



Servicio
Meteorológico
Nacional

BOLETIN 4 - 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.

Octubre, 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
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 4, tiene por objetivo, establecer la evolución del Agujero de Ozono sobre la Antártida para el año 2025. El agujero de ozono se encuentra actualmente en tendencia al decrecimiento. 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 a finales de septiembre y durante gran parte de octubre, pero las proyecciones para noviembre, muestran aumento de temperatura por encima de su media. 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 al presente no se registran. El transporte de ondas atmosféricas que se propagan desde la troposfera hasta la estratosfera, es mínimo y tiende hacia la calma, de tal manera que no impactan al vórtice polar, aunque éste está alargado debido al debilitamiento que ha sufrido por los SSW consecutivos, lo cual se refleja en el debilitamiento de los vientos del oeste y que circundan dicho vórtice polar. Este debilitamiento y elongación provoca el paso del agujero de ozono por el sur de La Patagonia en cuatro ocasiones, lo cual es detectado por los ozono sondeos que se realizan en la estación VAG-Ushuaia y la estación antártica Belgrano. El área del agujero de ozono muestra según la NASA, 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°.

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

ABSTRACT.

Bulletin 4 aims to predict the evolution of the Antarctic ozone hole by 2025. Currently, the ozone hole is trending downward. The development of the ozone hole is influenced by stratospheric meteorological conditions and the polar vortex, which modulate its growth. Additionally, chemical conditions resulting from polar epithelial events (PEEs) are responsible for the destruction of total Antarctic ozone. Zonal temperatures at 10 hPa are showing a cooling trend in late September and much of October, but projections for November indicate above-average temperatures. There have been three Sudden Stratospheric Warming (SSW) events that disturbed the polar vortex, preventing the development of Type I and II PEEs. These events have dissipated earlier than usual, and currently, no PEEs are being recorded. The transport of atmospheric waves from the troposphere to the stratosphere is minimal and relatively calm, meaning they do not affect the polar vortex. However, the polar vortex has become elongated due to the weakening caused by consecutive south-southwesterly winds. This elongation is reflected in the weakening of the westerly winds surrounding the polar vortex. As a result, the ozone hole has passed over southern Patagonia on four occasions, which has been detected through ozone soundings at the VAG-Ushuaia station and the Belgrano Antarctic station. According to NASA, the ozone hole has reached a maximum area of 22.85 million square kilometers. When calculating the average area

from September 7 to October 13, the average is 18.55 million km², ranking it 33rd in the world from largest to smallest, or conversely, 13th from smallest to largest.

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 PREVALECIENTES.

2.1. Temperaturas.

La temperatura estratosférica media zonal a una altura de 10 hPa, durante el mes de octubre, viene por debajo de la media, es decir una estratosfera fría, pero las proyecciones muestran que a finales del mes e inicio de noviembre, la temperatura tiende a aumentar ([Figura 1. Izquierda](#)) Esto se confirma en la misma [Figura 1 Derecha](#), que es la proyección a una semana, que es más intenso el calentamiento hacia el océano Índico.

A estas fechas, la temperatura en la estratosfera tiene un efecto más dinámico que, químico sobre al agujero de ozono.

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

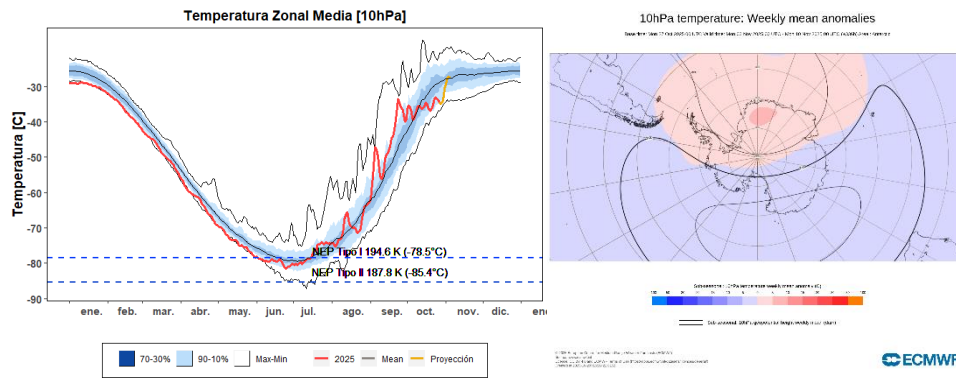


Figura 1. A la izquierda la serie de tiempo de temperatura a 10 hPa del 2025, en color marrón la media y en color negro los máximos y mínimos del periodo 1979 a 2024, mientras que el color rojo representa del 1 de enero al 5 de octubre del año 2025. El color naranja es la proyección del 27 de octubre al 5 de noviembre. El mapa a la derecha es la anomalía media semanal que corresponde del 27 de octubre al 3 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.

