

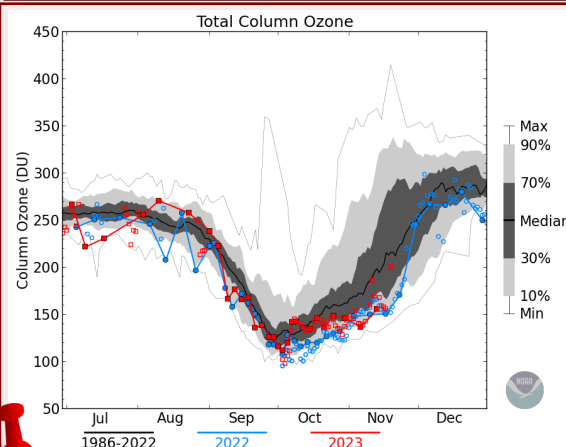
Contexto general del ozono antártico

Desde finales de agosto, se ha observado una marcada disminución en los niveles de ozono sobre la región antártica, marcando así el inicio y desarrollo del ciclo del Agujero de Ozono para el año 2023. Su cobertura durante el mes de noviembre bordeó un valor de 15 millones de km². Se espera que en los próximos días se mantenga el ciclo de cierre, aunque este sería **de manera lenta y similar a lo ocurrido al año 2022** (según pronóstico de TEMIS - <http://www.temis.nl/ozone/>).

Altas concentraciones de ozono se observan en torno al vórtice polar y una disminución a medida que nos acercamos hacia el centro de él, variando desde las 160 UD dentro del vórtice y por sobre las 390 UD fuera de él.

La estratósfera se ha mantenido estable, con temperaturas que han superado su mínimo y se encuentran por sobre el umbral de -78°C para formación de NEPs* en varios lugares. **En general durante noviembre, las temperaturas estuvieron bajo los valores normales para la época.**

Como se puede observar en la figura 1, los valores de columna de ozono durante este año, si bien ha tenido diferentes oscilaciones, durante noviembre han ido en aumento, aunque manteniéndose con valores por debajo lo normal. Además, **el Agujero de Ozono 2023 ha tenido un comportamiento parecido a los ocurridos durante los últimos 3 años.**



*Las Nubes Estratosféricas Polares (NEPs) se dividen en dos tipos según el umbral de temperatura que se alcance. Las de tipo I son aquellas que se forman a temperaturas inferiores a -78°C mientras que las de tipo II lo hacen a temperaturas inferiores a los -85°C . Están compuestas de pequeños cristales de hielo y se caracterizan por procesos químicos que destruyen la capa de ozono.

Figura 1. Columna de ozono total (en UD) en promedio para el Polo Sur. Los datos están desde el mes de julio y es posible compararlo con el año anterior (2022). Fuente: NOAA.

El Protocolo de Montreal, firmado en 1987, tiene por objetivo la disminución de las concentraciones de Cloro y Bromo en la estratósfera. Ha sido revisado en la reunión realizada en Kigali, Ruanda, el año 2016, donde se ha generado la "Enmienda de Kigali" que busca reducir los hidrofluorocarbonos (HFC) al año 2025. Chile ha sido el séptimo país del mundo, y el primero en Sudamérica, en ratificar esta enmienda, iniciando su puesta en marcha el 1 de enero de 2019. Sin el Protocolo de Montreal y sus enmiendas, las sustancias halógenas estratosféricas habrían tenido un aumento significativo durante el siglo XXI.

Formación del Agujero de Ozono

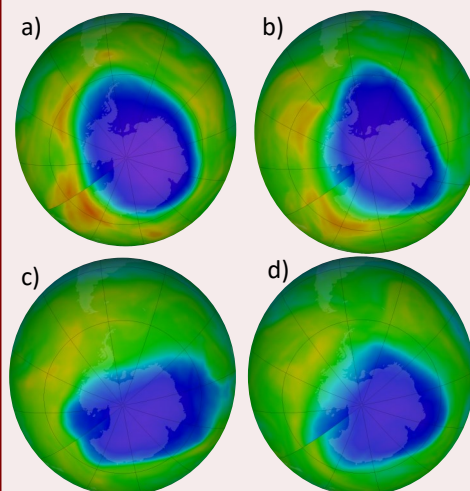


Figura 2. Columna de ozono total para los días a) 26-octubre, b) 03-noviembre, c) 21-noviembre y d) 25-noviembre de 2023. Fuente: NASA.

En la Figura 2 se observa la evolución del Agujero de Ozono, en distintas fechas, comenzando el 26 de octubre (Figura 2.a) hasta el 25 de noviembre (Figura 2.d).

