

Tema Central: Medio Ambiente**VIDA Y MUERTE
DEL OZONO**

Jorge Eduardo Duque Parra *

Nuestro planeta tierra, el tercer planeta del sistema solar, debería llamarse el planeta gas, pues presenta una capa gaseosa variada que le hace particular y de mayor volumen que el del débil cascarón lítico de 50 km que nos separa del manto y del núcleo terrestre, haciendo de la tierra un horno interior con temperaturas calculadas de hasta 4000 grados centígrados. La radiación solar llega como onda electromagnética, pero gran parte es reflejada y hace que nuestro planeta brille con un albedo o índice de luz reflejada de 0.34 en comparación con el de la luna que es de 0.07 o con el de un reflector perfecto que sería de 1.

1. La atmósfera

Por encima de la corteza terrestre (litosfera) se halla la atmósfera que presenta subdivisiones de acuerdo con las características variadas, así la porción más adyacente es la troposfera de la cual los seres vivos captamos sus gases; esta contiene las nubes, es decir, gran cantidad de vapor de agua y su altura va desde el nivel del mar hasta los 10 km.

Más arriba de esta franja esta la estratosfera que se continúa hasta los 30 km y que contiene ozono desde los 12 km hasta los 35 km.

Ascendiendo encontramos entre los 50 km y los 500 km de altitud una zona incompatible con la vida por la gran cantidad de gases ionizados (las moléculas gaseosas estables se desestabilizan por acción energética de la radiación de onda corta y se convierten así en partículas con carga llamadas iones) debido al bombardeo constante de los rayos X y rayos cósmicos. La temperatura que allí se alcanza es alta, pudiendo ser del orden de los 1000 grados Celcius.

Por encima de la ionosfera se encuentra la rara exosfera (última región de la atmósfera); en ella los átomos de los elementos más ligeros se hallan dispersos escapando de la atracción de la fuerza gravitatoria. Situada entre los 500 km y 1000 km de altitud.

2. Radiación solar

El espectro solar está compuesto de varios tipos de radiaciones: ondas de

radio, radiación infrarroja (RIR), luz visible, radiación ultravioleta (RUV) y rayos X. Todas ellas inciden nuestra atmósfera, pero ésta filtra algunas haciendo posible la vida tal y como la conocemos. El proceso filtrante se resume como sigue: La ionosfera es el primer filtro, absorbe los mortales rayos X de onda corta evitando que lleguen a los seres vivos. En medicina se producen artificialmente estos rayos y en dosis bajas se usan para obtener radiografías (Rotgentogramas), por encima de cierta cantidad esta radiación induce cáncer y mutaciones de genes e incluso puede ocasionar la muerte.

La radiación IR de onda larga, atraviesa todas las capas atmosféricas pero en los primeros estratos troposféricos es absorbida en su totalidad antes de llegar a la litosfera.

Dos fracciones de radiación solar llegan plenamente hasta la litosfera, estas son de longitud de onda larga, la radiación visible y las ondas de radio.

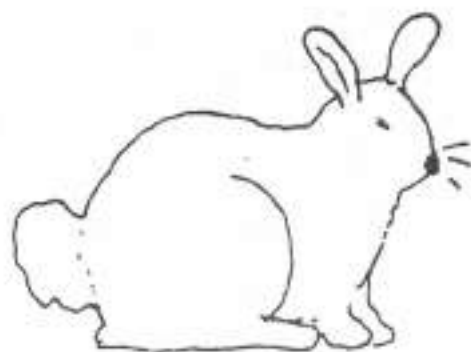
3. Componentes atmosféricos

En términos macro nuestra atmósfera es 4/5 nitrógeno (N_2) y 1/5 oxígeno (O_2). Más específicamente la relación en porcentaje de volumen es:

Nitrógeno	78.09 %
Oxígeno	20.95 %
Argón	0.93 %

El restante 0.03% se compone de dióxido de carbono (CO_2) y trazas de Neón, Helio, Ozono, etc. Es de seguro que esta relación porcentual hoy por hoy esta cambiando notablemente.

