

¿Se está recuperando la capa de ozono?

Conclusiones de la última Evaluación de la capa de ozono de la OMM y el PNUMA

por la Secretaría de la OMM¹



La Evaluación de la capa de ozono de 2014 actualiza la información sobre el estado actual de la capa de ozono y realiza predicciones sobre su retorno al estado de 1980. En latitudes medias septentrionales (35° 60° N), la cantidad total de ozono es en la actualidad aproximadamente un 3,5% menor que en el periodo 1964-1980. En las mismas latitudes del hemisferio austral, es alrededor de un 6% menor. Esta mayor reducción está asociada al agujero de ozono del Polo Antártico. La cantidad total de ozono, descendente durante las décadas de 1980 y 1990, se ha estabilizado desde 2000. Enmascarados bajo la variabilidad interanual, hay indicios de un ligero incremento en los últimos años, pero no parecen estadísticamente significativos. A unos 40 km de altitud hay signos más claros de aumento reciente del ozono, pero su significación estadística aún está siendo estudiada por la comunidad científica.

El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono, firmado en 1987, ha mostrado su eficacia puesto que la cantidad de clorofluorocarbonos está disminuyendo lentamente en la actualidad. Sin embargo, aunque es corriente la creencia de que el problema ya se ha resuelto y que la capa de ozono ha recuperado su estado original, la realidad es que todavía existen en la atmósfera cantidades suficientes de cloro y bromo procedentes de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) como para causar la destrucción total del ozono existente entre los 14 y 20 km de altitud en la estratosfera antártica. Una medida común de la carga de SAO en la atmósfera es el cloro estratosférico efectivo equivalente, que tiene en cuenta el efecto combinado del cloro y del bromo. Desde su valor máximo de 3,79 ppb (partes por mil millones) entre 2000 y 2002, se ha pasado a 3,45 ppb, una disminución del 9,0%, y tardará varios decenios en volver al valor de 2,05 ppb de 1980 (año que suele tomarse

como referencia porque en torno a esa fecha apareció el primer agujero en el ozono antártico).

Historia de la evaluación del ozono

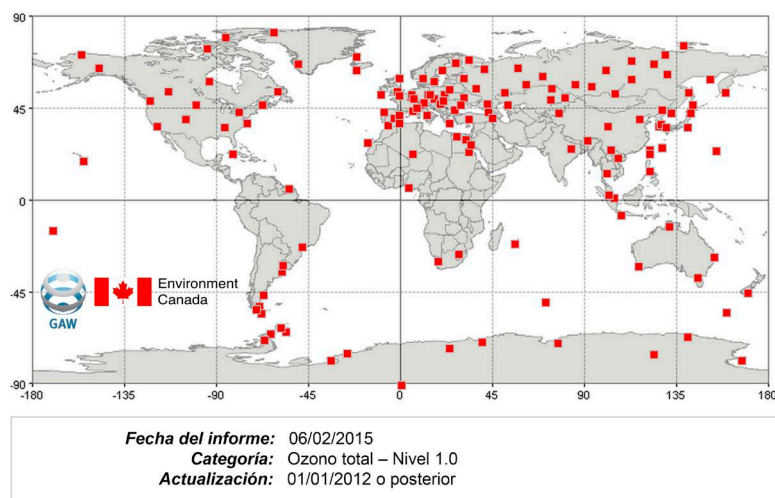
A principios de la década de 1970 se publicaron las primeras advertencias de los posibles peligros para la capa de ozono que entrañan las actividades humanas. El primer factor identificado estaba asociado a las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) por parte de una flota de aeronaves supersónicas de pasajeros, como el Concorde. Después surgieron alertas relacionadas con las emisiones de ácido clorhídrico por los motores del Transbordador Espacial de la NASA. En 1974, el célebre artículo de Sherwood Rowland y Mario Molina advirtió de que el cloro liberado por los clorofluorocarbonos (CFC) podría destruir el ozono estratosférico.

Estas publicaciones condujeron a la OMM a tomar la iniciativa en 1975 de dirigir la primera evaluación internacional del estado de la capa de ozono. En 1977, la OMM y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) establecieron el Plan de Acción sobre la Capa de Ozono. En 1981 se publicó la primera Evaluación científica del agotamiento de la capa de ozono de la OMM y el PNUMA, a la que siguieron otras en 1985, 1988, 1991 y 1994. Elaboradas en colaboración con muchos organismos medioambientales nacionales, estas evaluaciones se vienen publicando cada cuatro años, hasta la última de 2014. Una de las misiones del Programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM es contribuir a estas evaluaciones científicas como apoyo a las políticas medioambientales.