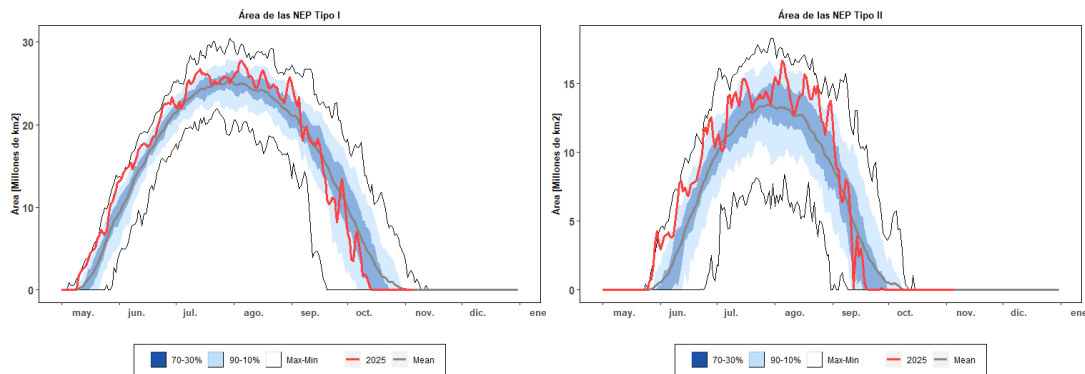


Figura 2. Área de las nubes estratosféricas polares (NEP) Tipo I (Izquierda) y Tipo II (derecha), sobre la región Antártica. La línea color roja, representa la el año 2025 hasta el día 27 de octubre. Las líneas externas y central negras, son los valores medias, máximos y mínimos, durante el periodo 1979 – 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_2025_MERRA2_SH.html

https://charts.ecmwf.int/products/extended-anomaly-10t?base_time=202510290000&projection=opencharts_antarctic&valid_time=202511100000

2.3 ESTABILIDAD DEL VÓRTICE

En la [Figura 3 izquierda](#) se puede observar que, actualmente poca 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.

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

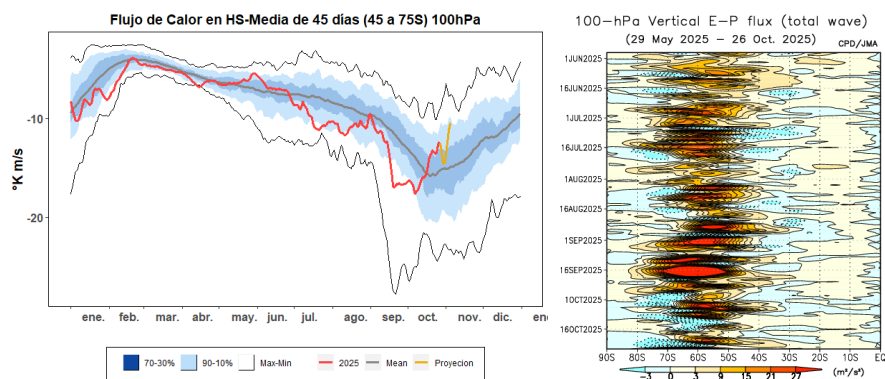


Figura 3. (Izquierda) Serie de tiempo del flujo de calor meridional promediado sobre la región entre 45-75°S. La curva roja muestra los datos para 2025, mientras que la línea naranja es la proyección del 27 de octubre hasta el 5 de noviembre. Note que un gran número negativo significa un gran flujo de 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 con cierta elongación resultado de los SSW y que no llega a enfriarse el interior del mismo, y los vientos del oeste que lo rodean ([Figura 5](#)), son intensos, de hecho la velocidad de éstos va disminuyendo por debajo de su lo normal, de tal manera que el vórtice a estas fechas se encuentra debilitado y las proyección muestra que la tendencia seguirá a debilitarse aún más.

