



Servicio
Meteorológico
Nacional

BOLETIN 2 - TEMPORADA DEL AGUJERO DE OZONO EN LA ANTARTIDA 2025

Gerardo Carbajal Benítez¹, Héctor Estévez Pérez⁷, Héctor Ochoa^{2,3}, Eduardo Luccini^{4,5}, 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.

Septiembre, 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 PREVALECIENTES	5
2.1 Temperaturas.	5
2.2 Área y volumen las NEP	6
2.3 Estabilidad del vórtice.	7
3. OBSERVACIONES DE OZONO	8
3.1 Observaciones Satelitales.	8
3.2 Estaciones en superficie.	9
3.2.1 Estación VAG USHUAIA.	9
3.2.2 Estación Antártica Belgrano II	11
4. EL AGUJERO DE OZONO	12
4.1 El área del agujero de ozono.	12
5. CONCLUSIONES	14
6. AGRADECIMIENTOS	14
7. BIBLIOGRAFÍA	15

RESUMEN.

El presente Boletín 2, tiene por objetivo, establecer la evolución del Agujero de Ozono sobre la Antártida para el año 2025. El agujero de ozono se está actualmente desarrollando. 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, inician con la destrucción del ozono total antártico. Las temperaturas zonales a 10 hPa, muestran dos calentamientos menores y no significativos en la estratosfera antártica, pero se proyecta una más que perduraría en el tiempo. Las NEP están llegando a sus valores mínimos sobre todo la tipo II. Los dos SSW genera una perturbación del vórtice polar, el cual se encuentra en una fase negativa y se e longa, lo que provoca que las NEP llegen al sur de la Patagonia, lo cual es detectado por el ozonosondeo que se realizan en la estación VAG-Ushuaia y la estación antártica Belgrano. El área del agujero de ozono muestra según la NASA, 22.85 Millones de kilómetros cuadrados y una proyección que tiene a disminuir.

Palabras Claves: Ozono, Estratosfera, Antártida, Destrucción, Calentamiento Súbito Estratosférico Química y Meteorología.

ABSTRACT.

The purpose of Bulletin 2 is to outline the evolution of the Antarctic ozone hole up to 2025. Currently, the ozone hole is developing due to specific meteorological conditions in the stratosphere and within the polar vortex, which influence its growth. Chemical conditions, driven by the Nitrogen External Parameters (NEPs), initiate the destruction of total Antarctic ozone. At a height of 10 hPa, zonal temperatures in the Antarctic stratosphere have shown two minor, non-significant warmings, but a further warming trend is expected to continue. The NEPs are currently reaching their lowest values, particularly for type II. Additionally, two sudden stratospheric warmings (SSWs) have caused disturbances in the polar vortex, which is in a negative phase and is elongating. This elongation allows the NEPs to extend as far as southern Patagonia. This phenomenon has been confirmed by ozone soundings conducted at the VAG-Ushuaia station and the Belgrano II Antarctic station. NASA reports that the ozone hole covers an area of 22.85 million square kilometers and is expected to decrease.

Key Words: Ozone, Stratosphere, Antarctica, Destruction, Sudden Stratospheric Warming, Chemistry y Meteorology

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 PREVALECIENTES.

2.1. Temperaturas.

La temperatura estratosférica media zonal a una altura de 10 hPa, continúan por arriba del promedio con un salto hacia un Calentamientos Súbitos Estratosféricos (En inglés, SSW) durante finales de agosto y primeras semanas de septiembre, además de una proyección para la última semana de septiembre hacia otro SSW, tal como se puede apreciar en la [Figura 1](#). En tanto el mapa (izquierda) es la anomalía media semanal donde se observa el SSW hacia el Pacífico sur y parte del territorio Antártico.

