

# LA CAPA DE OZONO

Marco Vinicio Sánchez Vega\*

## RESUMEN

El ozono estratosférico ( $O_3$ ) es un gas que forma una capa que nos protege de la radiación ultravioleta tipo B (UV-B), perjudicial para la vida en el planeta. La capa de ozono se encuentra en la estratosfera. La cantidad de ozono se ve disminuida debido a su reacción con contaminantes de origen humano. Entre los contaminantes más perjudiciales para la capa de ozono se encuentran: los clorofluorocarbonos (CFCs), el gas metano ( $CH_4$ ), el óxido nitroso, el monóxido de cloro (ClO), entre otros. La destrucción de la capa de ozono hace que los rayos ultravioleta lleguen a la superficie de la biosfera y puedan interferir en la capacidad fotosintética y el crecimiento de las plantas. Otra consecuencia es el aumento del riesgo de cáncer de piel en los seres humanos y los animales.

## PALABRAS CLAVE

• Problemas ambientales • Gases de efecto invernadero •  $O_3$  • Radiación ultravioleta.

*Hace unos dos mil millones de años, muchos de los microorganismos que vivían en el agua evolucionaron con la capacidad de efectuar la fotosíntesis. De forma gradual, esos organismos empezaron a agregar oxígeno a la atmósfera. Conforme parte de ese elemento ascendía, reaccionó con la radiación ultravioleta y se convirtió en ozono en la estratosfera. Antes de que se presentara la existencia de altas concentraciones de oxígeno sobre la tierra, solo podía existir la vida en el agua, donde estaba protegida contra los intensos rayos ultravioleta del Sol.*

TYLER MILLER, 1994.

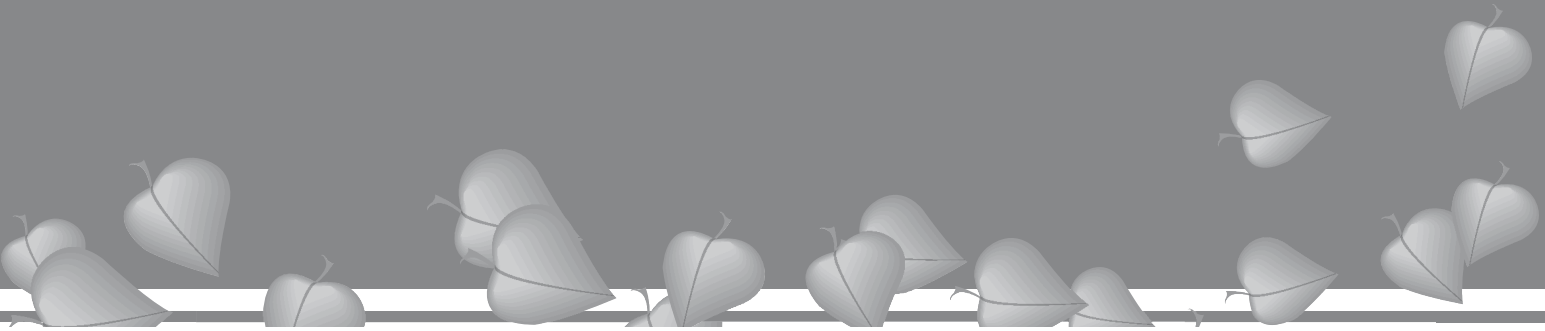
En la actualidad, muchos tipos de plantas y animales sobrevivimos porque la delgada capa de ozono en la estratosfera actúa como un filtro, al evitar que gran parte de la nociva radiación ultravioleta, producida por el sol, llegue a la superficie de la Tierra.

El ozono estratosférico ( $O_3$ ) es un gas. En la estratosfera, situada entre los 10 a 40 Km sobre la superficie del suelo (Figura 1), la capa de ozono protege el planeta de la radiación ultravioleta tipo B (UV-B), de longitudes de

\* Profesor de Biología y Ciencias, Ministerio de Educación Pública (MEP), Costa Rica. Correo electrónico: mvs100@costarricense.cr

Recibido: 01/02/08 Aceptado: 19/03/08





onda entre los 280 y los 315 nm), biológicamente perjudicial. La radiación de esta estrecha banda de longitudes de onda puede interferir en la capacidad fotosintética y el crecimiento de las plantas verdes, así como producir cáncer de piel en el ser humano y los animales (Smith y Smith, 2000).



FIGURA 1  
Ubicación de la capa de ozono en la atmósfera.

En la estratosfera, la cantidad de ozono se ve disminuida debido a su reacción con contaminantes de origen humano. En la troposfera, el ozono surge de la unión entre los óxidos de nitrógeno y el oxígeno, en presencia de la luz del sol. Una reacción cíclica que requiere de la luz del sol mantiene el ozono en la estratosfera. La radiación

solar rompe el enlace O—O del O<sub>2</sub> (oxígeno). Los átomos de oxígeno liberados se combinan rápidamente con el O<sub>2</sub> para formar O<sub>3</sub>. El resultado es un fino velo de ozono renovable muy concentrado. Estas moléculas de ozono absorben aproximadamente el 99% de la radiación ultravioleta perjudicial entrante desde el sol (UV-B) y evitan que alcance la superficie de la Tierra.

