

DIA INTERNACIONAL DE LA PRESERVACIÓN DE LA CAPA DE OZONO 2023

PROTOCOLO DE MONTREAL: REPARAR LA CAPA DE OZONO Y REDUCIR EL CAMBIO CLIMÁTICO

- El 16 de septiembre fue proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono conmemorando la firma, en esa misma fecha del año 1987, del Protocolo de Montreal.
- Este año conmemora los 36 años del Protocolo de Montreal, celebrando el éxito de la cooperación global entre países para reparar la capa de ozono y reducir el cambio climático.
- El agujero de ozono del 2022 ha sido similar en tamaño y persistencia a los de 2021 y 2020, debido a un fuerte y duradero vórtice polar de esos años.
- AEMET participa de forma activa en la vigilancia mundial de la capa de ozono: dispone de una amplia red nacional de observación de la radiación ultravioleta y de la capa de ozono, y de un Centro Regional de Calibración en Ozono, y gestiona la red mundial EUBREWNET. Además, elabora diariamente predicciones de índice ultravioleta para todos los municipios españoles.

El 16 de septiembre fue proclamado por la Asamblea General de las Naciones Unidas, en resolución 49/114, de diciembre de 1994, como el Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono conmemorando la firma, en esa misma fecha del año 1987, del Protocolo de Montreal. Para más información sobre la celebración de dicho acto se puede consultar los siguientes enlaces:

<https://ozone.unep.org/ozone-day/montreal-protocol-fixing-the-zone-layer-and-reducing-climate-change>
<https://www.unep.org/ozonaction/news/news/world-ozone-day-16-september-2023>

El lema elegido para celebrar el Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono de 2023 es “Protocolo de Montreal: reparar la capa de ozono y reducir el cambio climático”.

El protocolo de Montreal, firmado hace ya 36 años, no solo ha propiciado la recuperación de la capa de ozono sino que, a través de su enmienda de Kigali, también contribuye a la mitigación del cambio climático con la eliminación gradual de los hidrofluorocarburos (HFC), un grupo de sustancias químicas que no agotan la capa de ozono pero son potentes gases de efecto invernadero y, por tanto, catalizadores del cambio climático.

Según indica el informe publicado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM): “Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022” [1], la capa de ozono se está recuperando, observándose una tendencia positiva en la alta estratosfera, debido al éxito del tratado de Montreal, que ha reducido los niveles de SDO (Sustancias Destructoras de la capa de Ozono). El agujero de ozono antártico dejó de aumentar en el periodo 1990-2010, en la última década ha mostrado una recuperación lenta, y se espera que se recupere a los niveles de los años 80 en el periodo 2060-2070.

La sustancial variabilidad interanual en del tamaño del agujero de ozono antártico, su intensidad y duración hace necesario continuar con la observación sistemática del estado de la capa de ozono y de otros parámetros relevantes.

La importancia de la Capa de Ozono

El ozono estratosférico nos protege de los efectos perjudiciales derivados de una sobreexposición a la radiación ultravioleta, principalmente la derivada de aquella radiación más energética y que produce los efectos más adversos sobre los ecosistemas y sobre la salud humana.

Además, su relevancia es aún mayor si tenemos en cuenta la pequeña proporción en la que se encuentra en la atmósfera. A modo de símil, si fuéramos capaces de concentrar toda la capa de ozono sobre la superficie terrestre, ésta apenas ocuparía una capa de 3mm de espesor, mientras que el conjunto de toda la atmósfera que nos rodea alcanzaría un espesor aproximada de 8.000 metros.