La mayoría de los seres vivos requerimos del oxígeno para vivir por ello somos catalogados como aeróbicos; los que no lo necesitan como por ejemplo el *Clostridium tetani* se denominan anaeróbicos (en realidad como el determinante de esta forma de vida es el oxígeno y no los restantes gases del aire,



CONEJO: *Syntalopus brasiliensis*

deberían llamarse anoxibióticos como lo indicó Wetland].

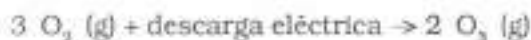
4. El ozono

Es una molécula trihomoatómica de oxígeno (O_3), cuya concentración troposférica normal es de 0.05 partes por millón (ppm). Se considera contaminante cuando su concentración supera o iguala las 0.15 ppm, como en el caso del aire de polución y el cercano a equipos eléctricos. Su concentración mayor troposférica, se da entre los 24 y 27 km de altura sobre el nivel del mar en el trópico, entre 19 y 21 km en latitudes medias y entre 13 y 18 km en los polos. Es más oxidante que el oxígeno y sólo superado en esta cualidad por el fluor, es de olor fuerte y penetrante tanto así que si inhalamos aire con proporción por encima de 1/30 ppm en ozono, las células tipo I de las vías respiratorias se oxidarían acarreamo problemas neumológicos, por esto es considerado como irritante pulmonar capaz de causar muerte por edema, caso evidente en ratones expuestos a concentraciones mayores de 2 ppm.

Causa entonces desca-
mación del epitelio cilíndrico propio de la vía respiratoria (Pseudoestratificado

ciliado) produce tumefacción y/o ruptura del endotelio capilar de los alvéolos pulmonares.

Entre los usos comerciales, el ozono es usado como germicida y blanqueador. Este compuesto puede formarse naturalmente cuando se dan los requerimientos energéticos necesarios, como la descarga eléctrica del rayo a una temperatura cercana a los 15000 grados centígrados que origina el átomo de oxígeno libre, el cual reacciona con oxígeno molecular (O_2) para dar ozono.



El ozono como gas inestable absorbe RUV y al hacerlo suele desintegrarse, convirtiéndose de nuevo en moléculas y átomos sueltos de oxígeno; el ozono se transforma sin cesar en la atmósfera a un ritmo que varía de acuerdo a la cantidad de luz ultra violeta, época del año, la formación de nubes estratosféricas polares, las manchas solares y con el día y la noche.

Puede producirse ozono artificialmente mediante un ozonizador y también por las chispas que saltan de los motores de los vehículos o cuando la LUV de las lámparas de esterilización irradia el oxígeno molecular del aire.

El ozono como franja atmosférica absorbente de radiación, dificulta la observación astronómica al filtrar la luz estelar que llega a nuestro planeta.

Se cree que la capa de ozono se formó hace 2000 millones de años (2 eones). Inicialmente el oxígeno apareció por obra de los RUV que llegaban hasta superficie del suelo debido a la carencia de atmósfera; estos rayos disociaron las moléculas de agua (H_2O) en oxígeno e hidrógeno; el primero fue captado por ciertos elementos de la corteza como el hierro y no quedó en libertad hasta que

dichos elementos estuvieron oxidados, luego la concentración de oxígeno se incrementó progresiva-

mente hasta formar una capa «barrera» que impidió en gran parte la penetración de los RUV.

Sólo entonces, la vida litosférica (propia-mente terrestre) pudo desarrollarse, considerando la edad eónica del universo, sus sistemas solares y lógicamente el de nuestro planeta, tan solo hace 500 millones de años la atmósfera llegó a una composición aproximada a la actual y a finales del período Silúrico (hace 420 millones de años) la atmósfera tenía un porcentaje bajo de ozono comparado con el actual.

5. Los freones

Son compuestos derivados del metano o del etano y en los cuales se ha sustituido hidrógeno por halógenos tales como bromo, fluor, cloro, etc. por esta razón también son llamados clorofluorometanos o clorofluorocarbonos (CFCs). Cuando en vez de cloro, el átomo de carbono se enlaza con átomos de bromo, se refieren éstos compuestos como halones.