Al mismo tiempo una reacción inversa consume ozono para formar O y O<sub>2</sub>. En la estratosfera, en condiciones naturales, existe un balance entre las tasas de formación y de destrucción del ozono. Sin embargo, recientemente, una serie de productos químicos de origen humano y algunos de origen biológico inyectados en la estratosfera, han sido lo suficientemente reactivos para reducir la cantidad de ozono estratosférico.

Entre los contaminantes más perjudiciales para la capa de ozono se encuentran: los clorofluorocarbonos (CFCs), el gas metano (CH<sub>4</sub>), tanto de origen natural como artificial, y el óxido nitroso procedente de la desnitrificación de los fertilizantes sintéticos nitrogenados. También es muy preocupante el monóxido de cloro (ClO), derivado de los clorofluorocarbonos que son utilizados como propelentes en los aerosoles, refrigerantes y solventes, entre otros.

En 1974, los químicos Sherwood Roland y Mario Molina, emitieron la teoría de que los clorofluorocarburos (CFCs) elaborados por los humanos, conocidos también como “freones”, estaban provocando la disminución de la concentración de la capa de ozono en la estratosfera y creando una bomba de tiempo en el planeta. Nadie sospechó dicha posibilidad cuando los CFC fueron desarrollados en 1930.

Rowland y Molina, citados por Nebel y Wright (1999), explican la formación y descomposición de la capa de ozono como sigue:

El ozono de la estratosfera es un producto de la acción de la radiación ultravioleta (UV) y las moléculas de oxígeno (O<sub>2</sub>). La elevada energía de la radiación hace que algo de este oxígeno molecular se separe en átomos libres (O), que entonces se combinan con las moléculas y forman el ozono, tal como se ilustra a continuación:



No todas las moléculas de oxígeno se convierten en ozono, pues algunos átomos libres se combinan con otras de ozono y forman dos de oxígeno:



Cuando el ozono absorbe UV-B se convierte de nuevo en moléculas y átomos libres de oxígeno:



La cantidad de ozono de la estratosfera es dinámica, es decir hay un equilibrio debido al ciclo constante de reacciones de formación (ecuaciones 1 y 2) y de destrucción (ecuaciones 3 y 4). Rowland y Molina razonaron que, aunque los CFCs fueran estables en la troposfera (se ha descubierto que ahí duran de 60 a 100 años), en la estratosfera la intensa radiación ultravioleta los descompondría y liberaría átomos de cloro:



Todos los átomos de cloro se desprenderían de las moléculas de CFC a consecuencia de la descomposición fotoquímica. Entonces, los átomos de cloro formarían con el ozono monóxido de cloro y oxígeno molecular, tal como sigue:



Más aún dos moléculas de monóxido de cloro reaccionan y liberan más cloro además de otra molécula de oxígeno:

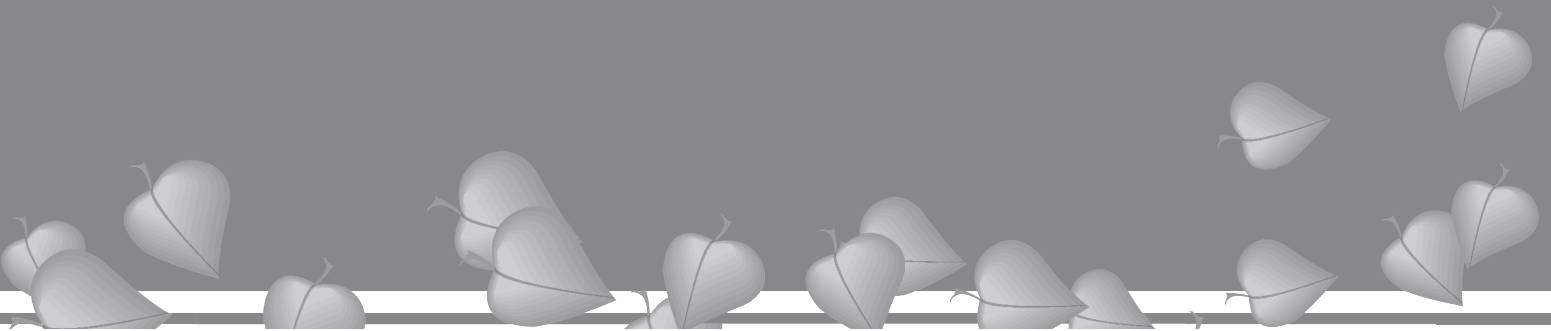


Las reacciones 6 y 7 comprenden el ciclo del cloro, porque se regenera todo el tiempo en las reacciones con el ozono. Así, el cloro actúa como catalizador que propicia las reacciones químicas sin consumirse. Como dura mucho tiempo (de 40 a 100 años), cada átomo de cloro tienen la posibilidad de descomponer 100 000 moléculas de ozono.

