



Servicio
Meteorológico
Nacional

BOLETIN 5 - TEMPORADA DEL AGUJERO DE OZONO EN LA ANTARTIDA 2025

Gerardo Carbajal Benítez¹, Héctor Adolfo Ochoa^{2,3}, Eduardo Luccini^{4,5}, Héctor Estévez Pérez⁷, Facundo Orte⁶ y Elian Wolfram^{1,6}.

1. Servicio Meteorológico Nacional, Argentina.

2. Dirección Nacional del Antártico / Instituto Antártico Argentino.

3. Universidad Tecnológica Nacional FRBA. Argentina.

4. CONICET - Centro de Excelencia en Productos y Procesos de Córdoba, Argentina.

5. Facultad de Química e Ingeniería del Rosario, Pontificia Universidad Católica Argentina.

6. CEILAP, UNIDEF (CITEDEF-CONICET), Argentina.

7. Red Solarimétrica del Instituto de Geofísica, UNAM, México.

Noviembre, 2025

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición que la fuente sea adecuadamente citada.

INDICE

RESUMEN	4
1. Introducción.	5
2. CONDICIONES METEOROLOGICAS PREVALECENTES	5
2.1 Temperaturas.	5
2.2 Área y volumen las NEP	6
2.3 Estabilidad del vórtice.	6
3. OBSERVACIONES DE OZONO	8
3.1 Observaciones Satelitales.	8
3.2 Estaciones en superficie.	8
3.2.1 Estación VAG USHUAIA.	8
3.2.2 Estación Antártica Belgrano II	11
3.2.3 Estación Antártica San Martín	14
4. EL AGUJERO DE OZONO	15
4.1 El área del agujero de ozono.	15
5. CONCLUSIONES	17
6. AGRADECIMIENTOS	17
7. BIBLIOGRAFÍA	18

RESUMEN.

El Boletín 5, tiene por objetivo, establecer la evolución del Agujero de Ozono sobre la Antártida para el año 2025. El agujero de ozono se encuentra actualmente con una tendencia al decrecimiento y muy cercano a su cierre. Las condiciones meteorológicas de la estratosfera y el vórtice, ponen las condiciones físicas para su desarrollo, modulando su crecimiento, mientras que las condiciones químicas, a través de las NEP, son las que destruyen el ozono total antártico. Las temperaturas zonales a 10 hPa, muestran un enfriamiento sostenido desde finales de septiembre a la fecha actual (19 de noviembre), pero ya no tienen una incidencia en el agujero de ozono. Tres eventos de Calentamiento Súbito Estratosférico (SSW) generaron perturbaciones del vórtice polar, impidiendo el desarrollo de NEP Tipo I y II, las cuales se diluyen tempranamente antes de lo normal, de tal manera que el vórtice se encuentra muy debilitado y pronto a desaparecer, de hecho con inversión ya de los vientos. El transporte de ondas atmosféricas que se propagan desde la troposfera hasta la estratosfera permanece, aunque no con impacto significativo en el vórtice polar. El área del agujero de ozono muestra según la NASA que, alcanza un área máxima de 22.85 Millones de kilómetros cuadrados y si se realiza el promedio del intervalo de tiempo entre el 7 de septiembre al 13 octubre, el valor medio del área es de 18.55 millones de km², ocupando el lugar 33 en el ranking de mayor a menor o caso contrario de menor a mayor el lugar 13°. Además una disminución progresiva de los últimos 6 años (2020 - 2025).

Palabras Claves: Deterioro de Ozono, Estratosfera, Antártida, Calentamiento Súbito Estratosférico,

ABSTRACT.

Bulletin 5 aims to outline the projected evolution of the Antarctic ozone hole by 2025. Currently, the ozone hole is showing a downward trend and is very close to closing. The stratospheric meteorological conditions and the polar vortex create the physical environment necessary for its development, which in turn modulates its growth. Meanwhile, chemical conditions, influenced by polar epithelial events (PEEs), are responsible for the destruction of total Antarctic ozone. Zonal temperatures at 10 hPa have demonstrated a sustained cooling trend from the end of September to the present date (November 19). However, this cooling no longer affects the ozone hole. Three Sudden Stratospheric Warming (SSW) events have caused disturbances in the polar vortex, which in turn prevented the development of PSC type I and II, leading to their earlier-than-normal dissipation. As a result, the vortex is currently very weak and is expected to dissipate soon, with winds already starting to reverse. The transport of atmospheric waves from the troposphere to the stratosphere continues, although it is not significantly impacting the polar vortex. According to NASA, the ozone hole reaches a maximum area of 22.85 million square kilometers, with an average area of 18.55 million square kilometers recorded between September 7 and October 13. This places it as the 33rd largest ozone hole in the world, or conversely, the 13th smallest. Additionally, a progressive decrease in the size of the ozone hole has been observed over the last six years (2020-2025).

Key Words: Ozone Depletion, Stratosphere, Antarctica, Sudden Stratospheric Warming.

1. INTRODUCCIÓN

El agujero de ozono antártico es un fenómeno que se caracteriza por una disminución drástica de la Columna de Ozono Total (COT) estratosférico sobre el Polo Sur durante la primavera austral (>220 UD). Su formación está asociada a la presencia de nubes estratosféricas polares (PSCs), bajas temperaturas y la liberación de radicales clorados y bromados procedentes de compuestos antropogénicos como clorofluorocarbonos (CFCs) y halones. La fotólisis de estas especies cataliza la destrucción del ozono mediante ciclos químicos muy eficientes. Desde la firma el **16 de septiembre 1987** y entrada en vigor del **Protocolo de Montreal (1989)**, las concentraciones de estas sustancias han disminuido, y se proyecta una recuperación gradual de la capa para mediados del siglo XXI, aunque la variabilidad climática puede modificar dicha tendencia.

El objetivo del presente Boletín del Agujero de Ozono en la Antártida es monitorear la formación, evolución y finalización de la destrucción de ozono durante la primavera austral, a través de la evaluación de la Temperatura Estratosférica a nivel de 50 hPa y en latitudes polares, de 60° a 90° a 50 y 70 hPa, el análisis del área y volumen de las Nubes Estratosféricas Polares (NEP), así como la estabilidad del vórtice. Se incluye el análisis de observaciones satelitales y de superficie, la activación química del vórtice y el tamaño del Agujero de ozono. Finalmente, el impacto de la radiación ultravioleta en la Antártida y las conclusiones.

2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS PREVALECENTES.

2.1. Temperaturas.

La temperatura estratosférica media zonal a una altura de 10 hPa, muestran en lo que va de noviembre, han sido en términos generales por debajo de la media (frías) y la proyecciones muestran que continuara de esta manera (Figura 1. Izquierda) Mientras que espacialmente, una anomalía positiva se observa en el sur del océano atlántico (Figura 1 Derecha) A estas fechas, la temperatura en la estratosfera ya no tiene un efecto significativo en la química del agujero de ozono y sí dinámico en la reducción de este fenómeno.