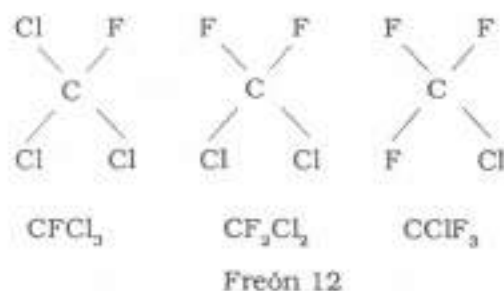
Son de vida larga debido a su poca reactividad y pueden sobrevivir de medio a un siglo en la atmósfera, siendo fabricados inicialmente por el hombre en 1928; se usan comúnmente en zonas industrializadas y fueron considerados



en una época productos óptimos, pues no implican toxicidad por su ya mencionada poca reactividad y además no se inflaman; son entonces hidrocarburos halofíticos de alto grado de halogenación. La industria los usa como propulsores de aerosoles, como gas circulante para refrigeración en congeladores, neveras y sistemas de aire acondicionado, sustancias para el cabello, en la fabricación de hule-espuma, como limpiador de chips de computadores, empaques de polietileno para alimentos, extinguidores de incendios, en medicina como indicador de escape pleural residual en caso de neumotorax espontáneo, etc. El carácter refrigerante que estos proporcionan ha adquirido importancia en los últimos 40 años al reemplazar los clásicos medios de refrigeración (NH_3 , SO_2 y CO_2); otros sustitutos de los CFCs son los HCFC (hidroclorofluorocarbonos), pero también son dañinos.

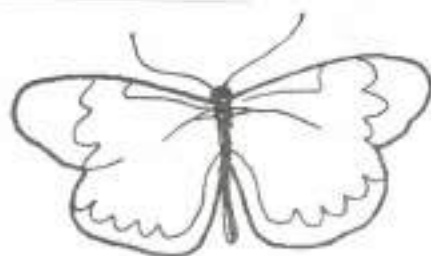
Las mayores industrias productoras de CFCs son: Shell, Dupont, Syntex y Richardson Merrel.

Detallados algunos Freones presentan las siguientes fórmulas estructurales:



6. Alteraciones del ozono

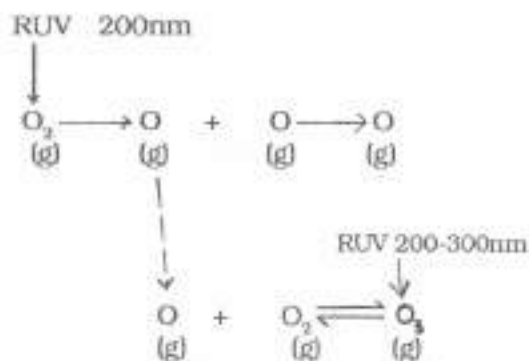
La RUV presenta un rango de acción desde los 10 nanómetros (nm) hasta los 400 nm, la radiación por debajo de los 200 nm es absorbida en la estratosfera y durante este proceso, el oxígeno molecular (O_2) se fragmenta en átomos, gran parte de los cuales se recombinan para formar de nuevo O_2 y otros reac-



DISMORFIA: Dismorfia hiposticta

cionan con moléculas de oxígeno (especialmente en la noche) para formar ozono.

La radiación comprendida entre 200 nm y 300 nm es absorbida por el ozono, el cual al «cargarse» de energía se fragmenta generando oxígeno atómico y molecular; este proceso natural nos lleva a un ciclo en el que el ozono se gasta y se regenera.

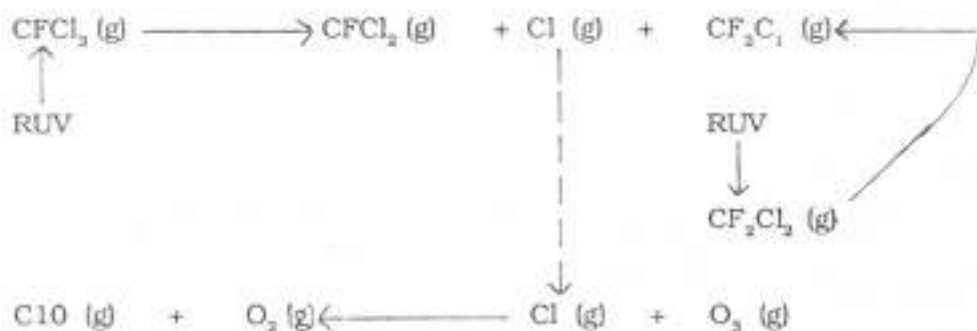


La RUV comprendida entre 260 nm y 290 nm es capaz de descomponer las estructuras más importantes de los seres vivos: Las proteínas y los ácidos nucleicos.