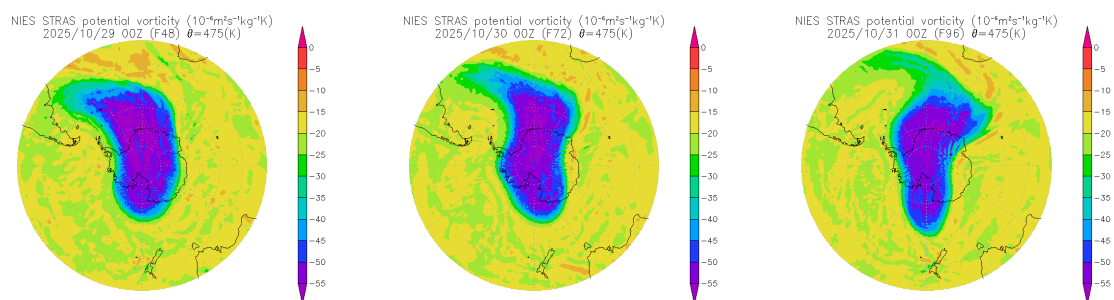


Figura 4. Mapas de Vorticidad Potencial (PV) a una altura isentrópica de 475°K. Los mapas son construidos por el Ceter for Global Environmental Research en Japón. De izquierda a derecha, representan los días 29, 30 y 31 de octubre.

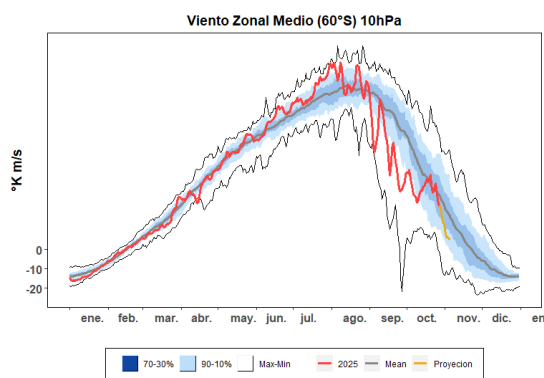


Figura 5. Intensidad del viento a una altura de 10 hPa.

Fuente de datos:

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

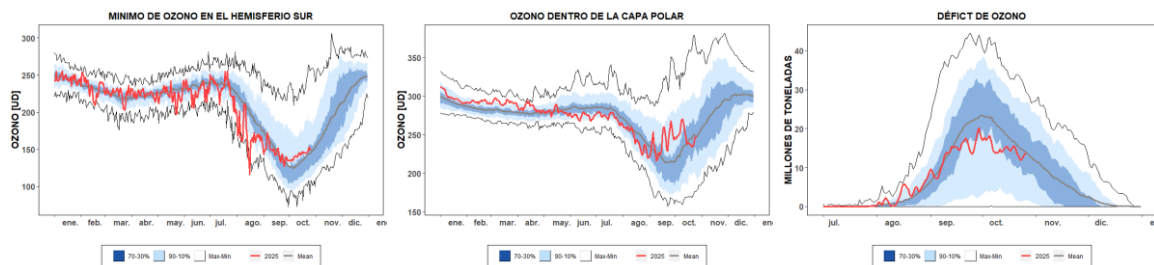
<https://db.cger.nies.go.jp/gem/stras/en/forecast.html?date=20250830&polar=s&k=475>

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 están por arriba de su media (Izquierda), mientras que dentro de capa polar (Centro) la situación aún es mejor, de la misma manera poca destrucción de ozono. Finalmente, el déficit de ozono (Derecha) está muy por debajo de su media. 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° 50' 54.46"S, 68° 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 4 eventos; 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 Rio Gallegos. Finalmente, el día 26 de octubre, el agujero de ozono vuelve a pasar por el sur de la Patagonia y muestra un valor de 207 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, 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 de septiembre, el perfil de temperatura, muestra una estratosfera relativamente más caliente, debido a la presencia del SSW.