Destrucción de la Capa de Ozono

Como cada año, al aproximarse la primavera austral, comienza la destrucción de ozono sobre la Antártida. Este proceso empieza a gestarse durante el invierno austral, cuando debido al largo período de oscuridad, se dan una serie de condiciones meteorológicas en el vórtice polar del Polo Sur que lo aíslan del resto de la circulación atmosférica, alcanzándose en dicha región temperaturas especialmente bajas (por debajo de -78°C). A estas temperaturas, aunque el aire estratosférico es muy seco, se empiezan a formar nubes mezcla de agua y ácido nítrico denominadas nubes estratosféricas polares (PSC en inglés), en el seno de las cuales ocurren una serie de reacciones químicas que convierten compuestos halogenados inactivos provenientes de los CFCs y Halones en especies muy activas, especialmente compuestos de cloro y bromo. Estos compuestos, una vez inciden los primeros rayos de luz coincidiendo con el final del invierno y el principio de la primavera austral, reaccionan rápidamente liberando átomos de cloro y bromo muy reactivos, que atacan a las moléculas de ozono a través de un ciclo catalítico al final del cual, se vuelve a recuperar dicho átomo halogenado que está nuevamente disponible para destruir otra molécula de ozono. Se estima que un simple átomo de cloro puede llegar a destruir miles de moléculas de ozono.

Esta es la razón por la que el agujero de ozono, definido como aquella área donde la cantidad total de ozono en columna es inferior a 220UD (Unidades Dobson)¹, en la Antártida empieza a producirse durante el mes de agosto con la llegada de los primeros rayos solares a la zona, y alcanza su máxima extensión entre mediados de septiembre y principios de octubre, momento en el que la radiación solar incidente comienza a calentar la masa de aire antártica, rompiendo su aislamiento (vórtice polar) y permitiendo la llegada de aire “limpio” de agentes destructores y rico en ozono proveniente de otras latitudes, lo que permite la regeneración del ozono.

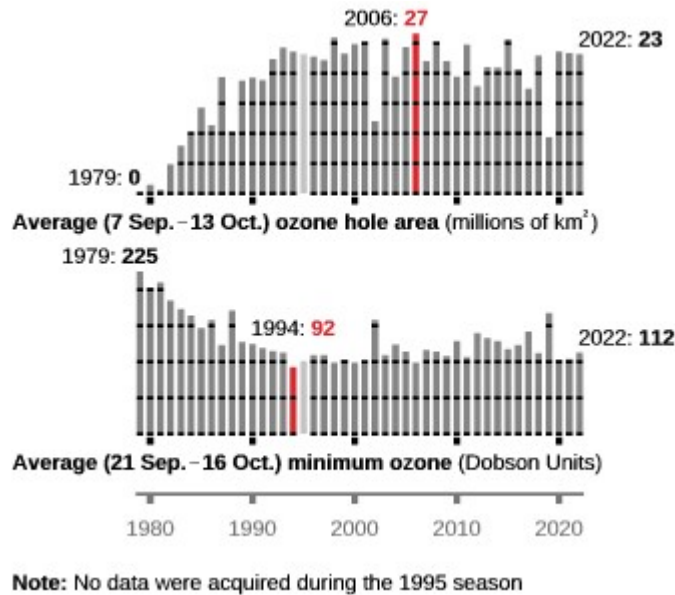
El agujero de ozono ocurre cada año desde principios de los años 80, debido a los altos niveles de las sustancias destructoras de la capa de ozono que la humanidad ha emitido.