¿Por qué es mayor la pérdida de ozono en las regiones polares?

El agujero de ozono antártico sigue apareciendo cada primavera, tal como cabe esperar dada la abundancia

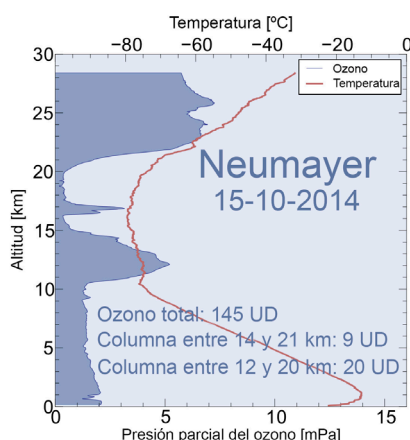
¹ Geir Braathen, Programa de Investigación de la Atmósfera, OMM.



Las observaciones de la VAG de la cantidad total de ozono en columna y de su distribución vertical proporcionan datos esenciales para la evaluación del estado y la evolución de la capa de ozono estratosférico (arriba, estaciones de la VAG de medición del ozono total en columna que envían datos desde el 1 de enero de 2012). Los datos se almacenan y están disponibles de forma abierta en el Centro mundial de datos sobre el ozono y la radiación ultravioleta (WUODC), con sede en el Ministerio del Medio Ambiente de Canadá, en Toronto.

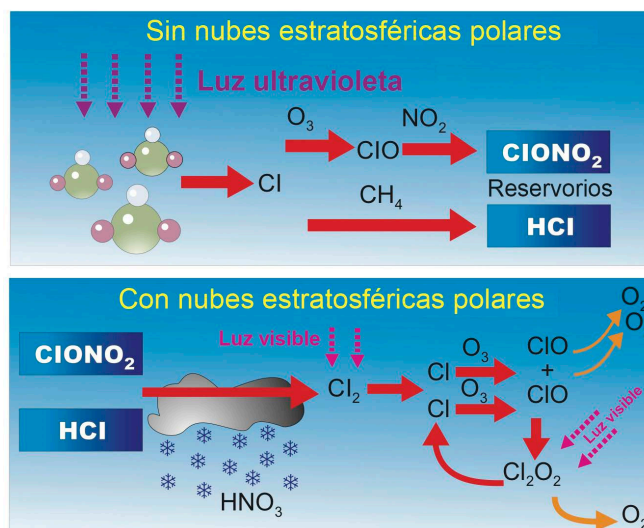
actual de SAO. Todos los años, desde agosto hasta noviembre, la estratosfera antártica es testigo de pérdidas sustanciales de ozono.

También en las regiones árticas puede ocurrir una pérdida sustancial de ozono estratosférico, aunque en menor grado que en las antárticas, donde estas pérdidas son intensas cada invierno y cada primavera. Esto se puede explicar por las diferentes condiciones meteorológicas en la estratosfera de ambas zonas. El Polo Ártico puede experimentar inviernos estratosféricos fríos algunos años, pero entre medias habrá años con inviernos más templados. En el Antártico, por el contrario, todos los inviernos son fríos. En el invierno y la primavera de 2011, la estratosfera ártica fue particularmente fría y esto, como era de esperar, conllevó un agotamiento notable de la capa de ozono, de tal manera que el grado de pérdida ese año es comparable a la disminución observada en 1982/1983 en el Polo Sur (donde el agujero de la capa de ozono se profundizó durante los veinte años siguientes).



Perfil de ozono detectado por la base alemana Neumayer, en la Tierra de la Reina Maud (Antártida), el 15 de octubre de 2014. Se observa como, en esencia, todo el ozono desaparece entre los 14 y los 21 km de altitud, quedando solo 9 unidades Dobson (UD) en esa capa.