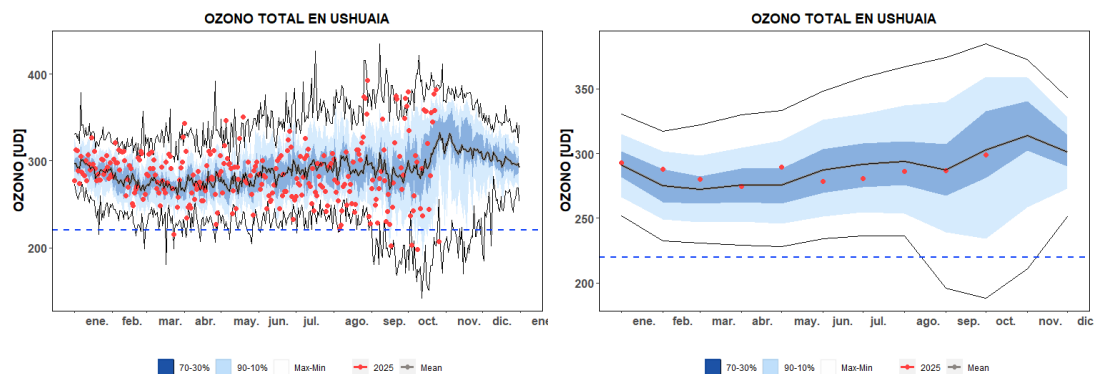
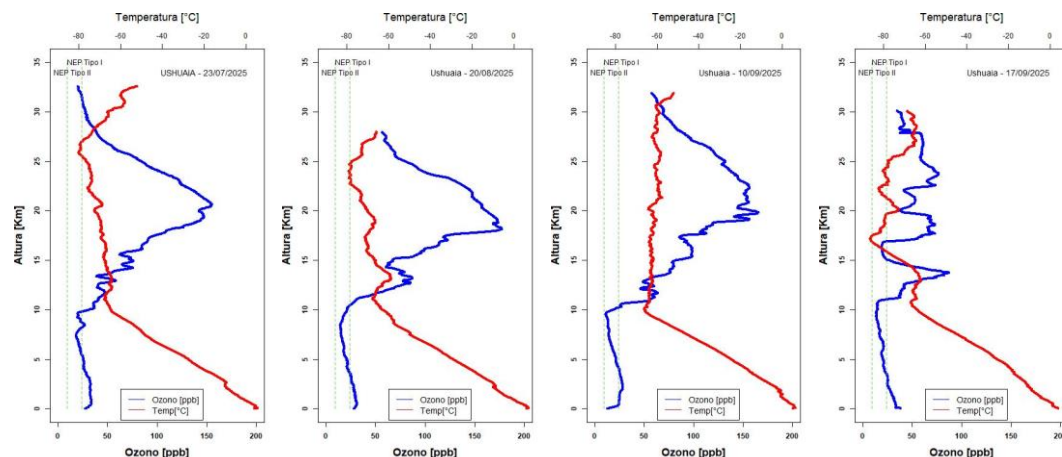


Figura 7. Datos de la columna Total de Ozono [UD] con el Espectrofotómetro Dobson en la estación VAG Ushuaia. Los puntos rojos son los datos del año 2025. Las líneas negras son la media, máximos y mínimos, en tanto los colores sombreados es la media del período 1994 a 2023. Las líneas sombreadas en azul-verde de adentro hacia fuera, son los percentiles de 70 – 30% y de 10 – 90%.