Fuente de datos:

https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/temp_2024_MERRA2_SH.html

<https://charts.ecmwf.int/products/extended-anomaly>
[10t?base_time=202507310000&player_dimension=base_time&projection=opencharts_antarctic&valid_time=202508250000](https://charts.ecmwf.int/products/extended-anomaly/10t?base_time=202507310000&player_dimension=base_time&projection=opencharts_antarctic&valid_time=202508250000)

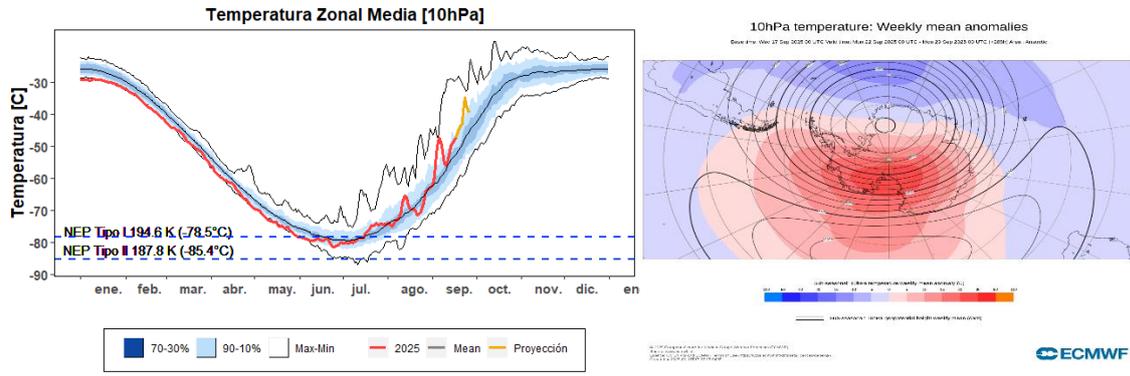


Figura 1. A la izquierda la serie de tiempo de temperatura a 10 hPa, en color marrón la media y en color negro los máximos y mínimos del periodo 1979 a 2024, mientras que el color rojo representa del 1 de enero al 10 de junio del año 2025. El color naranja es la proyección del 17 al 22 de septiembre. El mapa a la derecha es la anomalía media semanal que corresponde del 17 al 22 de septiembre 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) que están muy en dependencia de la temperatura en la estratosfera. En ambas tipos de nubes responde a los SSW con disminución de sus respectivas áreas. La NEP tipo I (Izquierda) están finalizando su ciclo, pero por debajo de lo normal y continuará así según las proyecciones hasta el 22 de septiembre. En tanto las NEP tipo II (Derecha) vieron finalizado su ciclo a inicios de septiembre, producto del SSW, posteriormente tienen un repunto producto de un pequeño enfriamiento, pero las proyecciones muestran para el segundo SSW estarán finalizando su ciclo definitivamente, antes de lo normal.

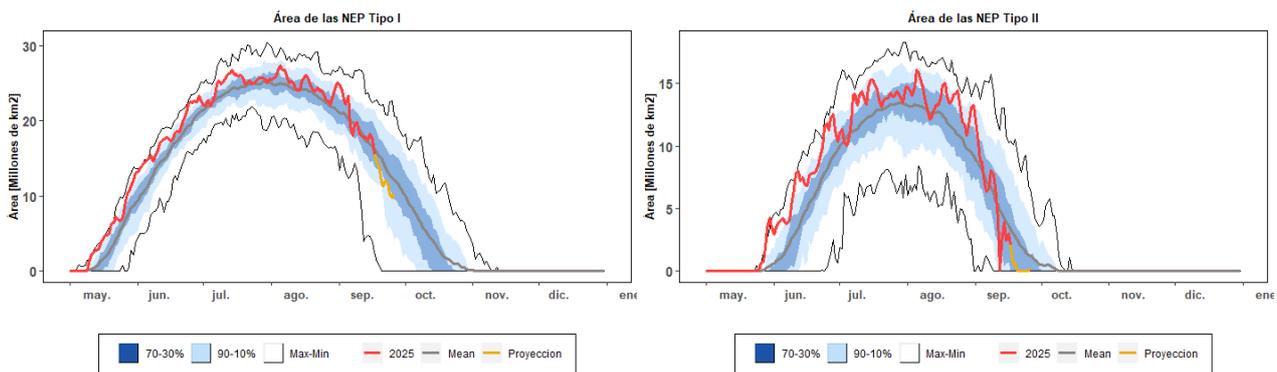


Figura 2. Área de las nubes estratosféricas polares (NEP) Tipo I (Izquierda) y Tipo II (derecha), sobre la región Antártica. La línea color roja, representa la el año 2025 hasta el día 16 de septiembre, mientras que la línea naranja es la proyección del 17 hasta el 22 de septiembre. Las líneas externas y central negras, son los valores medias, máximos y mínimos, durante el periodo 1979 – 2024. Las líneas sombreadas en azul-degrade, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90% para el mismo periodo.