La RUV entre 300 nm y 400 nm no es filtrada y llega a nosotros, pigmentando la piel además de convertir el

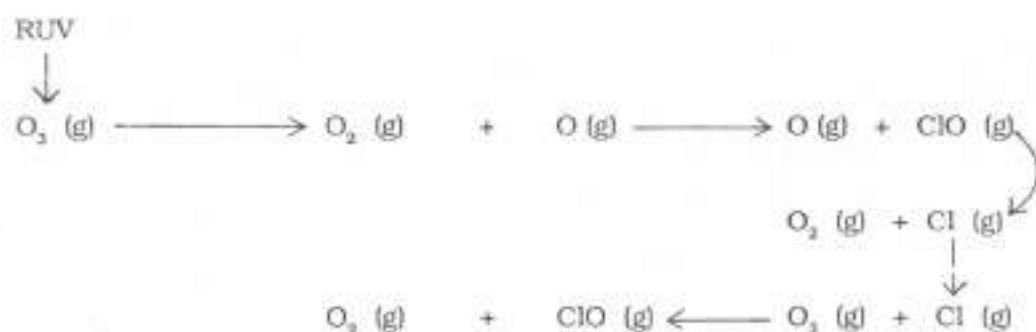
ergosterol subcutáneo en calciferol (poder antirraquitico); la irradiación excesiva predispone el desarrollo del cáncer de la piel, tipo carcinoma escamo o baso celular; en general no es letal, aunque algunos individuos mueren a consecuencia de invasión local profunda. Causa inflamaciones cutáneas y de la córnea. Cuando los freones se escapan

a la atmósfera, se dispersan y son afectados por la RUV, de esta manera la molécula que básicamente es inerte se satura de la energía que le proporciona la RUV y se fragmenta liberando un átomo de cloro que representa así, un peligro potencial pues «ataca» consumiendo ozono y generando oxígeno molecular y monóxido de cloro (ClO).



Ahora el monóxido de cloro reacciona fácilmente con el oxígeno atómico que se libera en la disociación ozónica por acción de RUV; así se forma oxígeno

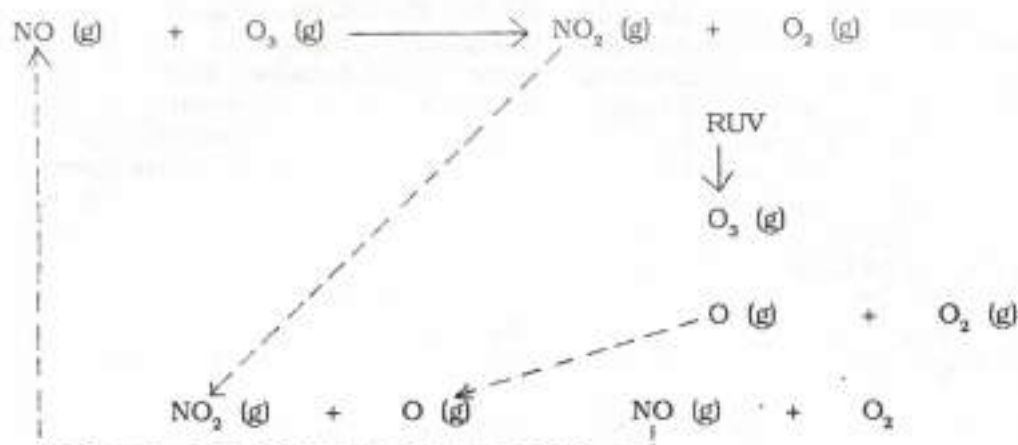
molecular y cloro que reinicia el ciclo «consumidor de ozono», es decir, que mantiene un papel catalítico en el empobrecimiento del ozono.¹



¹ Un sólo átomo de cloro se basta para destruir millares de moléculas de ozono antes de encontrar compuestos reactivos de hidrógeno o nitrógeno tales como NO_x y CH_4 atmosféricos que lo devuelven de nuevo a sus depósitos inertes de nitrato de cloro (ClONO_2) y ácido clorhídrico (HCl), minimizando la destrucción de O_3 . El contenido atmosférico en cloro ha pasado de unas 2.5 ppbv (moléculas de cloro por cada mil millones de moléculas de aire) en 1980 a unas 3.5 ppbv en 1990, esperándose aumento a 4.9 ppbv para el 2030.