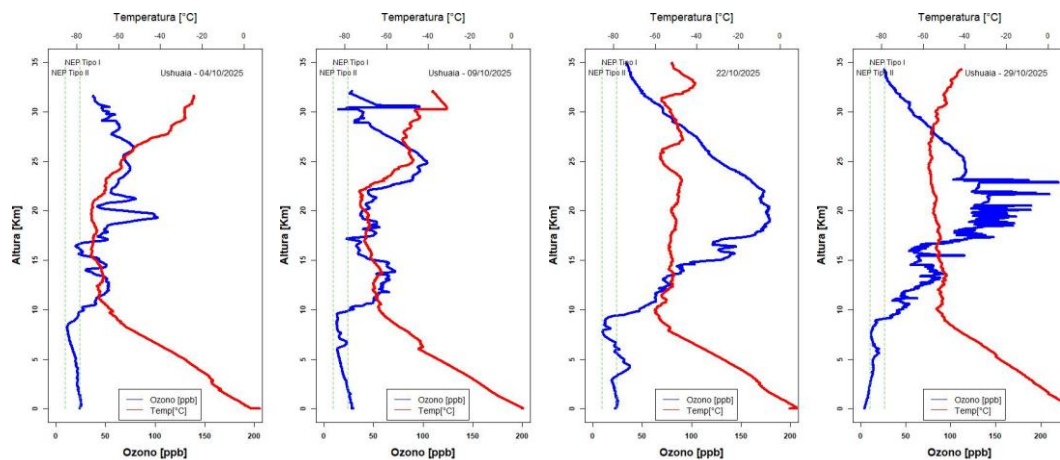


Figura 8. Ozonosondeos realizados en la Estación VAG de Ushuaia. En los cuatro gráficos, la línea azul es la relación de mezcla del ozono expresado en unidades partes por billón [ppb] en cada nivel de la atmosfera. Y la curva roja es el perfil de la temperatura en [°C].

3.2.2. Estación Antártica Belgrano II.



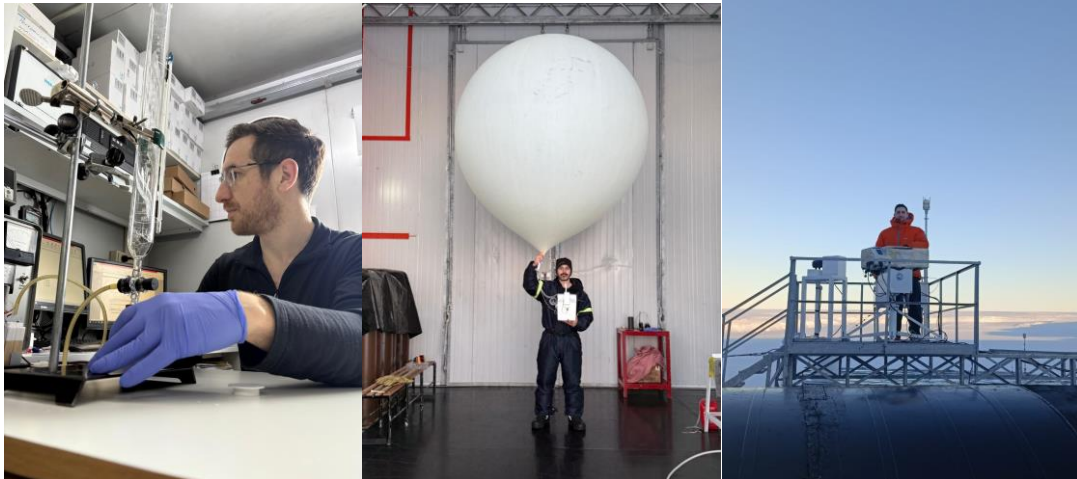


Figura 9. La imagen nos muestra al personal del laboratorio LABEL 2025. Al Dr. Marcelo Gastón Alonso calibrando la ozonosonda, al Téc. Fernando Nicolás Rivas a punto de realizar el lanzamiento de un ozonosondeo y al Téc Joaquín Nicolás Cerlon controlando al espectrofotómetro Brewer MK IV #099.

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 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 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.