Fuente de datos: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/temp_2023_MERRA2_SH.html

2.3 ESTABILIDAD DEL VÓRTICE

En la **Figura 3** se puede observar que, desde mediados de junio y julio, la estratosfera se encuentra con un poco de actividad y hay un flujo de calor mayor que la media histórica (Izquierda), que se confirma por la actividad de ondas Rossby (Derecha) que se intensifica a partir del 16 de junio, aunque no significativamente. Este movimiento de las ondas Rossby explica los dos SSW aunque no son significativos. La proyección en la serie de tiempo muestra que la tendencia es a estabilizar el flujo de calor, lo que conlleva al enfriamiento de la estratosfera.

Fuente de datos: https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/flux_2023_MERRA2_SH.html

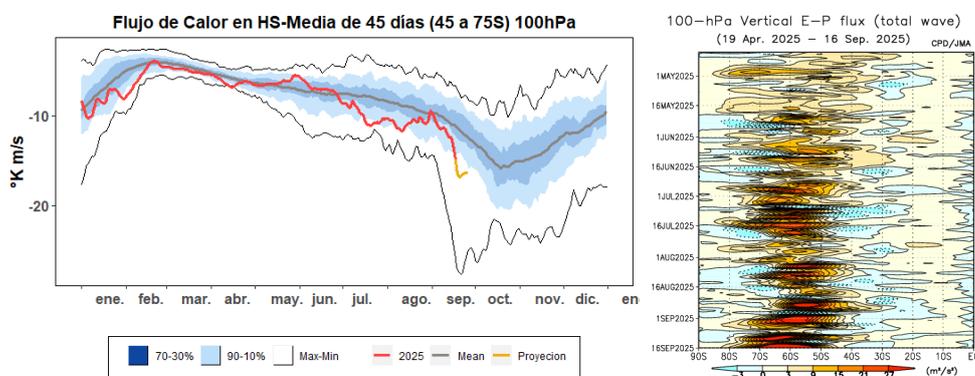


Figura 3. Serie de tiempo del flujo de calor meridional promediado sobre la región entre 45-75°S. La curva roja muestra los datos para 2025, mientras que la línea naranja es la proyección del 17 hasta el 22 de septiembre. Note que un gran número negativo significa un gran flujo de calor. Los valores 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.

Fuente de datos:

https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/meteorology/flux_2023_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 con cierta inestabilidad y con alguna elongación, indicativo de la presencia del SSW, además que el flujo lo lleva contrario a la Patagonia.

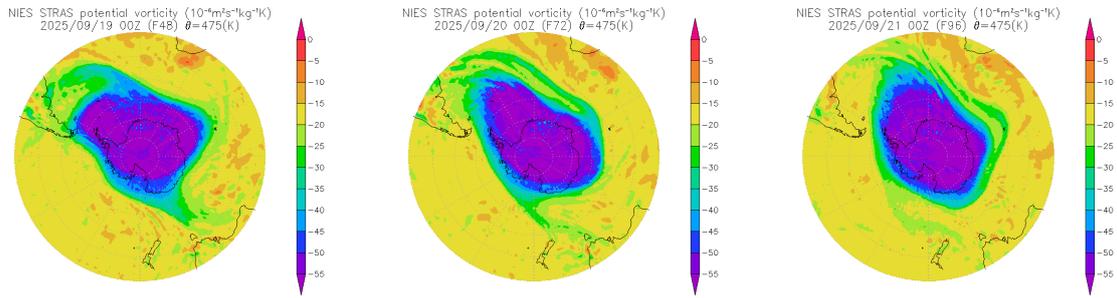


Figura 4. Mapas de Vorticidad Potencial (PV) a una altura isentrópica de 475°K. Los mapas son construidos por el Ceter for Global Environmental Research en Japón. De izquierda a derecha, representan los días 19, 20 y 22 de septiembre.