Se puede ver que el Agujero se está debilitando y que el día 21 de noviembre (figura 2.c) se encontraba alejado de nuestro país, incluso se observaron elevados valores de ozono (los tonos azules indican el área del Agujero).

Bordeando al Agujero de Ozono, se pueden ver las zonas con cantidades de Ozono, alrededor de las latitudes 50°S - 60°S .



En el perfil vertical de temperatura de los días 06 y 13 de noviembre, se observa que la temperatura en casi toda la columna tiene valores menores que el promedio 1991-2012 (ambas figuras), exceptuando en el tramo superior de la figura de la derecha, donde se ve un aumento de la temperatura a los 28 km aproximadamente cercano al 10% de los valores más altos del período, dando cuenta de un leve calentamiento.

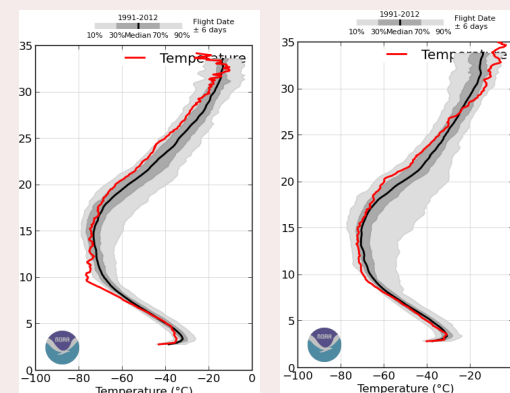
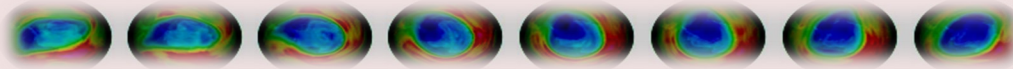


Figura 3. Perfil vertical de temperatura en la estación Polo Sur—Antártica, a partir de ozonosondas de los días 06 (izquierda) y 13 (derecha) de noviembre de 2023. Fuente: NOAA.



Evolución del Agujero de Ozono

El área del Agujero de Ozono durante este año, según se ilustra en la figura 4.a, mostró una tendencia a ser más extenso de lo habitual, llegando a aproximadamente 25 millones de km² en septiembre. Los valores durante noviembre han fluctuado en rangos superiores a lo normal para esta época del año, reflejando una situación muy similar al ciclo registrado en 2022. Al examinar la figura, se observa que el proceso de cierre, iniciado en octubre, **ha sido gradual y ralentizado durante los últimos días de noviembre**. Es crucial seguir monitoreando este comportamiento, ya que está estrechamente vinculado a las condiciones atmosféricas vigentes.

En el caso de los valores de mínimo de ozono, como se muestra en la figura 4.b, se observa que a lo largo de todo el período de monitoreo han permanecido por debajo del promedio, alcanzando un mínimo cercano a 100 UD a fines de septiembre. No obstante, en octubre comenzó un aumento que mantuvo los valores muy próximos al promedio del periodo 1979-2023, sin embargo **en noviembre los valores, si bien han experimentado un incremento gradual, estos se mantienen muy bajos para la época (similar al año 2022)**.