Evolución de la Capa de Ozono durante 2022

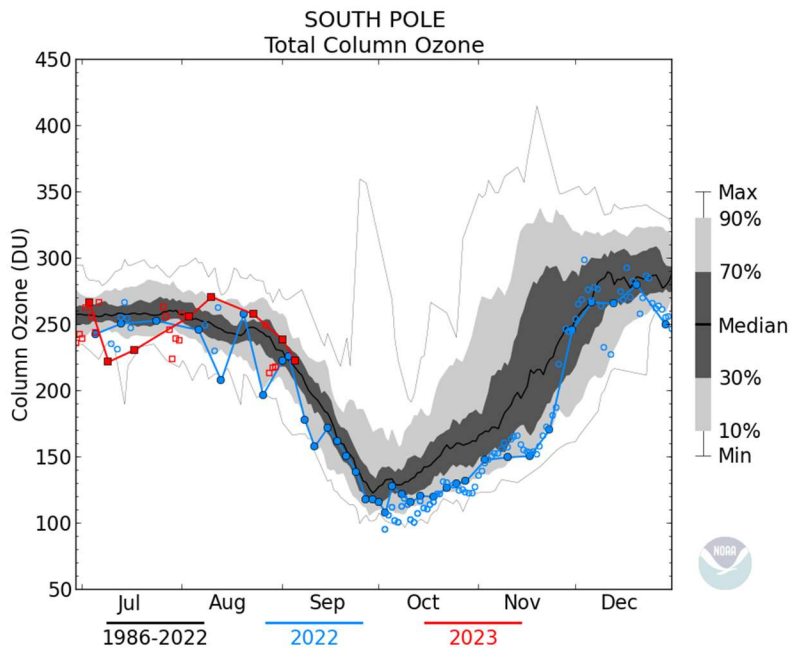
El agujero de ozono del 2022 ha sido similar en tamaño y persistencia a los de 2021 y 2020, debido a un fuerte y duradero vórtice polar de esos años. La erupción en enero del 2022 del volcán Hunga-Tonga Ha’appaí (HTHH), la más explosiva desde que tenemos registro satelitales, tendría un efecto importante sobre el ozono, pero las emisiones del volcán no alcanzaron el vórtice antártico hasta la primavera del 2023 y no han afectado al agujero del 2022.

De acuerdo a las observaciones de la NASA, el año pasado el agujero de ozono Antártico tuvo una extensión media de 23,2 millones de km^2 , alcanzando un máximo de 26,5 el 5 de octubre. En cuanto al valor mínimo de ozono en promedio registrado en la región antártica durante el período de máxima destrucción de ozono, este fue de 112 UD, con un valor mínimo en columna de 97 UD el 1 y 2 de octubre.

¹ La unidad Dobson (UD) es una medida de la densidad de un gas traza en la atmósfera. Se suele utilizar para medir el ozono total en la columna atmosférica. Para ello se calcula el espesor que tendría el ozono presente en la columna atmosférica en condiciones normales de temperatura y presión (0°C y 1 atmósfera respectivamente). Así un espesor de 0,01 mm de ozono medido en condiciones normales de temperatura y presión sería equivalente a 1 UD. En nuestras latitudes los valores observados son algo superiores a las 300 UD. El nombre es en honor a Gordon Dobson. Dobson diseñó en los años 20 el primer aparato de medida de ozono total en la atmósfera: el espectrofotómetro Dobson que sigue siendo utilizado hoy en día



Comparativa que muestra la evolución anual de la extensión media del agujero de ozono (millones de km²) y los valores mínimos de ozono en columna medios (UD) obtenidos por la NASA durante los periodos de mayor destrucción de ozono, desde 1979. (Fuente: NASA Ozone Watch, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>, [2])



Comparativa que muestra los valores de ozono en columna (UD) registrados en el polo sur durante el periodo de mayor destrucción de ozono en 2022 (azul) y lo que va de 2023 (rojo), frente a los valores medios, máximos, mínimos y percentiles (grises) registrados en el periodo 1986-2022. (Fuente: NASA Ozone Watch, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>, [2])

La vigilancia de la Capa de Ozono en AEMET

La Agencia Estatal de Meteorología vigila la Capa de Ozono en tiempo real a través de la red de espectrofotómetros Brewer instalados en A Coruña, Madrid, Zaragoza, Murcia, Izaña (Tenerife), Santa Cruz de Tenerife y El Arenosillo (INTA, Huelva), y mediante la realización semanal de ozonosondeos en las estaciones de Madrid y Santa Cruz de Tenerife. Los datos obtenidos, una vez validados, se envían diariamente a al Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación UV (WOUDC) en Canadá, por encargo de la Organización Meteorológica Mundial, con el fin de confeccionar los mapas de espesor total de ozono en el Hemisferio Norte.