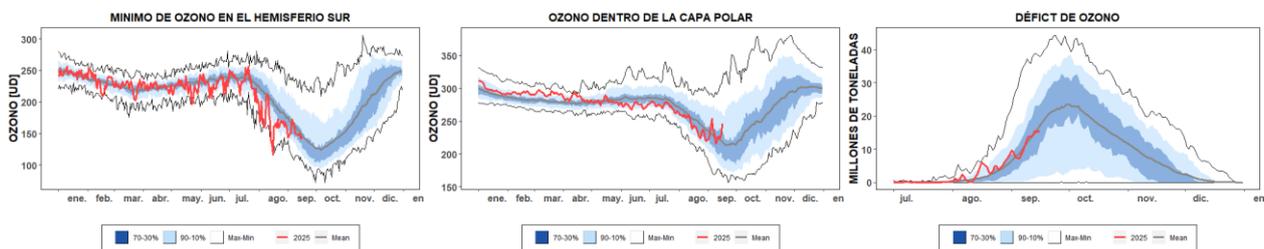
Fuente de datos:

<https://db.cger.nies.go.jp/gem/stras/en/forecast.html?date=20220830&polar=s&k=475>

3. OBSERVACIONES DE OZONO

3.1 Observaciones Satelitales

En la **Figura 5** se muestra los mínimos de ozono en el Hemisferio Sur (Izquierda) que, a mediados del mes de agosto, con una estratosfera fría y las NEP iniciando el proceso de liberación de ClO y BrO, se presenta una importante destrucción de ozono que es inhibida por el SSW a finales de agosto e inicio de septiembre, posteriormente se nota una recuperación que hace que el ozono alcance su normalidad. El ozono dentro de la capa polar (Centro) también es sensible al SWW y se observa dos picos de crecimiento. Finalmente, el déficit de ozono (Derecha) oscila alrededor de su media y con algunas respuestas, reflejados en pequeñas ciadas durante el SWW.



La Figura 5 se muestra la columna de ozono mínimo en Hemisferio Sur (a) y el Ozono dentro de la capa polar (b) del 2024, tal como han sido medidas por el TOMS, OMI y OMPs, en comparación con su media del periodo 1979 a 2023. La curva roja muestra los datos para 2025, mientras que la línea naranja es la proyección hasta el 22 de agosto. 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 ($54^{\circ} 50' 54.46''\text{S}$, $68^{\circ} 18' 37.52''\text{O}$). 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 6](#), 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. En la [Figura 7](#) se destacan dos eventos; (Izquierda) 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 y (Derecha) el día 17 de septiembre el agujero de ozono pasa por el sur de la Patagonia, alcanzando Rio Gallegos. En tanto los datos mensuales oscilan alrededor de la su media, sin cambios significativos.

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, 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, el agujero de ozono, atraviesa el sur de la Patagonia y se observa la destrucción del ozono. Mientras que el día 10 de septiembre, el perfil de temperatura, muestra una estratosfera relativamente más caliente, debido a la presencia del SSW.

En los gráficos de muestra las que temperatura en la estratosfera para esa fecha esta fría, e incluso alcanza a pasar el umbral de la formación de las NEP Tipo I, lo cual aumento de probabilidad de avistamiento de este tipo de nieves, pero el día se presentó totalmente nublado. En cuanto al perfil de ozono, se observa la capa de ozono entre 15 y 25 km de altura, la capa de ozono, aún sin efecto de los compuestos destructores.

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

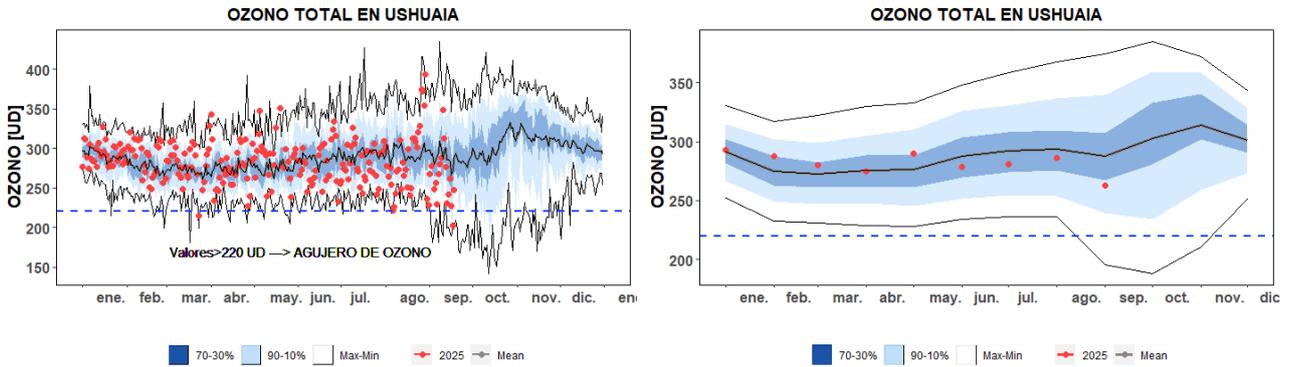


Figura 6. Datos de la columna Total de Ozono [UD] con el Espectrofotómetro Dobson en la estación VAG Ushuaia. Los puntos rojos son los datos del año 2025. Las líneas negras son la media, máximos y mínimos, en tanto los colores sombreados es la media del período 1994 a 2023. Las líneas sombreadas en azul-verde de adentro hacia fuera, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90%.