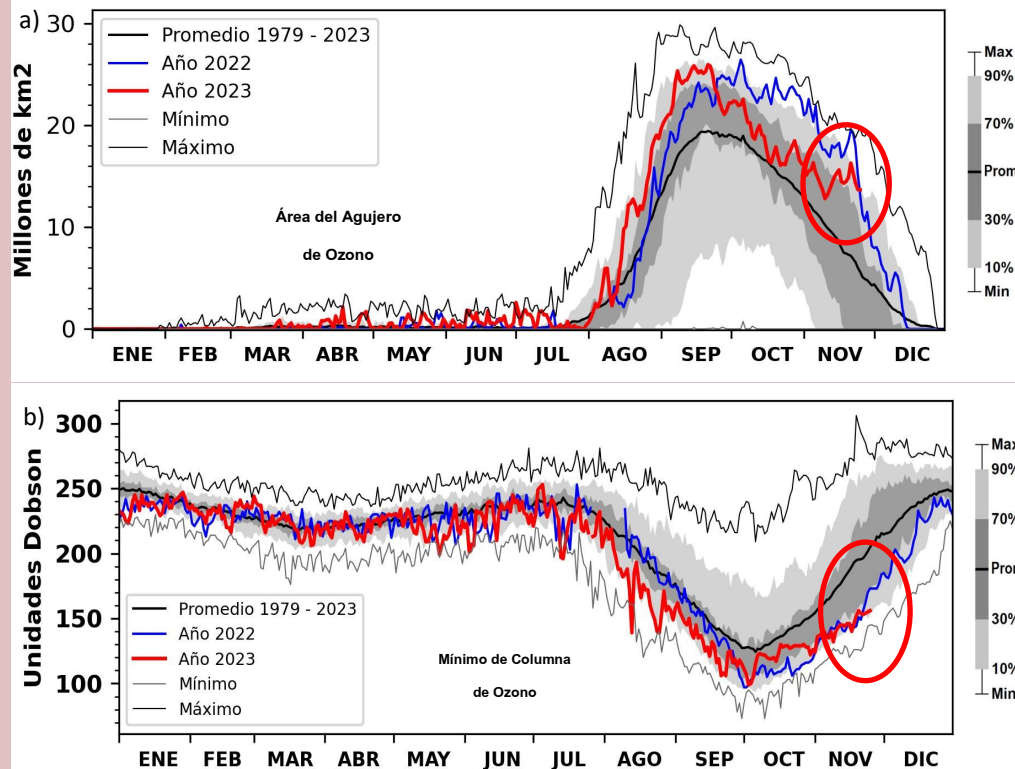


Figura 4. a) Área y b) Mínimo de columna de Ozono en Unidades Dobson [UD] para latitudes mayores de 30°S. Fuente: NASA Ozone Watch.

Monitoreo de Ozono Antártico y Radiación ultravioleta en primavera

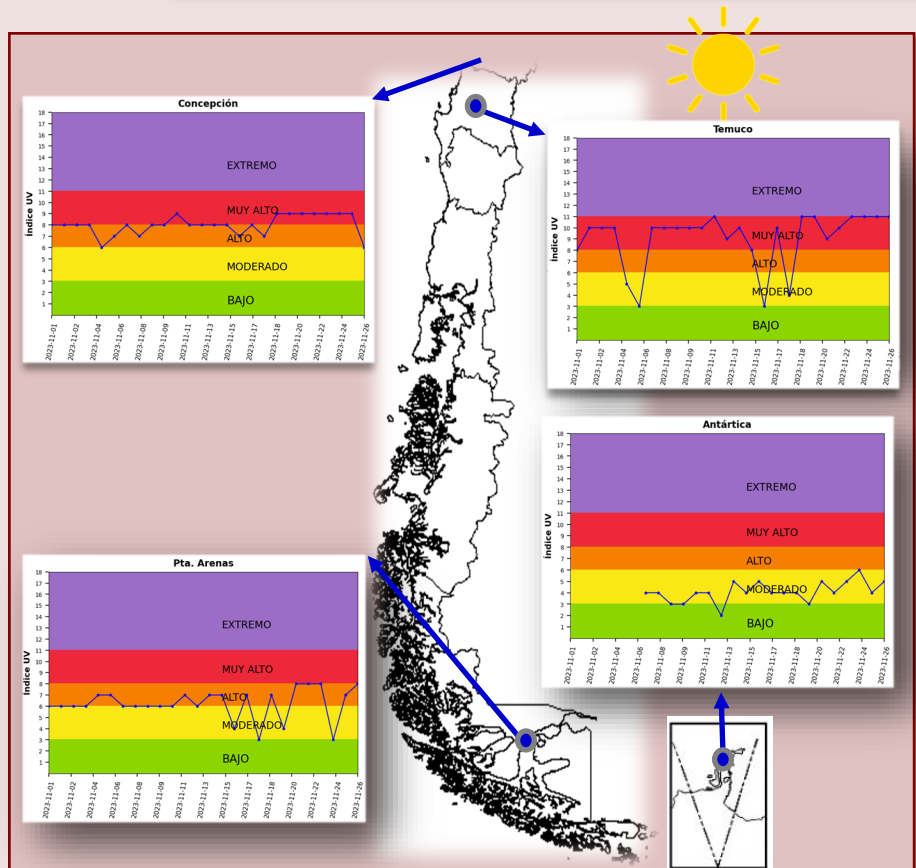


Figura 5. Valores de Índice Ultravioleta durante el mes de Noviembre de 2023 para diferentes ciudades del país.

Efectos en la Radiación UV

En el mes de noviembre no se observó una elongación importante del Agujero de Ozono que haya alcanzado el sur de nuestro país, por lo tanto, tampoco hubo aumentos importantes en el Índice Ultravioleta. En general, los aumentos que se registran las estaciones de monitoreo están más bien asociados a las condiciones naturales durante la época, donde los valores de Índice UV han comenzado a aumentar acorde a la estacionalidad de la zona.

Es importante que se comiencen a tomar medidas de prevención. Esta información y el pronóstico para los días siguientes lo puedes encontrar en <http://www.meteochile.cl/PortalDMC-web/>

(Pronóstico de Índice de radiación UV)