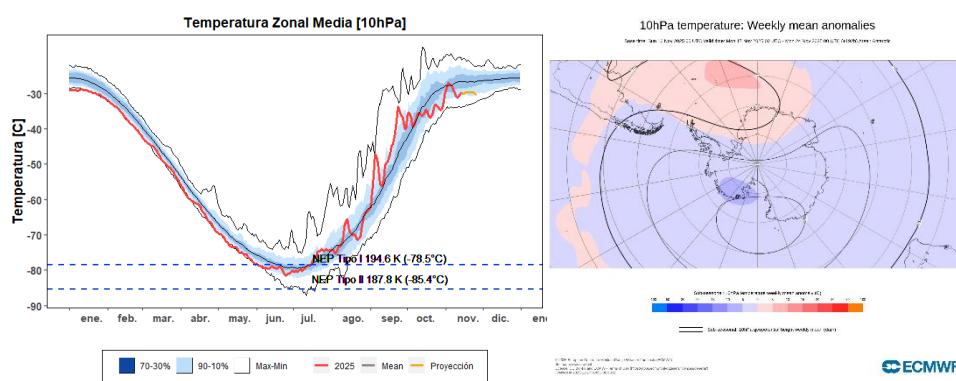


Figura 1. A la izquierda la serie de tiempo de temperatura a 10 hPa del 2025, en color marrón la media y en color negro los máximos y mínimos del periodo 1979 a 2024, mientras que el color rojo representa del 1 de enero al 17 de noviembre del año 2025. El color naranja es la proyección del 14 al 26 de noviembre. El mapa a la derecha es la

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

anomalía media semanal que corresponde del 17 al 24 de noviembre y en color rosa a rojo es la anomalía positiva de temperatura (SSW).

2.2 Área de las Nubes Estratosféricas Polares (NEP).

En la Figura 2 se puede observar las NEP tipo I (Izquierdo) y tipo II (derecho) La NEP tipo I (Izquierda) están finalizando su ciclo (12 de octubre) y se terminaron 12 días antes de lo normal. Con un área máxima para la NEP tipo I de 27,77 Millones de km², el día 5 de agosto. Mientras que, las NEP Tipo II presentan un área máxima de 16,66 Millones de km², el mismo día que las Tipo I.

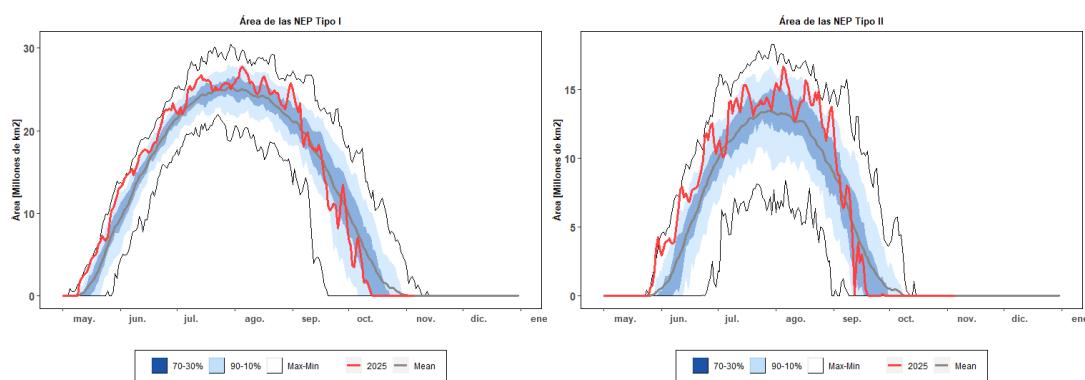


Figura 2. Área de las nubes estratosféricas polares (NEP) Tipo I (Izquierda) y Tipo II (derecha), sobre la región Antártica. La línea color roja, representa la el año 2025 hasta el día 17 de noviembre. Las líneas externas y central negras, son los valores medios, máximos y mínimos, durante el periodo 1979 – 2024. Las líneas sombreadas en azul-degrado, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90% para el mismo periodo.

Fuente de datos:

https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/figures/merra2/temperature/t60_90s_10_2025_merra2.txt

https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/figures/merra2/temperature/natas_460_2025_merra2.txt

2.3 ESTABILIDAD DEL VÓRTICE

En la Figura 3 izquierda se puede observar que, actualmente se ha dado actividad de ondas que se transportan desde la troposfera hacia la estratosfera y se espera, según la proyección se reduzca aún más, dicho movimiento, situación que se confirma en la figura de la derecha. Esta efecto permea el vórtice polar y lo desestabiliza, de tal manera que ya no hay un efecto químico.

Fuente de datos: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/flux_2025_MERRA2_SH.html

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

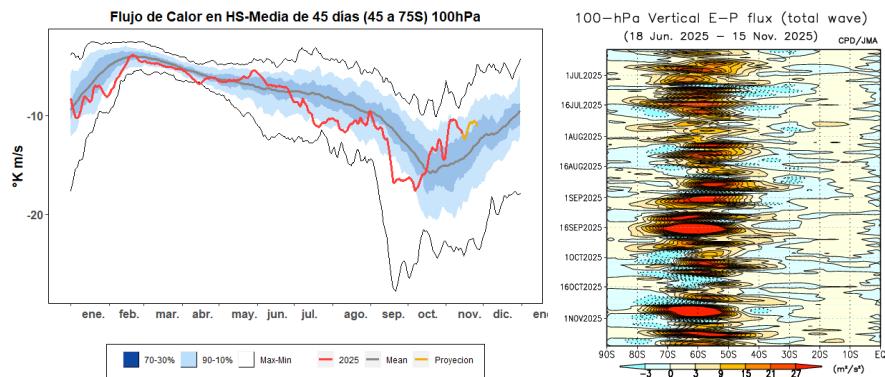


Figura 3. (Izquierda) Serie de tiempo del flujo de calor meridional promediado sobre la región entre 45-75°S. La curva roja muestra los datos para 2025, mientras que la línea naranja es la proyección del 14 al 26 de noviembre. Note que un gran número negativo significa un gran flujo de calor. Los valores cercanos a cero significan un flujo de calor pequeño. . Las líneas externas y central negras, son los valores medios, máximos y mínimos durante el periodo 1979 – 2024. Las líneas sombreadas en azul-verde de adentro hacia fuera, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90% para el mismo periodo. (Derecha) Es el desplazamiento del flujo vertical Eliassen-Palm (E-P) entre más tienda al color rojo, es más intenso el flujo.