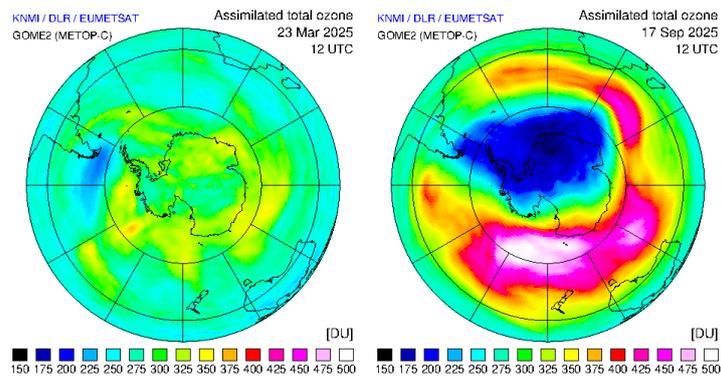


Figura 7. Mini agüero de ozono en el sur del continente. Y paso del agujero de ozono por el sur de la Patagonia.

Fuente: https://d1qb6yzwaaq4he.cloudfront.net/protocols/o3field/gome2c/2025/03/o3col2025032312_sp.gif

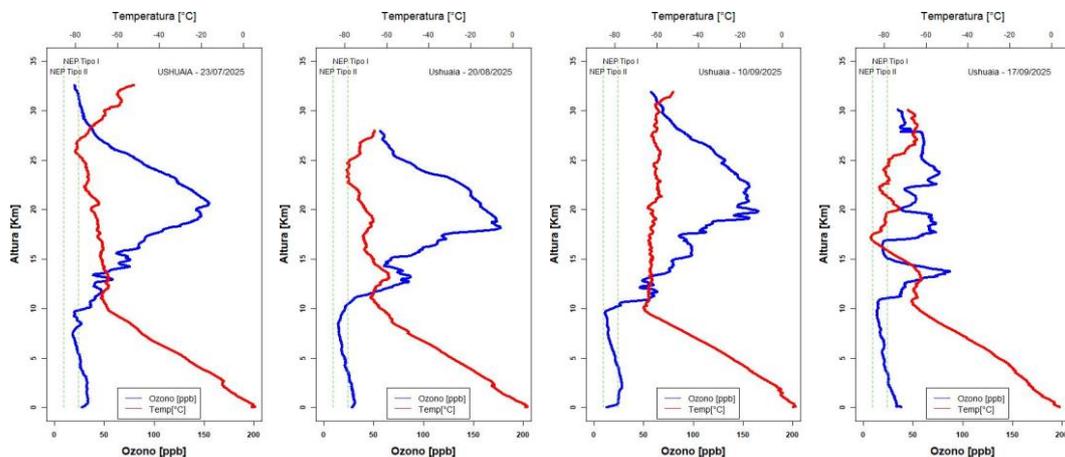


Figura 8. Ozonosondeos realizados en la Estación VAG de Ushuaia. En los cuatro gráficos, la línea azul es la relación de mezcla del ozono expresado en unidades partes por billón [ppb] en cada nivel de la atmosfera. Y la curva roja es el perfil de la temperatura en [°C].

3.2.2. Estación Antártica Belgrano II.



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 espectrómetro NEVA II que utilizan la técnica Max DOAS. Ambos espectrómetros 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 9** 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.

