 1968, p. 4-8.
Tolba, M., *Asociación mundial y el camino para salvaguardar la capa de ozono*, Conferencia internacional sobre el ozono tropical y el cambio atmosférico, Organizado por el PNUMA, Malasia, febrero 1990.



Figura 4. El planeta Tierra (Tomada de Sagan, C., *Cosmos*).



SOTEC

Sociedad Tecnológica Comercial, S.A. de C.V.

VENTAS: ACULCO 83

LA LOMA TLALNEMEX, 54070 MEXICO

IMPORTACION

EXPORTACION

REPRESENTACION

APARATOS y EQUIPOS EDUCATIVOS PARA MEDICION y CONTROL

CONTROL DE CALIDAD

CROMATOGRAFOS

AROTEC

GBC Scientific

EQUIPOS CRIOGENICOS

Carbolite

ISCO

ESPECTROFOTOMETROS

CARVER

Jenway

HORNOS

Kern

INSTRUMENTOS PARA LABORATORIO

Julabo

Newport

SOTEC

TEL + FAX (91-5) 390 1198

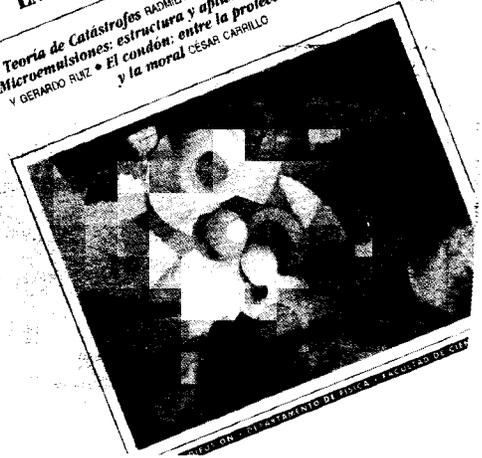
Tlx; 1773945 PBTNME

SPECTRONICS

ciencias

REVISTA DE DIFUSION - DEL 30 DE OCTUBRE DE 1990
2,000 PESOS
LA SOCIEDAD DE LA BASURA

Teoría de Catástrofes RAMILA BULAJICH Y RAFAEL MARTINEZ E.
• Microemulsiones: estructura y aplicaciones ALBERTO ROBLEDO
Y GERARDO RUIZ • El condón: entre la protección, el placer
y la moral CESAR CARRILLO



Suscripciones

Precio del ejemplar: \$4 000

Humberto Arce, *Coordinador editorial*
Facultad de Ciencias, UNAM.

☎ 550 5215 ext. 3924 y 550 5909

Clave Bitnet: REVISTAC@UNAMVM1

QUIMI ROM

Ferrocarril # 7,
Colonia Toriello Guerra
México, D.F., 14050

Tel. 606 8033
Telefax 606 3666

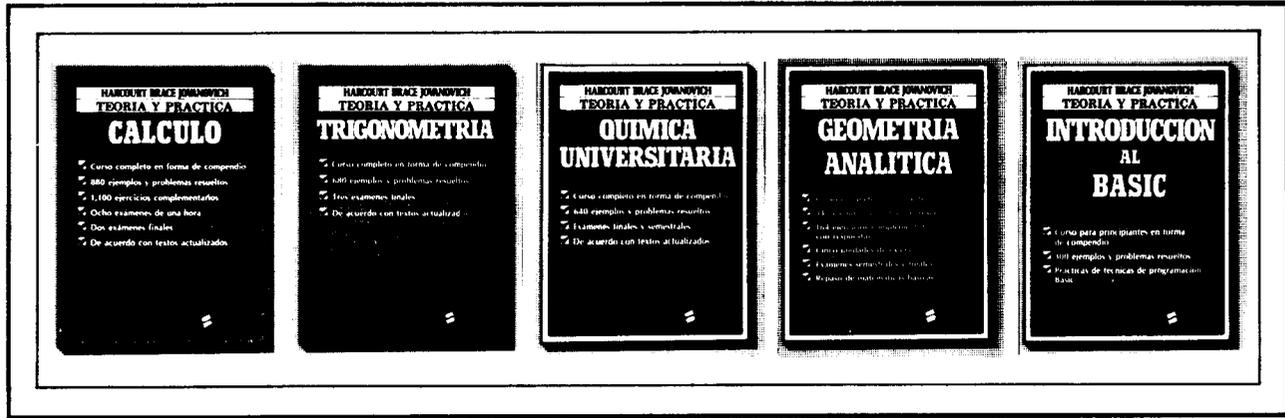


Suscripciones

Anual (3 números): Nacional \$18 000; extranjero \$15.00 USD. Enviar cheque o giro postal a nombre de: Universidad Autónoma Metropolitana, indicando claramente nombre, dirección y números que comprende la suscripción a: ContactoS, UAM-I, E-317, Av. Michoacán y Purísima, CP 09340, México, D.F.

☎ 686 0322, ext. 205. Fax 686 8966

SERIE
TEORIA Y PRACTICA
HARCOURT BRACE JOVANOVICH



Esta serie contiene puntos clave para el aprendizaje actualizado, conciso y completo para los primeros semestres de carreras de las áreas:

Económico Administrativa, Físico Matemática, Química y Computación.

En cada título se incluyen:

-  Cursos para principiantes en forma de compendio
-  Ejemplos y problemas resueltos
-  Ejercicios complementarios
-  Exámenes semestrales y finales
-  Textos actualizados
-  Repaso de conocimientos básicos



SITESA
SISTEMAS TECNICOS
DE EDICION, S.A. de C.V.

San Marcos 102, Col. Tlalpan
Delegación Tlalpan
Código postal 14000. México, D.F.
Apartado Postal 22-311. México 14060 D.F.