La información diaria del contenido de ozono en columna en todas las estaciones de la red se publica diariamente en la página web de AEMET, en el siguiente enlace:

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/radiacion/ozono?datos=mapa>

El Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI) de la Agencia Estatal de Meteorología, situado en la isla de Tenerife, comparte la referencia mundial con el Centro de Toronto, gestionado por el servicio meteorológico canadiense "Environmental & Climate Change Canada" (ECCC). El Observatorio de Izaña de AEMET, junto con el Observatorio de Mauna Loa en Hawái, que gestiona la NOAA (National Ocean and Atmospheric Administration), son los dos únicos centros capaces de calibrar los estándares de ozono. La erupción del volcán de Mauna Loa, que tuvo lugar el 27 de noviembre de 2022, ha afectado seriamente la operación de este último y el CIAI ha tomado el relevo de las calibraciones que normalmente se realizan en Mauna Loa. Durante el mes de julio se ha realizado la calibración de los estándares mundiales de ozono de espectrómetros Dobson de la NOAA, así como la de los espectrofotómetros Brewer de ECCC y AEMET. A esta campaña, abruptamente interrumpida en su final por el incendio en Tenerife, también fue calibrado el Dobson 120 de INTA.

El CIAI es además el Centro Regional de Calibración de Ozono (RBCC-E) de la Red de Espectrofotómetros Brewer de Europa y norte de África. Responsable de transferir las calibraciones al resto de la red en campañas regulares cofinanciadas por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y Agencia Espacial Europea (ESA). La última de estas campañas ha tenido lugar en la Estación de Sondeos Atmosféricos del INTA en El Arenosillo (Huelva). Esta campaña se viene realizando con carácter bienal desde 1999, y en esta edición participan alrededor de 25 científicos y 17 espectralradiómetros de siete países. Durante estas campañas se organizan actividades formativas y así como laboratorio de prueba para el desarrollo de nuevas tecnologías asociadas a la observación del ozono.



Terraza de la Estación de Sondeos Atmosféricos del INTA en El Arenosillo (Huelva), en primer plano los espectralradiómetros Brewer realizando las medidas durante la XVIII Campaña Internacional de calibración e intercomparación de instrumentos para la medida de ozono total y radiación solar ultravioleta celebrada recientemente.

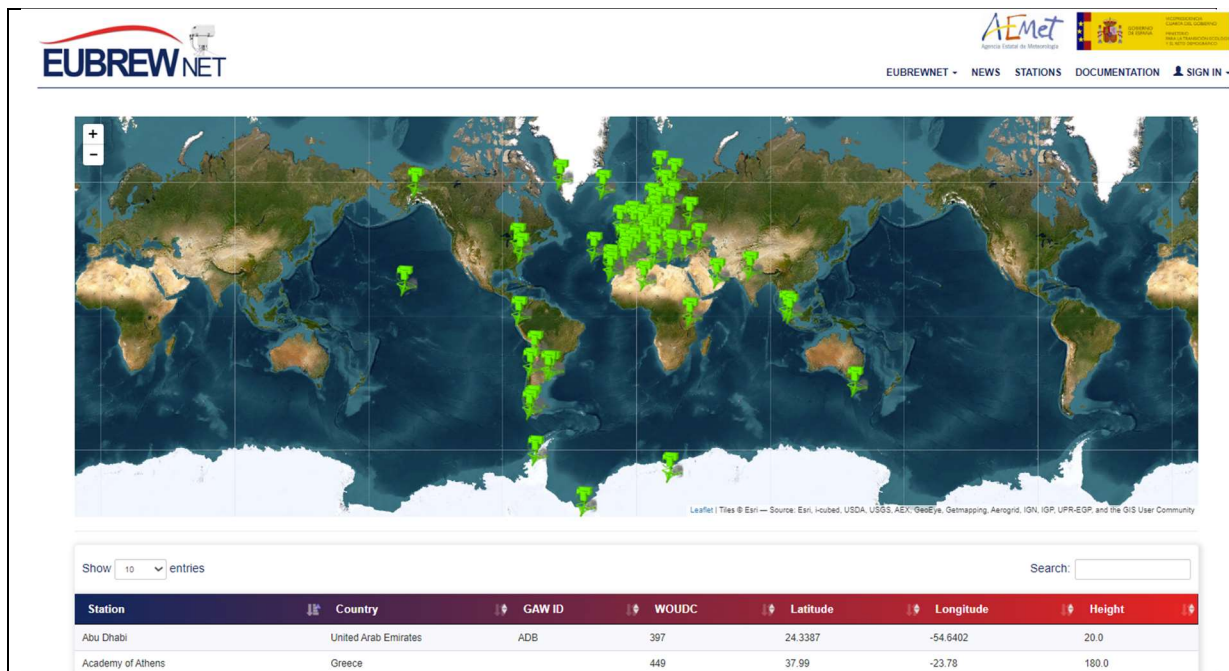
El CIAI también es también el centro de calibración de ozono de la red de espectrofotómetros PANDORA (<https://www.pandonia-global-network.org>) financiada por las agencias espaciales ESA y NASA. Este equipo también proporciona medidas de NO₂, SO₂ y AOD que son usados en la validación de satélites.