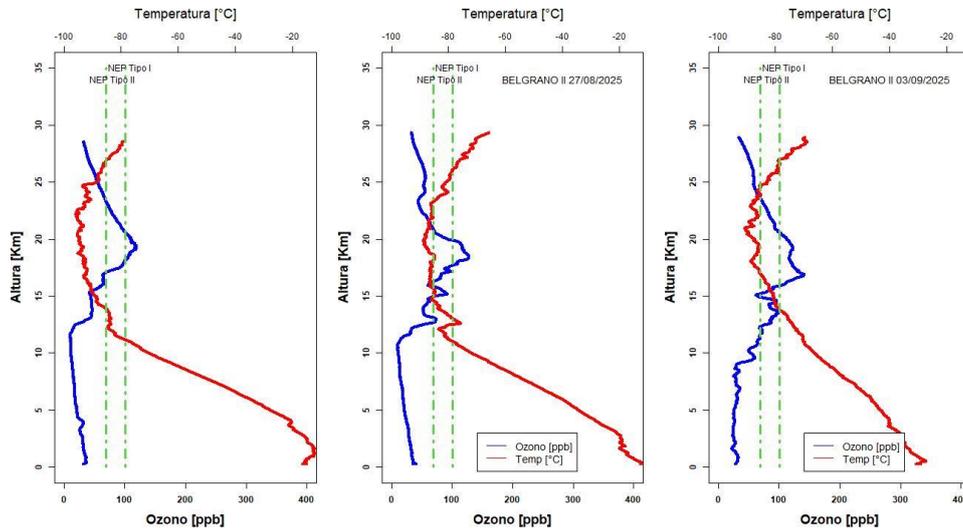


Figura 9. Ozonosondeos realizados en la Estación Antártica Belgrano II. En los tres gráficos, la línea azul es la relación de mezcla del ozono expresado en unidades partes por billón [ppb] en cada nivel de la atmosfera. Y la curva roja es el perfil de la temperatura en [°C].

4. El Agujero de ozono

4.1 El área del agujero de ozono

En la **Figura 10** 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 Km^2 – Ozone Watch NASA (arriba-izquierda). En tanto COPERNICUS con el satélite NOAA-21 OMPS (arriba-derecha) muestra 21,08 Millones de km^2 . El portal TEMIS (abajo-izquierda) muestra poco menos de 20 Millones de km^2 Con el modelo asimilación MSR2. Finalmente, La NOAA con el satélite NOAA-20 OMPS (abajo-derecha) también muestra poco menos de 20 Millones de km^2 . Las proyecciones muestran además, que la tendencia es ir a la baja, es decir disminuyendo el agujero de ozono.

