

¿POR QUÉ HAY UN HOYO DE OZONO EN LA ATMÓSFERA, CUANDO ABUNDA A NIVEL DE SUELO?

José Luis Carrillo Aguado
Divulgación científica
Conversus

Resumen

El ozono (O_3) cumple funciones opuestas según la capa atmosférica en que se encuentra: en la troposfera es un contaminante que daña la salud humana y los ecosistemas, mientras que en la estratosfera forma el escudo que protege a la Tierra de la radiación ultravioleta de onda larga. Los clorofluorocarbonos (CFC), utilizados como refrigerantes y propelentes, ascienden hasta la estratosfera y destruyen el ozono al convertirlo en oxígeno. El descubrimiento de este mecanismo, reconocido con el Premio Nóbel de Química en 1995, impulsó el Protocolo de Montreal, acuerdo internacional que busca la recuperación completa de la capa de ozono en los próximos 50 a 100 años.

Palabras Clave: ozono, estratosfera, troposfera, clorofluorocarbonos, Protocolo de Montreal.

1. El ozono bueno y el ozono malo

El ozono (O_3) en la troposfera ---la capa de la atmósfera más baja--- es denominado «ozono malo», debido a que en cantidades elevadas afecta la salud humana y causa daño a cultivos y bosques. La capa de ozono en la estratosfera, la capa superior, es denominada «ozono bueno» debido a que forma un escudo protector contra la radiación ultravioleta de onda larga que proviene del Sol y es dañina.

Según el científico Ross J. Salawitch, investigador del *Jet Propulsion Laboratory* de la NASA, los niveles de ozono atmosféricos son regulados básicamente por procesos químicos locales. En la estratosfera, el ozono es producido por el rompimiento de oxígeno molecular (O_2) por la luz solar ultravioleta de onda corta; entonces los átomos de oxígeno separados se recombinan con otra molécula de gas oxígeno para formar ozono. La abundancia del ozono estratosférico se mantiene como un líquido que fluye en una cubeta con gotera. El ozono se produce y renueva continuamente por procesos naturales, pero los contaminantes industriales y nuevas goteras en la cubeta reducen posteriormente los niveles de ozono estratosférico.

2. Los clorofluorocarbonos y el daño al ozono

Los clorofluorocarbonos (CFC) son responsables de la mayor parte de la degradación del ozono atmosférico observada. Estos gases han sido usados como refrigerantes y solventes, así como propelentes en latas de aerosol. A pesar de que los CFC no son reactivos en la troposfera, pueden ser transportados lentamente a la estratosfera donde se rompen en moléculas tales como los monóxidos de cloro (CLO), que degradan al ozono mediante su reconversión en oxígeno.

Por sus descubrimientos sobre la formación y descomposición del ozono, gracias a lo cual se pudo tomar una decisión de largo alcance para prohibir la liberación de gases que destruyen el ozono que protege a la Tierra de los rayos ultravioleta de onda larga, la Real Academia de Ciencias de Suecia otorgó el Premio Nóbel de Química 1995 al mexicano-estadounidense José Mario Molina Henríquez, al estadounidense Frank Sherwood Rowland y al holandés Paul Crutzen. En la entrega, llevada a cabo hace 12 años, se hizo mención al mérito que estos investigadores tuvieron al contribuir a salvarnos de un problema ecológico mundial que podría tener consecuencias catastróficas.

Según las estimaciones de Sherwood Rowland y Mario Molina, si la producción de CFC siguiera en aumento, la reducción de la capa de ozono sería de un 30 al 40 por ciento para 2050, lo que hubiese causado un daño ecológico incalculable y cerca de 150 millones de personas hubieran sufrido cáncer de piel en el mundo.

3. Niveles de ozono y la unidad Dobson

Los niveles de ozono estratosférico típicos son de alrededor de 400 unidades Dobson (DU), denominadas así en honor al científico británico Gordon Dobson, pionero en la medición del ozono atmosférico. Cada primavera sobre la Antártica, condiciones de frío extremas posibilitan reacciones químicas que producen niveles muy altos de CLO, resultando en una remoción rápida de ozono. Con el agujero de ozono, los niveles pueden bajar a 85 DU.

Los niveles de ozono troposférico típicos son de alrededor de 25 DU, pero varían substancialmente en función de condiciones locales. La producción de ozono en la troposfera es mucho menos eficiente que en la estratosfera debido a que la intensidad de la luz solar ultravioleta es reducida enormemente. Las actividades humanas tales como la combustión de derivados del petróleo y carbón y la quema de biomasa llevan a niveles elevados de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y óxidos de hidrógeno troposféricos. Estos gases participan en una serie de reacciones químicas que producen ozono.

4. Intercambio entre troposfera y estratosfera

En la troposfera, la temperatura disminuye mientras se eleva la altitud, permitiendo que ocurra la *convección* (la mezcla vertical rápida de parcelas de aire). En su límite con la estratosfera, la temperatura empieza a elevarse y la convección se detiene.

En ausencia de convección, un lento intercambio de aire ocurre a través del límite entre la troposfera y la estratosfera. Los CFC son transportados a la estratosfera por este proceso, que también permite el intercambio de ozono entre los niveles atmosféricos. La transferencia neta de ozono se lleva a cabo desde la estratosfera hacia la troposfera, debido a que los altos niveles de ozono están en las capas superiores. Este intercambio, sin embargo, juega un papel menor en la determinación de la abundancia tanto en la estratosfera como en la troposfera.

5. El Protocolo de Montreal y las perspectivas

El Protocolo de Montreal ha asumido como símbolo la reducción en la producción de CFC alrededor del mundo, por lo que se espera una recuperación completa de la capa de ozono estratosférico en los próximos 50 a 100 años. Esfuerzos mayores para poner en práctica estrategias de control de emisiones intentarán limitar el ozono troposférico a niveles menores a los límites recomendados. Estas iniciativas tienen ante sí el reto de la industrialización global y el hecho de que el ozono troposférico se ve afectado por contaminantes locales así como por aquellos emitidos en fuentes distantes, ya que el viento es capaz de arrastrarlos hasta otros continentes. Lo bueno es que Sherwood Rowland, Molina y Crutzen ya nos advirtieron.

Referencias

- [1] Molina, M. J. y Rowland, F. S. "Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: Chlorine atom catalysed destruction of ozone". *Nature*, vol. 249, pp. 810--812, 1974.
- [2] Salawitch, R. J. "Atmospheric chemistry: Biogenic bromine". *Nature*, vol. 392, pp. 274--276, 1998.
- [3] Crutzen, P. J. "The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content". *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 96, pp. 320--325, 1970.
- [4] *Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 1987.