Los dos CFCs usados más ampliamente son: el CFC-11 (triclorofluorometano) y el CFC-12 (diclorofluorometano). Cuando se desarrollaron estas sustancias químicas con características muy especiales tales como: estables, incoloras, no inflamables, no tóxicas y no corrosivas, fueron un sueño para los químicos. Pronto se utilizaron como enfriantes en acondicionadores de aire y refrigeradores, y como componentes en los envases rociadores "sprays" de aerosoles. En la actualidad, se usan para limpiar partes electrónicas, como los microcircuitos o "chips" de las computadoras, como esterilizantes en hospitales, como fumigantes para graneros y cargamentos, y para crear las burbujas en la espuma del plástico poliestireno, muy utilizadas en la industria para aislamiento y empaque. Los compuestos que contienen bromo, llamados halones, también son ampliamente usados, principalmente en los extintores o extinguidores de incendios.

Otras sustancias químicas empleadas que destruyen el ozono son el tetracloruro de carbono (principalmente como solvente) y el metil-cloroformo, o 1,1,1-tricloroetano, utilizado como un solvente para limpiar metales y en más de 160 productos para el consumidor, como líquido corrector en rociadores para limpiar en seco, en adhesivos de rociado y en otros aerosoles (Nebel y Wright, 1999; Smith y Smith, 2000; Tyler Miller, 1994).





Este “escudo global” de ozono es importante porque: 1- Permite a la especie humana y a otras formas de vida (plantas, hongos, microorganismos, animales superiores, etc.), existir sobre la Tierra; 2- Ayuda a proteger a los humanos de las quemaduras del sol, del cáncer de piel y de la vista, de las cataratas y de daños en el sistema inmunológico; 3- Evita que gran parte del oxígeno de la troposfera se convierta en ozono, un contaminante perjudicial del aire; 4- No permite que se incremente la temperatura en las capas bajas de la atmósfera, ni se produzcan cambios en los patrones de circulación del aire, además contribuye al efecto invernadero.

### ¿Cómo podemos proteger la capa de ozono?

El consenso científico es detener inmediatamente la producción de todos aquellos químicos que destruyen el ozono. Aun con una acción inmediata, los modelos señalan que se tardarían entre 50 – 60 años para que la capa de ozono volviera a los niveles de 1975 y otros 100 - 200 años en recuperarse totalmente los niveles anteriores a 1950.

Ya hay disponibles sustitutos de los CFCs (cloro-fluorocarbonos) para la mayoría de los usos, y se están desarrollando otros. Un sustituto para los CFCs son los carburos fluoroclorhídricos o CFCH (como el  $\text{CHClF}_2$ ). Sin embargo, si se utilizan en cantidades masivas, los  $\text{CHClF}_2$  pueden causar el agotamiento del ozono y actuar como potentes gases de efecto invernadero.

Todos los docentes, independientemente de su campo profesional, son los profesionales más indicados para orientar e inculcar en los niños, adolescentes y adultos, la necesidad de proteger la capa de ozono y concienciar a la humanidad sobre la importancia de asumir responsabilidades para todos y de esta manera proteger la vida que nos rodea.

Una posible manera en que el docente puede ayudar, para que no se siga deteriorando la capa de ozono, es el dar a conocer a los educandos cuáles son los compuestos químicos dañinos, e identificar cuáles productos los poseen para evitar su uso continuo y masivo. Así, las compañías que comercializan estos productos se ven en la obligación de investigar y emplear otras alternativas que no produzcan daños ambientales sobre los elementos necesarios para que continúe la vida en el planeta.

Entre las posibles recomendaciones importantes de dar a conocer a los educandos por su fácil implementación estarían las siguientes: 1- Evitar el consumo de desodorantes en “spray” (la mayoría contiene CFCs), sustituyéndolos por los de barra o de bola; 2- Preferir los fijadores de cabello en gel, en lugar de los de “spray”; 3- Evitar los desodorantes ambientales en su oficina, al mantener una buena ventilación; 4- Incrementar el uso de insecticidas naturales; 5- Evitar las fugas de los cilindros que contienen gas metano utilizado para cocinar, entre otros.

### Referencias

- NEBEL, B.J. Y R.T. WRIGHT. 1999. Ciencias ambientales: ecología y desarrollo sostenible. Pearson Educación. Sexta edición. México. 698p.
- SMITH, R.L. Y T. M. SMITH. 2000. Ecología. Addison Wesley. Cuarta edición. Madrid, España. 642p.
- TYLER MILLER, G. 1994. Ecología y medio ambiente: introducción a la ciencia ambiental, el desarrollo sustentable y la conciencia de conservación del planeta Tierra. Grupo Editorial Iberoamérica. 867p.
- TYLER MILLER, G. 2002. Ciencia ambiental: preservemos la Tierra. Quinta edición. Thomson. Australia. 456p.