Este proceso artificial no regenera el ozono, como también sucede en el caso de compuestos nitrogenados (NO y NO_2); el monóxido y el bióxido de nitrógeno que se forman durante las tormentas por acción de descargas eléctricas se precipitan a tierra con las aguas lluvias (disueltos en ellas) para formar nitritos y nitratos convirtiéndose en abono natural.

El NO y NO_2 vertido a nivel estratosférico



Recordemos que en 1971 el Senado de U.S.A votó por finalizar la ayuda para el avión de transporte supersónico Boeing debido a su potencial productor de NO y NO_2 y deterioro sustancial de la ozonósfera. Hoy en día el concorde realiza vuelos estratosféricos, así también aviones de guerra F14 y Mig29 y transbordadores espaciales, con deterioro sustancial del ozono.

El NO cataliza la descomposición del O_3 produciendo oxígeno molecular y bióxido de nitrógeno: este último reacciona con oxígeno atómico proveniente del ozono y genera de nuevo NO que reiniciar el ciclo «atacante» sobre este.

Actualmente el nivel de los CFCs se ha

por aviones supersónicos (SST), por la combustión incompleta de combustibles, por incendios a altas temperaturas, por oxidación de nitrógeno atmosférico que penetra en el motor de los coches, en el sistema hogar de calor de una estación de energía o de una planta industrial o de una vivienda, conjuntamente con el oxígeno del aire necesario para la combustión, deterioran el ozono.²

elevado 5% anualmente, la cantidad de óxidos de nitrógeno en la atmósfera también se ha incrementado rápidamente, de la cual el hombre ha aportado 1/3 del total, gran parte debido a los fertilizantes nitrogenados; se cree que los CFCs alcanzarán en decenios la estratosfera media a unos 30 km de altura y quizás el ozono no retorne a niveles anteriores a los de la formación del agujero de ozono, hasta apenas a mediados del siglo XXI. La naturaleza también magnifica el deterioro de la ozonósfera merced a erupciones volcánicas; cuando el volcán Chichón en México erupió; su acción destructora de ozono se hizo máxima 8 a 13 meses después con disminución en 6%

²En la combustión incompleta de combustibles se liberan además C, CO, SO_2 e hidrocarburos que actúan como fuentes de contaminación atmosférica; además entre mayor sea la temperatura a que tiene lugar el proceso de combustión, mayor será la cantidad de óxidos de nitrógeno formados como en el caso de las explosiones nucleares atmosféricas (no subterráneas).

en las latitudes media y alta del hemisferio norte; la erupción del monte Pinatubo en Filipinas sería el doble de importante que la del Chichón y como el contenido de cloro en la atmósfera ha aumentado en cerca del 40% desde la erupción de este último, ha de suponerse una acción devastadora sobre la capa de ozono, esta vez propiciada por la madre naturaleza.

Lo anterior hace suponer deterioro del ozono y de hecho lo es; investigadores de la misión británica en el Antártico notaron disminución de más del 40% de la ozonosfera desde 1977, y el espectrómetro de rastreo de ozono a bordo del satélite de la NASA Nimbus 7 para 1987 había rastreado un hoyo en la capa de ozono estratosférico incrementado en casi el 50% en un lapso de 10 años.