Fuente de datos:

https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/flux_2025_MERRA2_SH.html

<https://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/STRAT/>

En la **Figura 4** se observa las proyecciones para el vórtice polar y su estabilidad, a través del Potencial de Vorticidad (PV), en una superficie isoentrópica de Temperatura Potencial a 475°K, correspondiente a la baja estratosfera, donde la destrucción de ozono se lleva a cabo. Se observa que el vórtice polar se debilita y poco a poco se contrae, así como se deforma. De la misma manera se observa en la **Figura 5**, del lado izquierdo es el viento que circunda la Antártida, se han debilitado e invertido, así como el lado derecho se muestra, el flujo de onda debilita el vórtice polar Antártico.

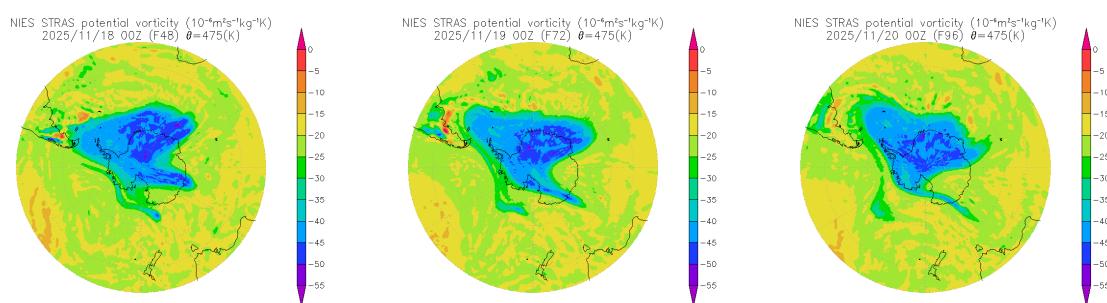


Figura 4. Mapas de Vorticidad Potencial (PV) a una altura isentrópica de 475°K. Los mapas son construidos por el Ceter for Global Environmental Research en Japón. De izquierda a derecha, representan los días 18, 19 y 20 de noviembre.

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

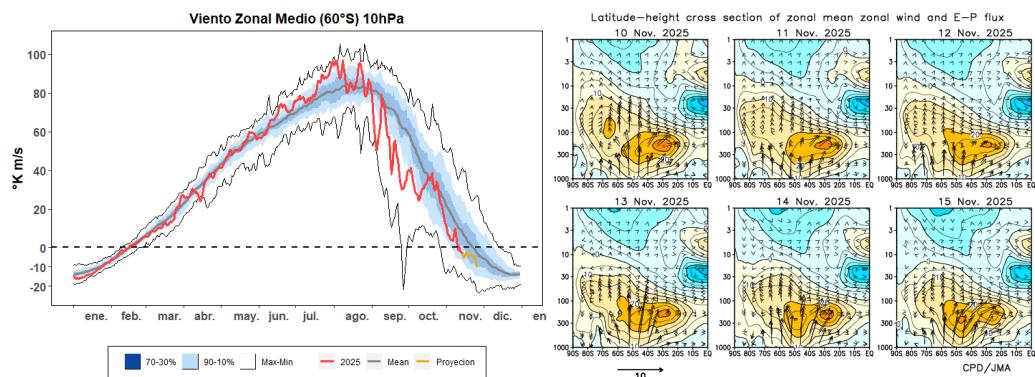


Figura 5. Intensidad del viento a una altura de 10 hPa y el flujo E-P (Longitud vs altura) media zonal.

Fuente de datos:

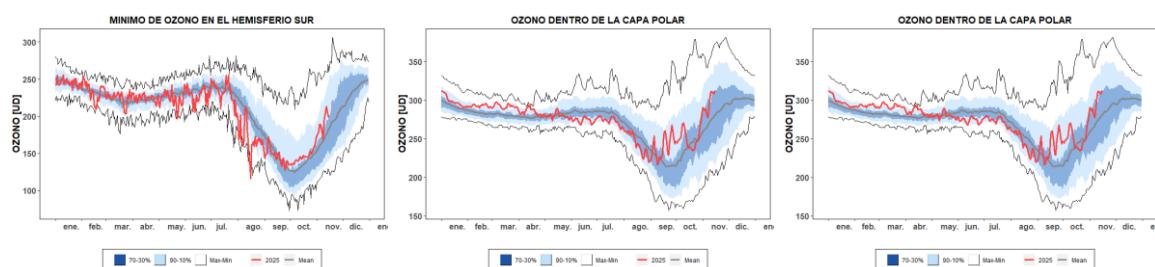
https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/flux_2025_MERRA2_SH.html

<https://db.cger.nies.go.jp/gem/stras/en/forecast.html?date=20250830&polar=s&k=475>

3. OBSERVACIONES DE OZONO

3.1 Observaciones Satelitales

En la Figura 6 se muestra los mínimos de ozono en el Hemisferio Sur (Izquierda) que, a partir de fin de septiembre y hasta la fecha, poca destrucción de ozono y los valores se han mantenido por encima de su media (Izquierda), mientras que dentro de capa polar (Centro) la situación aún es mejor, de la misma manera poca destrucción de ozono que incluso por momentos llega a estar en el percentil del 90%. Finalmente, el déficit de ozono (Derecha) está muy por debajo de su media y los valores muy cercanos a los del año 2019. Todo esto es a partir de la temprana dilución de las NEP tipo I Y II, que son las que contienen las sustancias destructoras de ozono y solo hay reducción por el remanente de los ClO y BrO.



La Figura 6 se muestra la columna de ozono mínimo en Hemisferio Sur (Izquierda) y el Ozono dentro de la capa polar (Centro) del 2025, tal como han sido medidas por el TOMS, OMI y OMPS, en comparación con su

media del periodo 1979 a 2024. Finalmente (Derecha), el déficit o pérdida de ozono por debajo de los 220 UD. La curva roja muestra los datos para 2025, las líneas externas y central negras, son los valores medias, máximos y mínimos durante el periodo 1979 – 2024. Las líneas sombreadas en azul-verde de adentro hacia fuera, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90% para el mismo periodo

Fuente de datos: <https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/SH.html>

3.2 Observaciones en superficie

Por ahora, solo se usan, mediciones en superficie obtenidos mediante el Espectrofotómetro Dobson y ozonosondeos de la Estación GAW Ushuaia ($54^{\circ} 50' 54.46''S$, $68^{\circ} 18' 37.52''O$). En tanto en las Estaciones Antárticas en Marambio (SMN), Belgrano (IAA/DNA) y san Martín (IAA/DNA) no han iniciado el programa de medición.