¿Cómo se explica que la reducción del ozono sea mayor en las regiones polares que en las latitudes medias? Se debe a las diferentes condiciones meteorológicas y a la formación de nubes estratosféricas polares. La estratosfera, con solo unas 5 ppm (partes por millón) de vapor de agua, es muy seca en comparación con la troposfera; por ello es raro observar nubes en la estratosfera. No obstante, si la temperatura disminuye por debajo de -78°C , es posible que se formen nubes en esta capa. Y estas temperaturas solo se alcanzan en las regiones polares, más en el sur que en el norte.



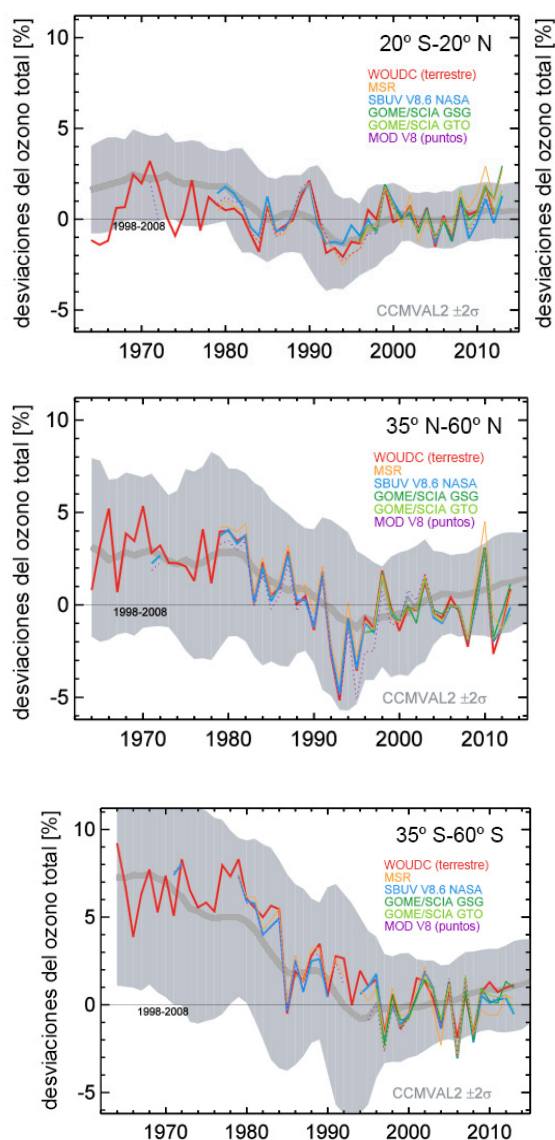
Las nubes estratosféricas polares, más frecuentes en el sur que en el norte, desencadenan reacciones químicas que transforman los reservorios de gases inertes (HCl y ClONO_2) en cloro activo (ClO), destructor de ozono a través de un ciclo catalítico por el cual una simple molécula de cloro (Cl_2) puede destruir miles de moléculas de ozono. Esto explica por qué unas pocas partes por mil millones de cloro pueden destruir varias partes por millón de ozono. (Diagrama: Finn Bjørklid, Instituto Noruego para la Investigación Atmosférica, NILU).

¿Se restablecerá la capa de ozono?

En total concordancia con el Protocolo de Montreal, la capa de ozono retornará lentamente a su estado original,

esto es, al anterior a 1980. Cabe esperar que la recuperación total ocurra antes de mediados del siglo XXI sobre las latitudes medias y árticas, y algo más tarde sobre las antárticas.

La evolución de la capa de ozono en la segunda mitad de siglo dependerá en gran medida del contenido en la atmósfera de los gases de efecto invernadero de larga duración: dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4). A mayor cantidad de CO_2 y CH_4 , mayor aumento global de los niveles de ozono, mientras que a mayor cantidad de N_2O , mayor reducción de ozono, pues el N_2O es una fuente de óxidos de nitrógeno (NO_x) en la estratosfera.



Anomalías medias anuales de la columna total de ozono en relación al promedio del periodo 1998-2008, según diferentes conjuntos de datos y distintas latitudes: arriba, 20° S-20° N (trópicos); centro, 35° N-60° N (hemisferio norte); y abajo, 35° S-60° S (hemisferio sur). Las líneas de colores muestran los resultados obtenidos a partir de datos de estaciones terrestres y satelitales. La línea gris representa promedios de anomalía media anual simulados por varios modelos, y la zona gris la banda de ± 2 desviaciones típicas correspondiente.