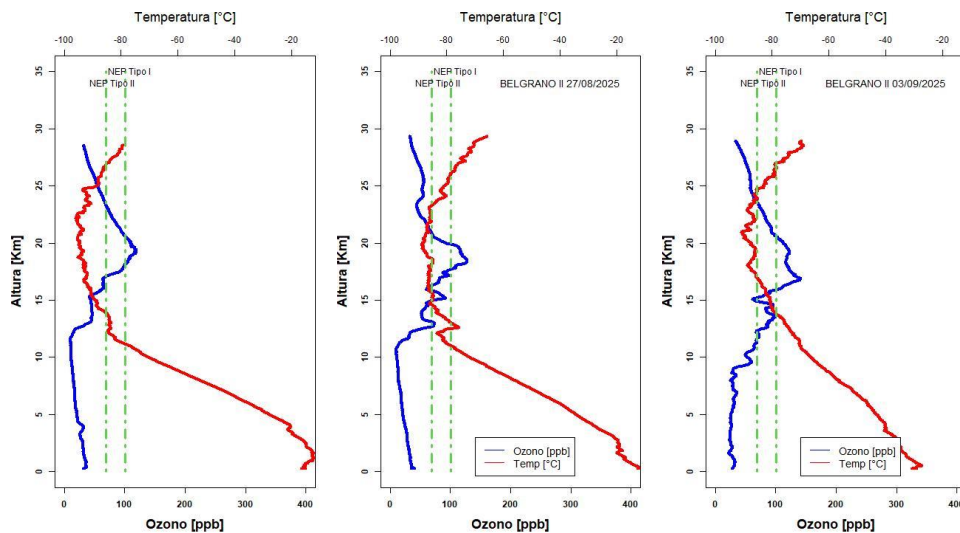


Figura 10. Ozonosondeos realizados en la Estación Antártica Belgrano II. En los tres gráficos, la línea azul es la relación de mezcla del ozono expresado en unidades partes por billón [ppb] en cada nivel de la atmosfera. Y la curva roja es el perfil de la temperatura en [°C].

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.

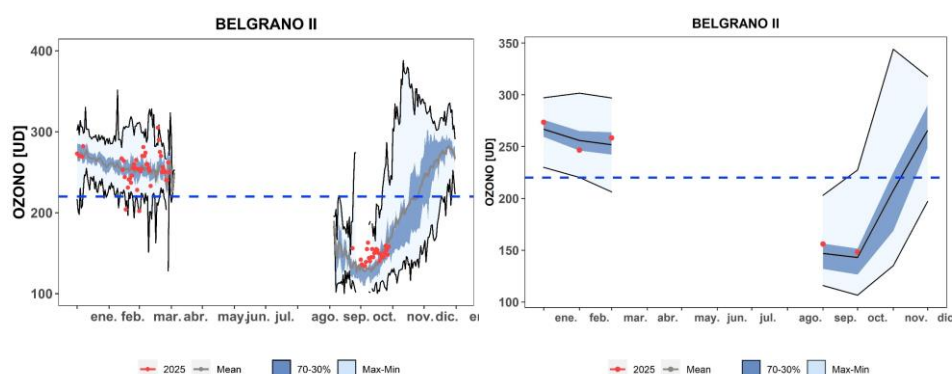


Figura 11. Registros del espectrofotómetro Brewer #099 durante el año 2025. Parte Izquierda son mediciones diarias, parte Derecha, es la media mensual.

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 no 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.

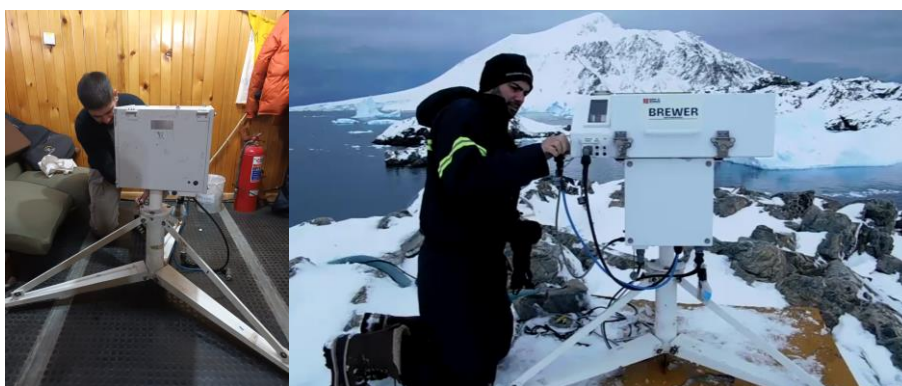


Figura 12. La imagen nos muestra el montaje del espectrofotómetro Brewer #162 en Base San Martín y al personal técnico del IAA, el Téc. Pablo Signorelli y el Ing. Joel Chaya (2025).