3.2.1. Estación VAG Ushuaia.



El espectrofotómetro Dobson (D131) mide todos los días y en la [Figura 7](#), se muestra la evolución diaria (Izquierda) y mensual (Derecha) de la columna total de ozono y las medias mensuales para el año en curso, comparado con su media histórica (1994-2024). Los datos diarios de ozono total, muestran gran variabilidad respecto a su media histórica. Se destacan 6 eventos hasta el momento; el día 23 de marzo donde se presenta un valor de ozono total de 215 UD ya que para ese día se hace presente un mini agujero de ozono. El día 17 de septiembre el agujero de ozono pasa por el sur de la Patagonia (202 UD), alcanzando Río Gallegos. El día 17 de septiembre, ya constituido el agujero de ozono pasa por el sur de la Patagonia y deja un valor de 202 UD. Los días 4, 9 y 26 de octubre, el agujero de ozono vuelve a pasar por el sur de la Patagonia y muestra un valores de 203, 198, 207 UD, respectivamente. Finalmente, una nueva pasada se observa, el 8 de noviembre con un valor de 201 UD.

En la [Figura 8](#) se muestra los perfiles de ozono y de temperatura, producidos por las ozonosondas realizada el 23 de julio, 20 de agosto, 10 y 17 de septiembre, el 4, 9, 22 y 29 de octubre, 8 y 12 de noviembre, respectivamente. En estos perfiles se observan para los primeros 3 días la capa de ozono aún sin destrucción significativa, pero el día 17 de septiembre y 4 de octubre, el agujero de ozono atraviesa el sur de la Patagonia y se observa reducción de este gas. Mientras que el día 10 se septiembre, el perfil de temperatura, muestra una estratosfera relativamente más caliente, debido a la presencia del SSW. Los días posteriores, se observa una temperatura que

regresa a la normalidad para esas fechas del año.

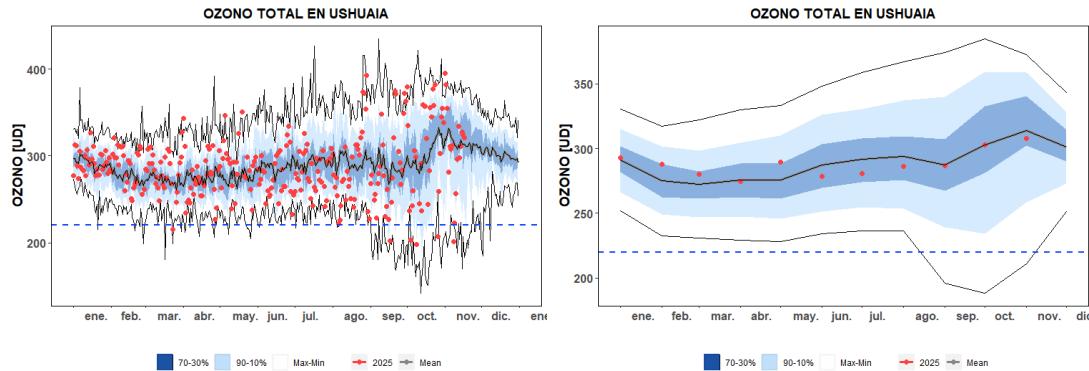
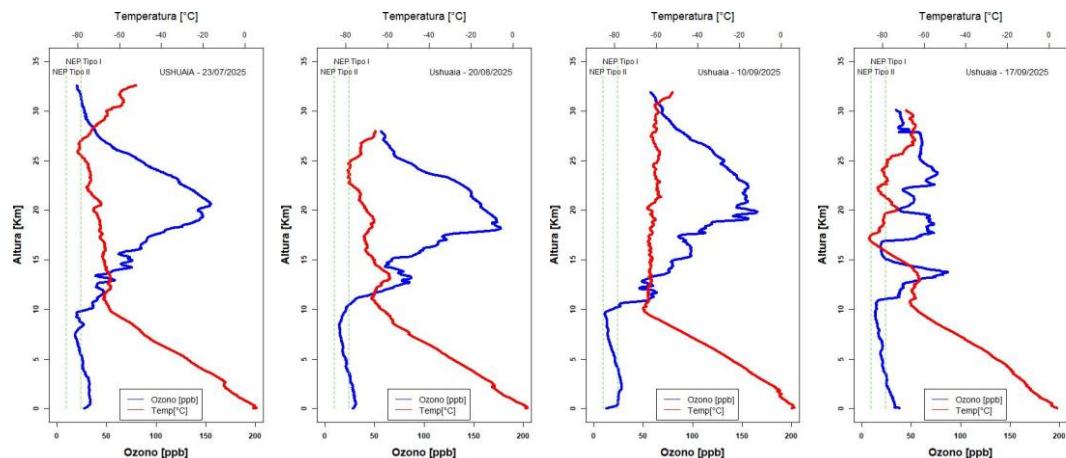


Figura 7. Datos de la columna Total de Ozono [UD] con el Espectrofotómetro Dobson en la estación VAG Ushuaia. Los puntos rojos son los datos del año 2025. Las líneas negras son la media, máximos y mínimos, en tanto los colores sombreados es la media del período 1994 a 2024. Las líneas sombreadas en azul-verde de adentro hacia fuera, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90%.