En los trópicos, los modelos proyectan para este siglo reducciones significativas en la columna de ozono debido a la intensificación de la circulación de Brewer-Dobson, forzada por el incremento de los mencionados gases de efecto invernadero de larga duración.

¿Podemos acelerar la recuperación de la capa de ozono?

En líneas generales, el Protocolo de Montreal está siendo eficaz, y la comunidad global se ha esforzado por reducir gradualmente las SAO y recuperar la capa de ozono. Existen otras opciones, aunque limitadas, para mitigar las futuras disminuciones de ozono. Un tema objeto de debate entre las Partes del Protocolo de Montreal son los llamados “bancos” de SAO contenidos en equipos antiguos que aún no han sido restaurados ni eliminados, como, por ejemplo, los viejos frigoríficos que se han tirado sin reciclar. Estos aparatos se irán deteriorando hasta que las SAO de su interior se filtren a la atmósfera, ralentizando la recuperación de la capa de ozono. Es de esperar que estas emisiones contribuyan más a la reducción de la capa de ozono que las causadas por futuras producciones de SAO, incluso suponiendo que se cumpla el Protocolo.



Geir Braathen

Las nubes estratosféricas polares suelen aparecer en forma de ondas a sotavento cuando un viento fuerte a todos los niveles atraviesa una cadena montañosa. En estas ondas, la temperatura puede caer por debajo de -80°C , e incluso de -90°C , de manera que los reservorios de gases clorados contenidos en el seno de los cristales de hielo se transforman en cloro activo que destruye el ozono.

Otro tema polémico en las conversaciones de Montreal es el reciente descubrimiento de que el tetracloruro de carbono (CCl_4) atmosférico no disminuye tan rápidamente como era de esperar a tenor de la información que se tiene sobre sus emisiones. Las proyecciones inversas, basadas en la abundancia observada en la atmósfera, indican emisiones mucho mayores que las notificadas por las Partes del Protocolo, lo que significa que existe una fuente desconocida de CCl_4 . Este hecho

demuestra la importancia y utilidad de las observaciones atmosféricas como mecanismo independiente de verificación del cumplimiento de los tratados medioambientales.

Compuestos sustitutivos

Al quedar claro a mediados de la década de 1980 que los CFC eran responsables del agujero de ozono antártico y que debían ser prohibidos, la industria química inventó rápidamente compuestos menos nocivos para el ozono. Estos compuestos sustitutivos, como los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), suelen tener solo un 10% de la capacidad de los CFC para destruir el ozono, debido a su mucho menor tiempo de permanencia media en la atmósfera. La sustitución de los CFC por HCFC ayuda a ganar tiempo, pero tendrán que ser desechados y prohibidos por completo antes de 2040, según el Protocolo de Montreal.

Los hidrofluorocarbonos (HFC) —otros compuestos sustitutivos— no contienen cloro ni bromo destructores de ozono, pero son gases de fuerte efecto invernadero. Su concentración en la atmósfera es todavía muy baja, pero aumenta con rapidez, lo que acelerará el calentamiento global en el futuro si no se hace nada para limitar su uso. Hay exacerbadas discusiones sobre si los HFC, sin ser destructores de ozono, deben ser prohibidos por el Protocolo de Montreal. Estos compuestos fueron desarrollados para solucionar un problema, los CFC, pero contribuyen a otro, el calentamiento global. Se han programado para este año varias reuniones de las Partes del Protocolo para intentar encontrar una solución a la amenaza creada por los HFC.

Un largo camino por delante

Gracias al Protocolo de Montreal, las cantidades de CFC atmosféricos están disminuyendo. El ozono total en columna muestra indicios de cambio de rumbo que, sin embargo, todavía no son estadísticamente significativos. El ozono a 40 km de altitud aumenta claramente en los últimos años, pero la significación estadística de este incremento es aún objeto de investigación.

Más información

Existen otras cuestiones importantes relacionadas con la capa de ozono y el Protocolo de Montreal. En las siguientes páginas de Internet puede encontrarse información más detallada:

- **Vigilancia de la Atmósfera Global**
www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone/index.html
- **Evaluación de la capa de ozono de la OMM y el PNUMA**
http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/ozone_asst_report.html
- **Boletines de ozono antártico de la OMM**
<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/WMOAntarcticOzoneBulletins2014.html>