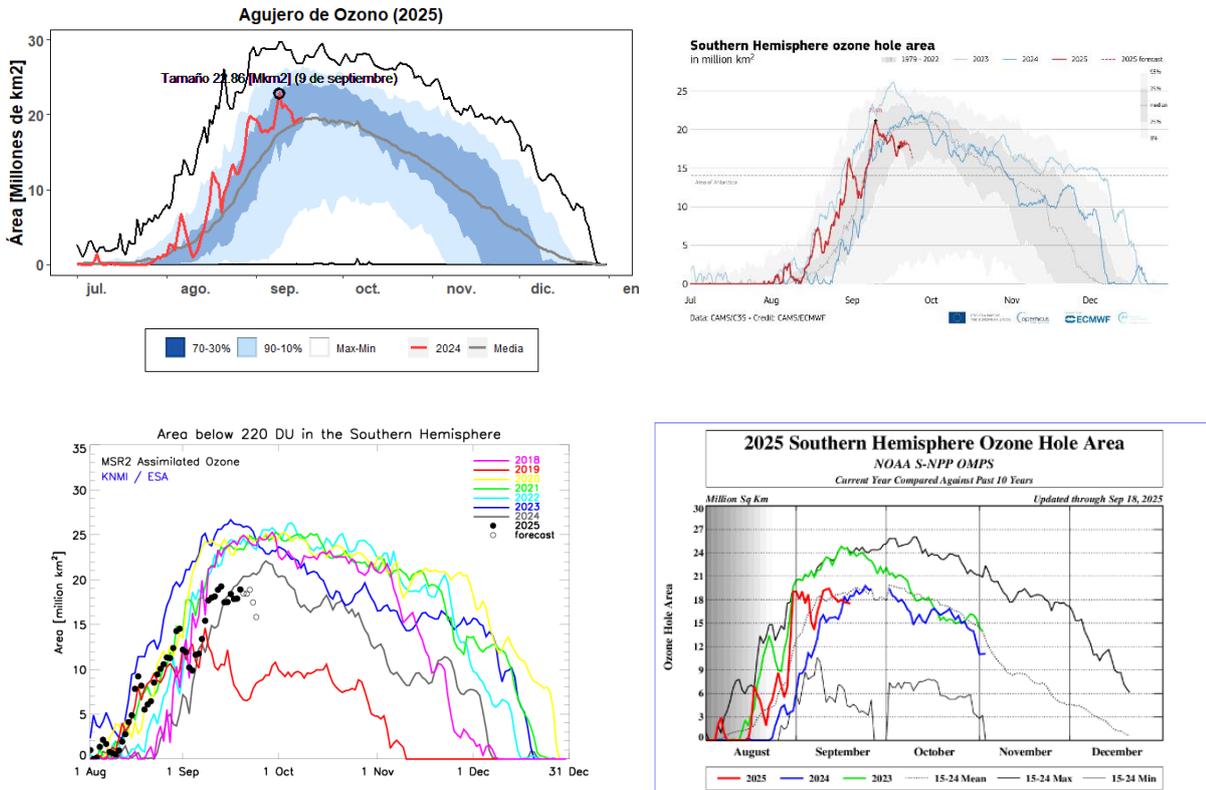


Figura 10. Área del Agujero de Ozono (millones de km²). Arriba-Izquierda, Es el consenso de satélites de la NASA, EEUU (TOMS+OMI+OMPS). Arriba-Derecha; son datos de COPERNICUS. Abajo-izquierda, son datos del TEMIS, Datos de la ESA (Agencia Espacial Europea). Finalmente abajo-derecha es de la NOAA.

Fuente de datos:

https://www.temis.nl/protocols/o3hole/o3_size.php?date=20230922&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 11**, se observa los mapas proyectados para los próximos 4 días, considerando la evolución y desarrollo del agujero de ozono.

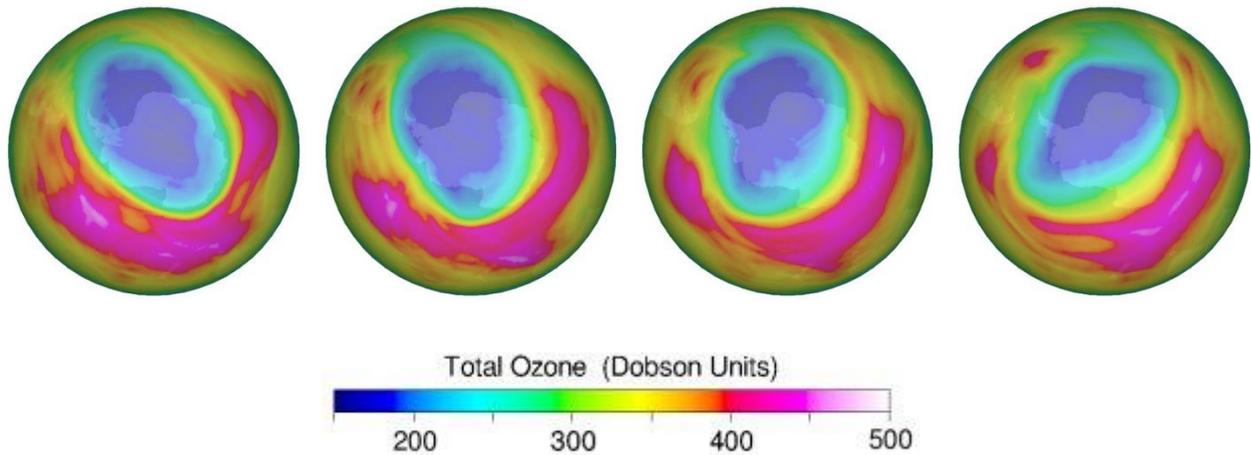


Figura 10. Proyecciones para los próximos 4 días a partir del día 21 hasta el 24 de septiembre y muestran la evolución y crecimiento del agujero de ozono para el año 2025.

5. CONCLUSION

El agujero de ozono continúa en desarrollo. 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, inician con la destrucción del ozono total antártico.

Ya hubo un evento de SSW que afectó el inicio del agujero, haciendo que éste decrezca, pero las proyecciones muestran que, un nuevo calentamiento estará presente, lo que impactará y perturbará al vórtice polar y en consecuencia una disminución en la destrucción de ozono, es decir disminución del agujero de ozono.

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).

Se agradece los datos de las ozonsondas 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. Chabrillat, 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.
- Carbajal 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 Benitez 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