2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

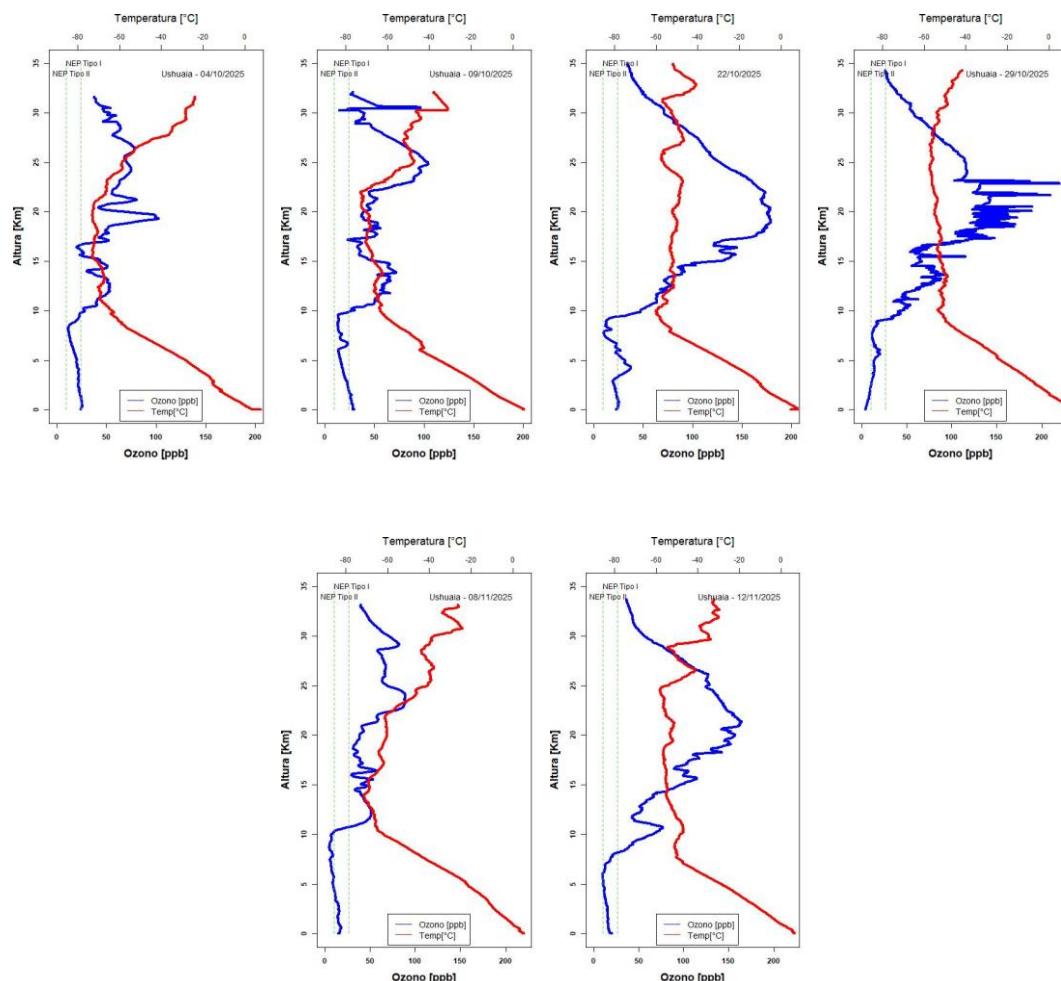


Figura 8. Ozonosondeos realizados en la Estación VAG de Ushuaia. En los cuatro gráficos, la línea azul es la relación de mezcla del ozono expresado en unidades partes por billón [ppb] en cada nivel de la atmósfera. Y la curva roja es el perfil de la temperatura en [°C].

3.2.2. Estación Antártica Belgrano II.



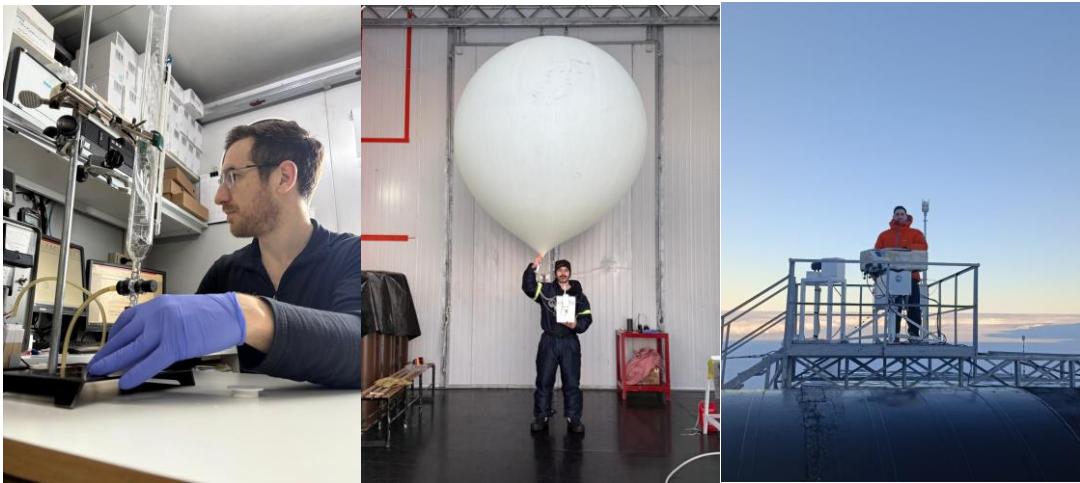


Figura 9. La imagen nos muestra al personal del laboratorio LABEL 2025. Al Dr. Marcelo Gastón Alonso calibrando la ozonosonda, al Téc. Fernando Nicolás Rivas a punto de realizar el lanzamiento de un ozonosondeo y al Téc Joaquín Nicolás Cerlon controlando al espectrofotómetro Brewer MK IV #099.

La estación Antártica Belgrano II se encuentra ubicada en el Nunatak Bertrab ubicado al sur del mar de Wedell en la Bahía Vahsel sobre la Costa Confin en la Tierra de Coats y forma parte de la red de medición de ozono total de programa VAG de la OMM. El ozono total se mide con espectrofotómetro Brewer MKIV desde 1992, Los datos del Brewer #99 desde el año 2020 son parte de la red europea de brewer **EUBREWNET**. El Espectrofotómetro Brewer es un instrumento que deriva del convenio de Colaboración Científica entre la Dirección Nacional del Antártico - **Instituto Antártico Argentino** (IAA) y el **Programma Nazionale di Ricerche in Antartide** (PNRA) de Italia a través del Instituto de Física Atmosférica de Roma (IFAR).

Los ozonosondeos que, se realizan en esta base. Estos son llevados a cabo, a través del convenio de Colaboración Científica entre la Dirección Nacional del Antártico - **Instituto Antártico Argentino** (IAA) y el instituto Nacional de Tecnología Aeroespacial (INTA) de España desde 1994, donde se inicia la colaboración con el monitoreo de la capa de ozono y el NO₂ con el Espectrómetro Visible de Absorción (EVA), utilizando la técnica DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy). Hoy se trabaja con el especlómetro NEVA II que utilizan la técnica Max DOAS. Ambos especlómetros fueron desarrollados por el INTA de España.

La Estación Antártica Belgrano II es una estación NDACC y los datos pueden ser accedidos en el siguiente link:
<https://ndacc.larc.nasa.gov/stations/belgrano-ii-station-antarctica>.

En la **Figura 10** se muestra los perfiles derivados de los ozonosondeos en la estación Belgrano II, donde en todos los casos el agujero de ozono está presente, incluso el perfil de temperatura muestra para esos días, una estratosfera fría, cuando no están presente los SSW.