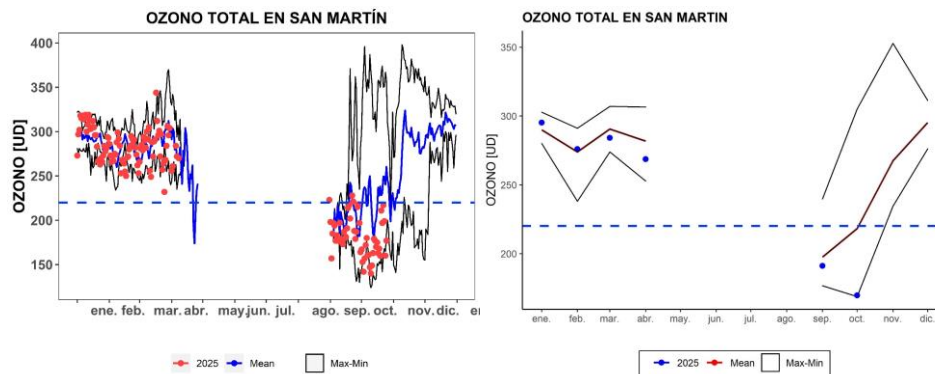
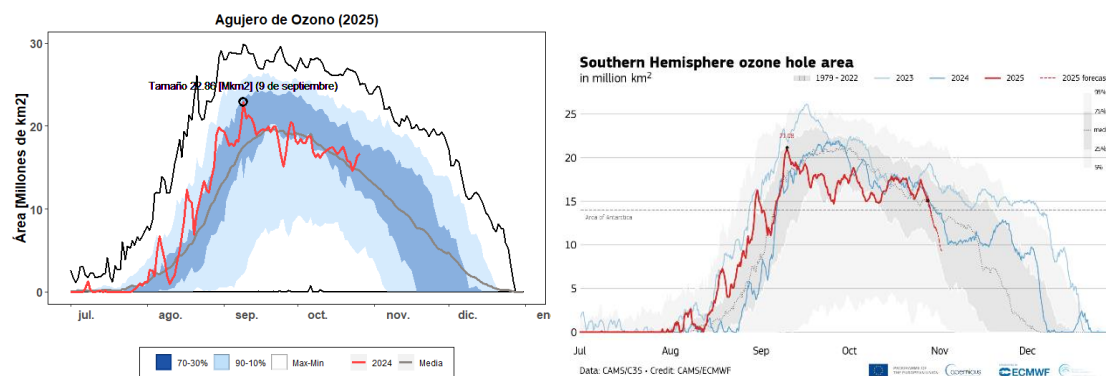


Figura 12. Registros del espectrofotómetro Brewer #162 durante el año 2025. Parte Izquierda son mediciones diarias, parte Derecha, es la media mensual.

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 km^2 – Ozone Watch NASA (arriba-izquierda). En tanto COPENICUS 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. Es notorio que el portal TEMIS muestra una caída abrupta del área del agujero de ozono, de tal manera que hay una alta probabilidad de que el agujero de ozono se cierre antes de lo normal.



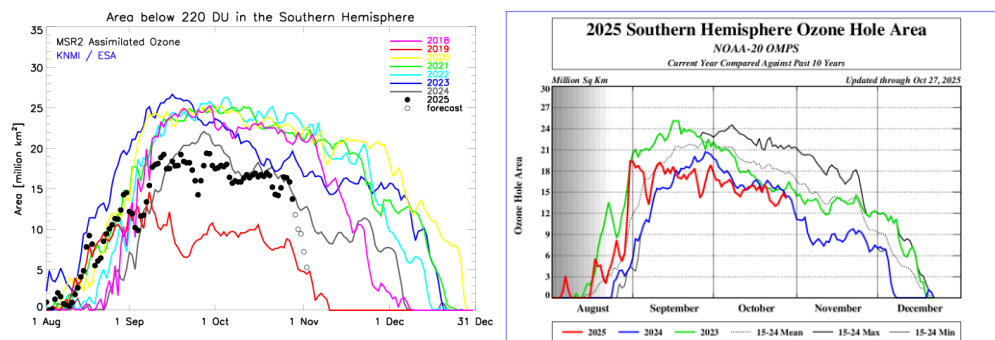


Figura 14. Área del Agujero de Ozono (millones de km²). Arriba-Izquierda, Es el consenso de satélites de la NASA, EEUU (TOMS+OMI+OMPS). Arriba-Derecha; son datos de COPERNICUS. Abajo-izquierda, son datos del TEMIS, Datos de la ESA (Agencia Espacial Europea). Finalmente abajo-derecha es de la NOAA.

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 km² alcanzado el día 9 de septiembre y ocupando el ranking 25° 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 km² 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.