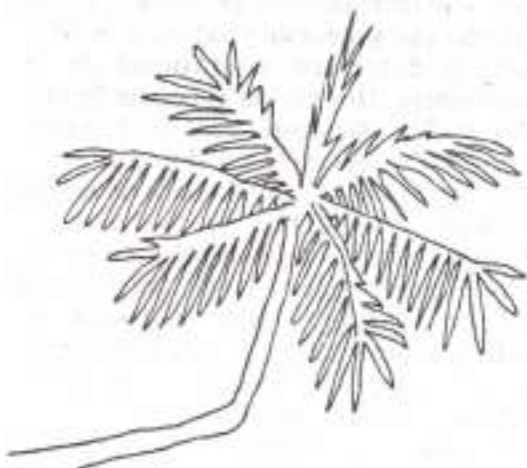
Hay ya prueba de daños en la capa de ozono en el hemisferio norte: en 1988 se determinó que el ozono atmosférico entre 30 y 60 grados de latitud norte (incluye E.U.A. China, Antigua URSS, Japón, Europa, etc.) había disminuido, se calcula que la capa de ozono se habrá reducido en 3% más fuera de lo actual hacia finales del presente siglo y que a escala planetaria esta disminución representa 0.8% entre las latitudes 65 grados norte y 65 grados sur. La reducción en la capa de ozono sobre la antártida que antes sólo se producía en invierno (particularmente en septiembre y octubre), ahora también se produce en otras estaciones.

Si la RUV no se filtra, las hojas de las plantas sufren daños alterándose la fotosíntesis, incrementándose las tasas de cáncer de la piel, las lesiones de los ojos y cambios de los sistemas inmunológicos de los animales incluido el hombre.

Con el «ozonocidio»¹ se incrementa relativamente la concentración de oxígeno y bastaría sólo un aumento de aproxima-

damente un 4% de este elemento en la atmósfera, para poner al mundo en peligro de conflagración; es decir, cuando el contenido de O₂ ascienda al 24% hasta los brotes de plantas empapados se inflamarían. Velemos comúnmente por el ambiente, el daño ecológico no tiene fronteras, nos afecta a todos por igual.

Solo somos pasajeros de momento en la nave tierra, luego lo serán nuestros hijos, por ello debemos legarles un buen ecosistema, para ello no usemos propelentes elaborados a base de freones, usemos otros así sean un poco más costosos (desodorantes en spray que no dañen la capa de ozono), no a las quemadas de todo lo que se nos atraviesa que parece ser más lesiva que la producida por los CFCs, no a la tala de bosques, cuando sea necesario talar que con anterioridad se cultiven nuevos árboles para que el balance poblacional de plantas se conserve.



PALMITA: *Chamaedorea brevifrons*

Bibliografía

- Asimov, Isaac. **Fotosíntesis**. Orbis. 1985.
- Breuer, George. **El aire en peligro**. Salvat. 1987.
- C. Guyton, A. **Tratado de Fisiología Médica**. Interamericana. 1989.
- D. Ebbing, Dorell. **General Chemistry**. Houghton Mifflin Company. 1984.
- Diario La Patria. Manizales. Colombia. Abril 1993.
- E. Lovelock, J. Gaia. **Una visión de la vida sobre la tierra**. Orbis. 1985.
- Goodman - Gilman. **Las bases farmacológicas de la terapéutica**. Panamericana. 1989.
- Hardy, Wright, Gribbin y Kington. **El libro del Clima**. Orbis. 1985.
- J. B. Rusell, A. Lorena. **Química**. Mc Graw Hill. 1989.
- Junqueira, L. C. Carneiro, J. **Histología Básica**. Salvat. 1988.
- J. Kormondy, E. **Concepto de Ecología**. Alianza. 1975.
- N. Levine, Ira. **Fisicoquímica**. Mc Graw Hill. 1981.
- O.M.S. **Los alimentos y la salud**. Salvat. 1987.
- Petrucci, Ralph H. **Química General**. Fondo Educativo Interamericano S.A. 1977.
- Revista Facetas. Oficina Editorial U.S.A. 3, 1989.
- Revista Facetas. Oficina Editorial U.S.A. 4, 1988.
- Revista Iadiba. Junio de 1988.
- Revista Iadiba. Octubre de 1991.
- Revista Investigación y Ciencia. 1991.
- Revista Politécnico Gran Colombiano. Volumen V. 10, 1991.
- Revista Mundo Científico. Número 122. marzo 1992.
- Sala, Francesco. **La Tierra**. Circulo. 1985.
- Sienko y Plane. **Química**. Aguilar. 1967.