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

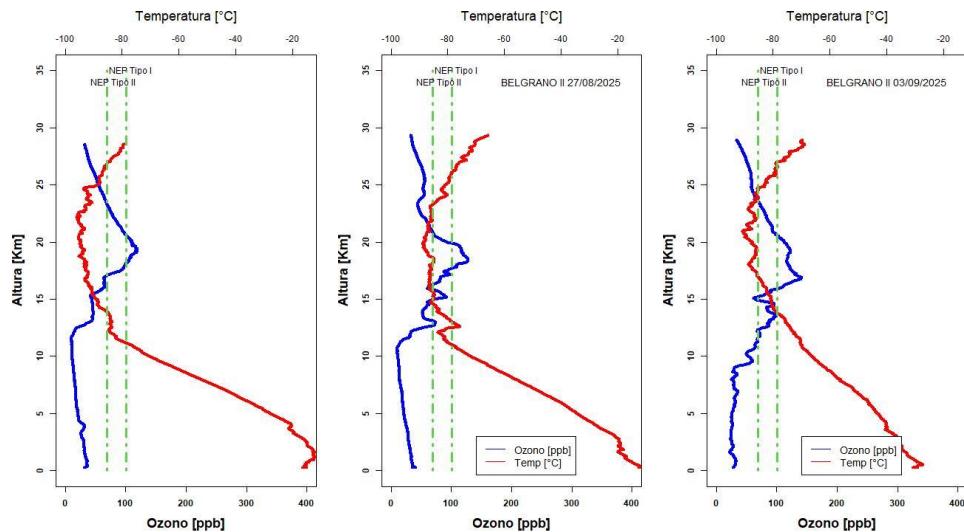


Figura 10. Ozonosondeos realizados en la Estación Antártica Belgrano II. En los tres gráficos, la línea azul es la relación de mezcla del ozono expresado en unidades partes por billón [ppb] en cada nivel de la atmósfera. Y la curva roja es el perfil de la temperatura en [°C].

En la [Figura 11](#) se muestran los registros del espectrofotómetro Brewer MKIV #099 comparando sus datos con los obtenidos por el satélite OMI. El registro sigue la tendencia de OMI y las medidas del segundo periodo muestran claramente que se encuentra en el agujero de ozono con medidas por debajo de las 220 UD.

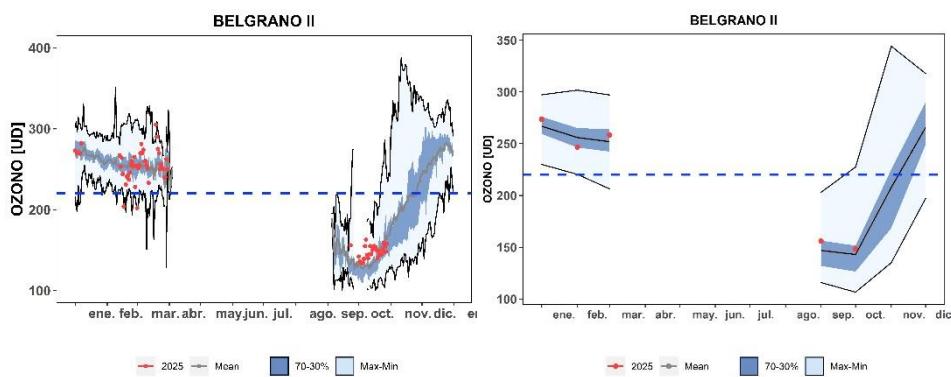


Figura 11. Registros del espectrofotómetro Brewer #099 durante el año 2025. Parte Izquierda son mediciones diarias, parte Derecha, es la media mensual.

3.2.3 Estación Antártica San Martín.



La estación Antártica San Martín se encuentra en la península Antártica San Martín ($68^{\circ}07'48''$ S, $67^{\circ}06' 8''$ O) y forma parte de la red de medición de ozono total del programa VAG de la OMM. El instrumento Brewer #162 utilizado para medir el ozono total en la estación y a partir del 1 de diciembre de 2020, sus datos serán parte de la red europea de instrumentos Brewer **EUBREWNET**. El Espectrofotómetro Brewer se encuentra bajo un convenio entre el **Instituto Antártico Argentino (IAA)** y el ex **Comando Antártico de Ejército**.

El espectrofotómetro Brewer mide todos los días, excepto durante el invierno polar (abril a septiembre) o debido a situaciones complicadas que impidan la medición, como vientos fuertes, lluvia, etc. Actualmente se ha iniciado las mediciones para el monitoreo del agujero de ozono. En la [Figura 12](#), se puede ver a los operadores preparando su instalación para el segundo periodo del año. En la [Figura 12](#) se observan las primeras mediciones del Espectrofotómetro Brewer durante septiembre y lo que vamos de octubre y se observa que en la mayoría de los casos se encuentran por debajo del umbral de los 220 UD, es decir que el agujero de ozono para esas fechas está por encima de la estación Antártica San Martín.



[Figura 12.](#) La imagen nos muestra el montaje del espectrofotómetro Brewer #162 en Base San Martín y al personal técnico del IAA, el Téc. Pablo Signorelli y el Ing. Joel Chaya (2025).

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

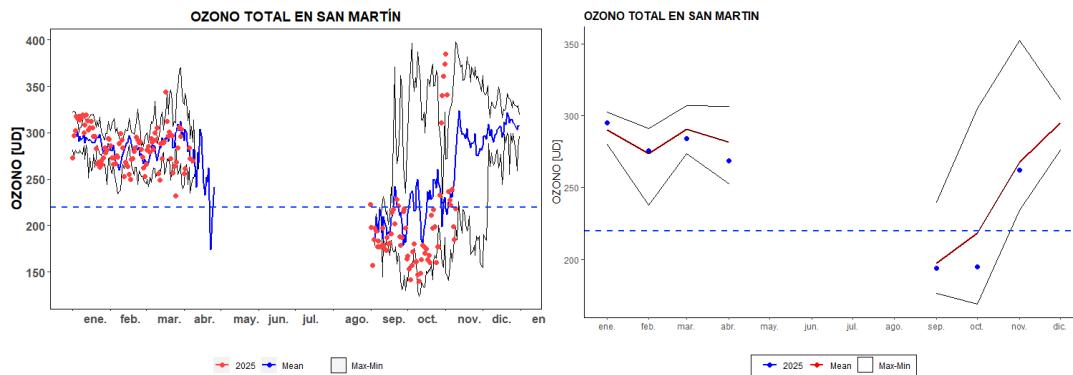
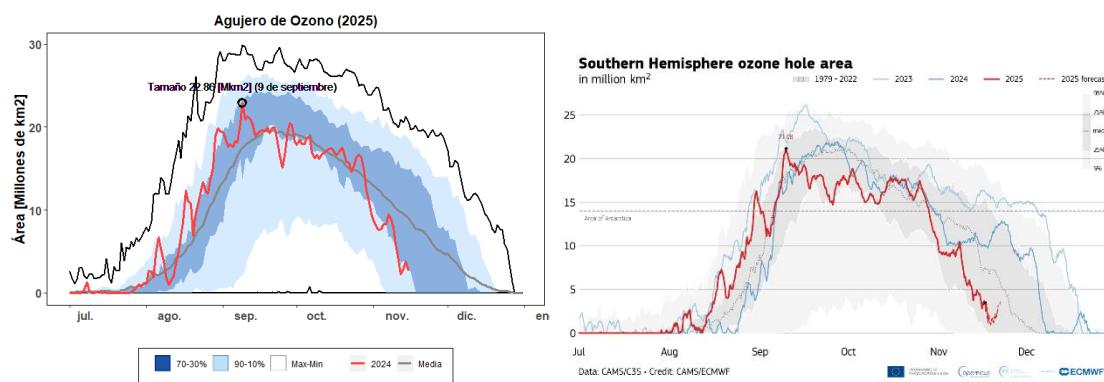


Figura 12. Registros del espectrofotómetro Brewer #162 durante el año 2025. Parte Izquierda son mediciones diarias, parte Derecha, es la media mensual.