El Observatorio de Izaña es, asimismo, una de las estaciones de medida de referencia en el mundo reuniendo las medidas más precisas de ozono con diferentes técnicas instrumentales: Brewer, Ozonosondas, DOAS y FTIR, estos últimos en cooperación con el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y con el Institute for Meteorology and Climate Research (IMK, Alemania). Estas medidas pertenecen al programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), así como a la red de excelencia “Network for the Detection of Atmospheric Composition Change” (NDACC).



Glen MacConville (NOAA) , Jose Manuel Vilaplana (INTA) y Koji Nakayima (NOAA) durante la campaña de calibración de las referencias mundiales de ozono celebrada en el Observatorio de Izaña en Agosto del 2023.

AEMET dirige y gestiona la red EubrewNet (*European Brewer Network*), red de observación de ozono mundial desarrollada durante la acción Europea COST-ES120. EubrewNet, que comenzó en el año 2014 como un proyecto europeo, hoy engloba a más de 70 instrumentos instalados en los cinco continentes. Esta red permite la distribución de datos en tiempo real, y el procesado centralizado de las observaciones. EubrewNet ha sido reconocida como red de referencia para la medida de ozono del programa Copérnicus y puesta como ejemplo durante la última reunión del comité de expertos de la UNEP, y recientemente, integrada como red asociada NDACC.



Red de estaciones de medida de ozono integradas en EubrewNet (eubrewnet.aemet.es).

Además, AEMET dispone de una red de medida de radiación ultravioleta –íntimamente relacionada con el espesor de la capa de ozono- que consta de más de veinticinco estaciones distribuidas a lo largo de todo el territorio nacional y cuyos datos se muestran en la web de AEMET junto con los valores de ozono total en columna en la siguiente dirección:

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/observacion/radiacion/ultravioleta?datos=mapa>



Red Nacional de estaciones de medida de ozono y radiación ultravioleta

Por otro lado, también se encuentra en operación un sistema de predicción del índice ultravioleta (UVI) con cielos despejados para todos los municipios españoles. Este índice se calcula diariamente a partir de los valores de ozono previstos por el modelo numérico global de la atmósfera del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio. Estos datos están disponibles en la página web de AEMET:

<http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv>

Finalmente existe en AEMET un modelo de transporte químico¹ que proporciona información de composición química de la atmósfera para realizar predicciones operativas de calidad del aire sobre la Península. Adicionalmente, y de manera no operativa, también se dispone de un sistema de predicción que abarca otras regiones de interés, como es en este caso la región antártica.

Referencias

- [1] Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2022. Organización Meteorológica Mundial (OMM), <https://ozone.unep.org/system/files/documents/Scientific-Assessment-of-Ozone-Depletion-2022.pdf>
- [2] Ozone Hole Watch. Goddard Space Flight Center. National Aeronautics and Space Administration, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>

¹ El modelo de transporte químico utilizado en AEMET es MOCAGE, desarrollado por Météo France y utilizado en AEMET en virtud de un convenio de colaboración entre ambas instituciones.