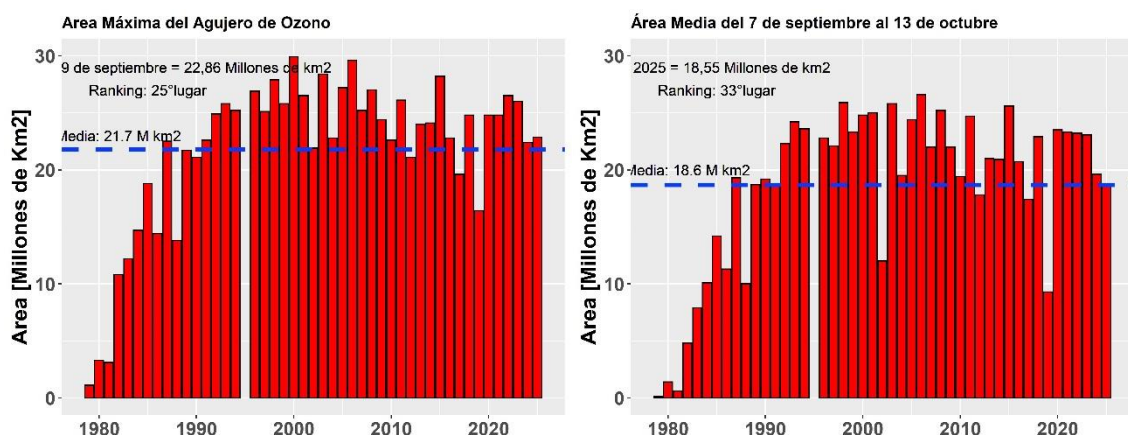


Figura 15. Área de los Agujeros de Ozono en millones de km², desde el año 1979 hasta 2025 (46 años).

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.

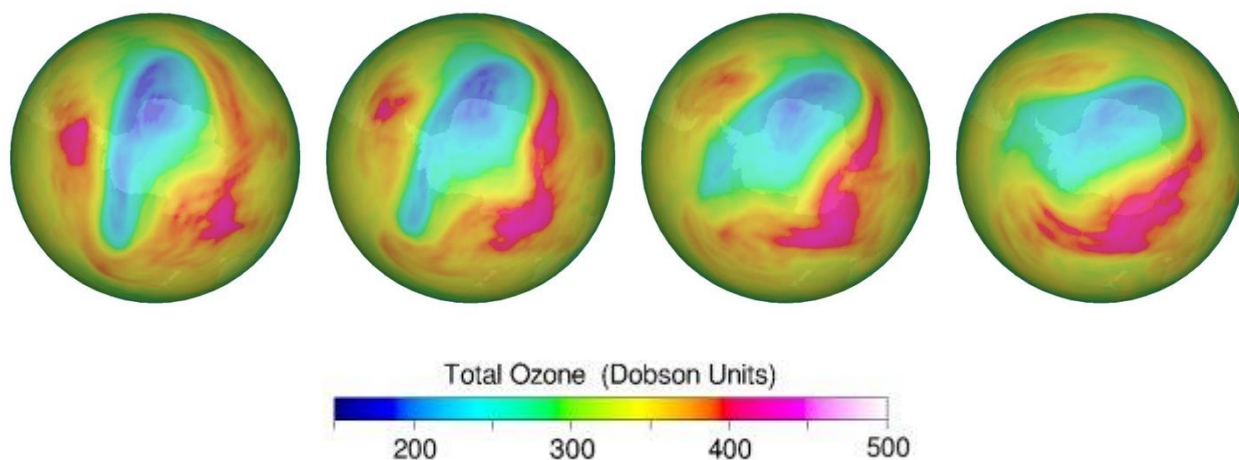


Figura 16. Proyecciones para los próximos 4 días a partir del día 1 hasta el 4 de noviembre y muestran el desarrollo y evolución del agujero de ozono en lo que va del año 2025.

5. CONCLUSION

El agujero de ozono de esta temporada se encuentra en pleno decrecimiento, 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).

Se presentan 3 calentamientos súbitos estratosféricos (SSW) no significativos, pero al ser consecutivos no dan tiempo a que la estratosfera dentro del vórtice se enfríe, de modo que las NEP Tipo I y II se diluyen antes de lo normal. Esto genera que haya una alta probabilidad de que el agujero de ozono se cierre antes del plazo habitual.

El área máxima del agujero de ozono, alcanzado el 9 de septiembre en términos generales es un valor mediano del periodo 1979 al 2025, pero si se promedia del 7 de septiembre al 13 de octubre (lo más correcto) está en el ranking de mayor a menor en el 33° lugar, caso contrario ocupa en el lugar 13° 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).

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. Chabrilat, 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.

2025 | Año de la Reconstrucción de la Nación Argentina

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