4. El Agujero de ozono

4.1 El área del agujero de ozono

En la Figura 14 se muestra el área del agujero de ozono mediante varias metodologías, tanto satelitales como modelos de asimilación. El valor más alto es 22.85 Millones de Km² – Ozone Watch NASA (arriba-izquierda). En tanto COPERNICUS con el satélite NOAA-21 OMPS (arriba-derecha) muestra 21,08 Millones de km². El portal TEMIS (abajo-izquierda) muestra poco menos de 20 Millones de km². Con el modelo asimilación MSR2. Finalmente, La NOAA con el satélite NOAA-20 OMPS (abajo-derecha) también muestra poco menos de 20 Millones de km². Las proyecciones muestran además, que la tendencia es ir al cierre, es decir disminuyendo el agujero de ozono. Es notorio que todos los portales muestran que el agujero de ozono se cierra en los próximos días.



2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

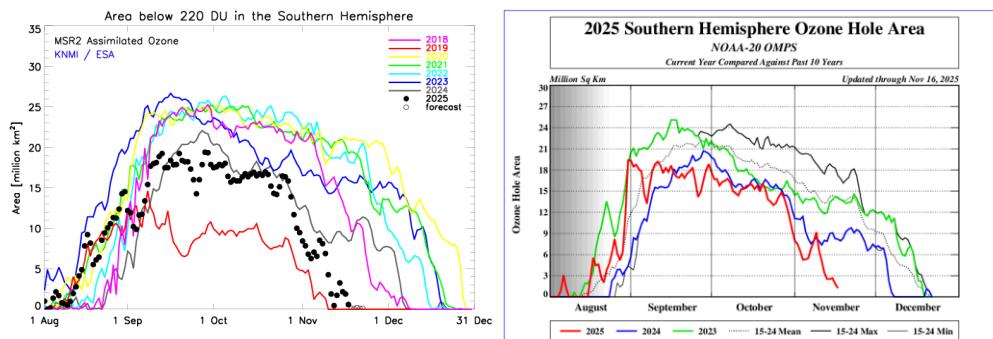


Figura 14. Área del Agujero de Ozono (millones de km^2). Arriba-Izquierda, Es el consenso de satélites de la NASA, EEUU (TOMS+OMI+OMPS). Arriba-Derecha; son datos de COPERNICUS. Abajo-izquierdo, son datos del TEMIS, Datos de la ESA (Agencia Espacial Europea). Finalmente abajo-derecha es de la NOAA.

A estas fechas, ya es posible hacer un análisis del agujero de ozono en cuanto al área del agujero de ozono, que se muestra en la [Figura 15](#). El área máxima del agujero de ozono para esta temporada fue de 22,86 Millones de km^2 alcanzado el día 9 de septiembre y ocupando el ranking 25º de mayor a menor (de menor a mayor ocupa el lugar 21). Mientras que, el promedio del área desde 7 de septiembre al 13 de octubre (fechas en la que se alcanza la máxima área de la serie de 1979 a 2025), fue de 18.55 Millones de km^2 alcanzando la media histórica y dentro del ranking de mayor a menor el lugar 33 (de menor a mayor el lugar 13) de los 46 años.

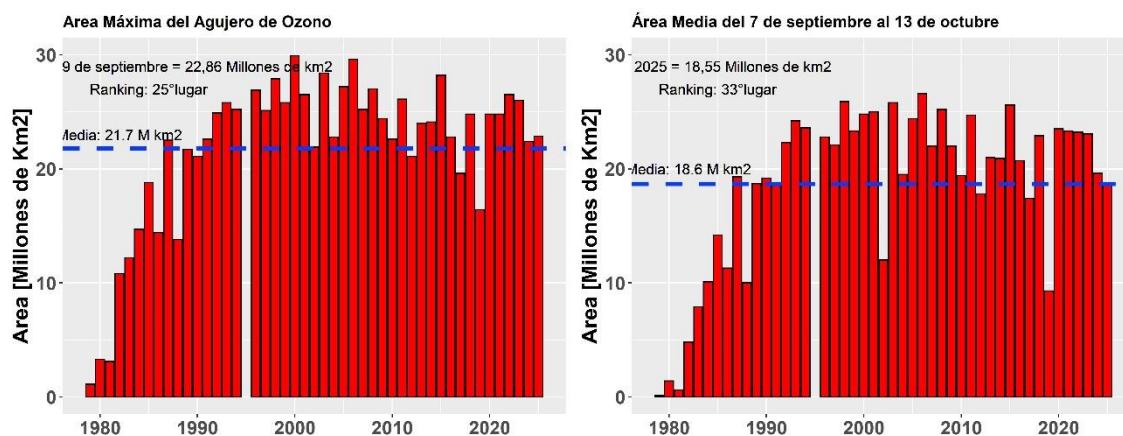


Figura 15. Área de los Agujeros de Ozono en millones de km^2 , desde el año 1979 hasta 2025 (46 años).

Fuente de datos:

https://www.temis.nl/protocols/o3hole/o3_size.php?date=20250922&lang=0

<https://atmosphere.copernicus.eu/monitoring-ozone-layer>

<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/monthly/SH.html> y <https://www.temis.nl/index.php>

https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/stratosphere/polar/gif_files/ozone_hole_2025.png

En la [Figura 16](#), se observa los mapas proyectados para los próximos 4 días, considerando la evolución y desarrollo del agujero de ozono.

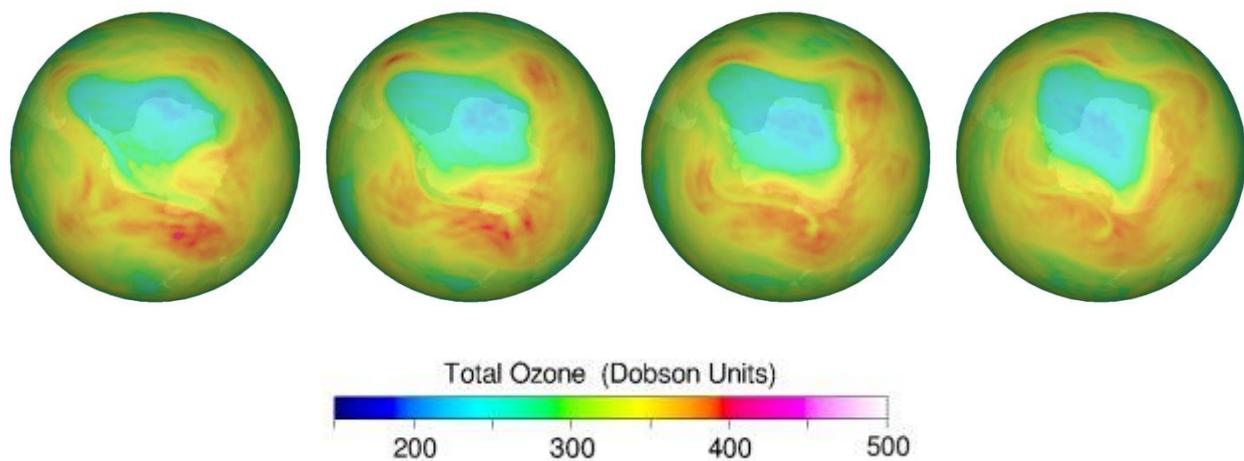


Figura 16. Proyecciones para los próximos 4 días a partir del día 19 hasta el 22 de noviembre y muestran el desarrollo y próximo cierre del agujero de ozono para el año 2025.

5. CONCLUSION

El agujero de ozono de esta temporada se encuentra muy cerca de finalizar su ciclo de este año, debido a que no se registran NEP tipo I y II que son las que aceleran los procesos químicos heterogéneos destructores de ozono, de tal manera que solo queda el residual libre de ClO y BrO y otros compuestos con menor concentración como los óxidos de nitrógeno (NOx).

El vórtice polar está debilitado y muy pronto a desaparecer, aunque la estratosfera permanece fría y con actividad de onda, con amplitudes bajas, ya no tiene incidencia ni el vórtice, tampoco en el agujero de ozono.

El área máxima del agujero de ozono, alcanzó 22.86 millones de km² (NASA), el día 9 de septiembre, muy cerca de su media histórica del periodo 1979 al 2025. Pero si se promedia del 7 de septiembre al 13 de octubre (lo más correcto) el valor fue de 18.55 millones de km². Esta situación lleva a estar en el ranking de mayor a menor en el 33º lugar, caso contrario ocupa en el lugar 13º de las áreas más chicas de agujero de ozono de toda la serie.

Finalmente, se observa que, los últimos 6 años, existe una tendencia sostenida a la disminución del área del agujero de ozono, esta situación no se ha presentado hasta ahora en los 46 años de monitoreo.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Oficina de Asimilación y Modelo Global (GMAO) de la NASA (MERRA).

Se agradece al Centro Europeo para Pronósticos del Tiempo de Medio Alcance (ECMWF), Instituto Noruego para Investigación del Aire (NILU) y a la Agencia Espacial Europea (ESA).

Se agradece a Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS - ECMWF).

Se agradece a Centro Climático de TOKIO, considerado Centro regional de Clima (RII, Asia).

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

Se agradece los datos de las ozonosondas de Belgrano II del convenio entre el instituto Antártico Argentino (IAA) dependencia de la Dirección Nacional del Antártico de Argentina (DNA) y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) de España.

Se agradece al **Prof. Juan Daniel Agüero y Osvaldo Blanco**, por el aporte y control de los datos históricos de la Estación Antártica Marambio.

Se agradece al personal de la Estación VAG-Ushuaia; **Ing. Lino Fabián Condori, Sr. Emiliano Petruzzi y Sr. Gonzalo Gambarte**.

Se agradece a los observadores Antárticos del Pabellón Científico de Marambio;

Se agradece a los observadores Antárticos de San Martín del Laboratorio LASAN:

Se agradece a los observadores Antárticos de Belgrano II del Laboratorio LABEL;

7. BIBLIOGRAFÍA

Banerjee, A., Fyfe, J. C., Polvani L. M., Waugh, D., and Chang K. A pause in Southern Hemisphere circulation trends due to the Montreal Protocol, *Nature*, Vol 579, 544-548.

Geir Braathen, "Boletín de Ozono Antártico", Editado por la WMO.

Newman (NASA), E. Nash (SSAI), R. McPeters (NASA), S. Pawson (NASA) National Aeronautics and Space Administration Goddard Space Flight Center - NASA Ozone Watch.

Veefkind, J.P., J.F. de Haan, E.J. Brinksma, M. Kroon and P.F. Levelt, Total Ozone from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) Using the DOAS technique, *IEEE Trans. Geo. Rem. Sens.*, 2006, Vol. 44, No. 5, 1239-1244, doi:10.1109/TGRS.2006.871204.

H. J. Eskes, R. J. van der A, E. J. Brinksma, J. P. Veefkind, J. F. de Haan, and P. J. M. Valks, Retrieval and validation of ozone columns derived from measurements of SCIAMACHY on Envisat, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 5, 4429-4475, 2005.

Valks, P.J.M., J.F. de Haan, J.P. Veefkind, R.F. van Oss and D.S. Balis, TOGOMI: An improved total ozone retrieval algorithm for GOME, XX Quadrennial Ozone Symposium, 1/6/2004-8/6/2004, C.S. Zerefos (Ed), 2004, Athens, University of Athens, 129-130.

E. Botek, S. Chabriat, Y. Christophe (BIRA-IASB) "Report on 2014 Antarctic ozone hole studies" MACC-III project (Monitoring Atmospheric Composition and Climate - III) 2014.

Scientific Assessment of Ozone Depletion 2018 – Executive Summary – WMO UNO environment, NOAA, NASA, European Commission.

Manuel Gil Ojeda "El ozono estratosférico" *Tethys*, 3, 47–58, 2006. DOI:10.3369/tethys.2006.3.06.

Carabajal Benítez Gerardo, Facundo Orte, Elian Wolfram, Eduardo Luccini y Fernando Nollas. Boletines 1, 2, 3, 4 e Informe Final del Agujero de Ozono 2019.

Karpechko, A., Y. (2020). Jet stream stops shifting as ozone layer recovers, *Nature*, Vol 579, 544-501.

Solomon, S. (2019). The discovery of the Antarctic ozone hole, *Nature*, Vol 575, 46-47.

Carabajal Benítez Gerardo; Cupeiro Manuel; Sánchez Ricardo; Agüero Juan Daniel; Barlasina María Elena y Nollas Fernando. Caracterización de la Columna Total de Ozono medido con el Espectrofotómetro Dobson en cuatro estaciones en la Argentina. ISBN 978-987-1323-36-4