

DÍA INTERNACIONAL DE LA PRESERVACIÓN DE LA CAPA DE OZONO 2022

35 AÑOS DEL PROTOCOLO DE MONTREAL COOPERACIÓN GLOBAL PARA PROTEGER LA VIDA EN LA TIERRA

- 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 35 años del Protocolo de Montreal, celebrando el éxito de la cooperación global entre países para proteger la vida en la tierra.
- El agujero de ozono en 2021 ha sido el 13 más grande desde que se registran en 1979, y ha sido similar al registrado en 2020 debido a las condiciones meteorológicas en la Antártida.
- 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/montreal-protocol-global-cooperation-protecting-life-on-earth>
<https://www.unenvironment.org/ozonaction/events/world-ozone-day/world-ozone-day-16-september-2022>

El Protocolo de Montreal ha sido uno de los acuerdos medioambientales más exitosos hasta la fecha, su aplicación ha llevado a la eliminación de alrededor del 99 por ciento de las sustancias destructoras de la capa de ozono.

El lema elegido para celebrar el Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono de 2022, “**Protocolo de Montreal: cooperación global para proteger la vida en la tierra**” quiere resaltar el éxito de este acuerdo para luchar contra la destrucción de la capa de ozono, convirtiéndolo en un ejemplo de cooperación global.

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 una extensión 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.

Evolución de la Capa de Ozono durante 2021 y 2022

El agujero de ozono en 2021 ha sido el 13 más grande desde que se registran en 1979, y ha sido similar al registrado en 2020 debido a las condiciones meteorológicas en la Antártida, alcanzó un máximo de unos 24,8 millones de kilómetros cuadrados. Esta situación se produjo como consecuencia de un vórtice polar fuerte, estable y frío y de temperaturas muy frías en la estratosfera (la capa de la atmósfera situada entre los 10 km y 50 km de altitud). Los mismos factores meteorológicos que también contribuyeron al agujero récord de ozono sobre el Ártico en 2020.

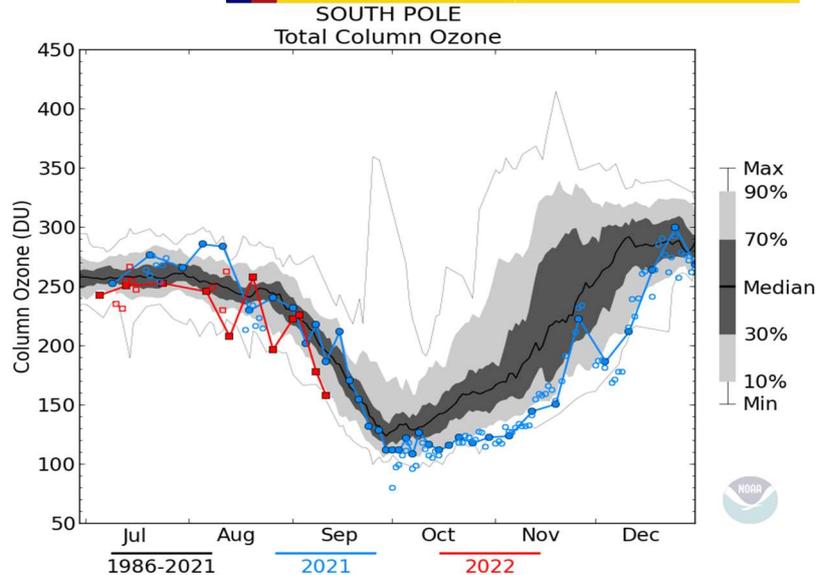
La reducción de las sustancias depesoras de la capa de ozono (SDO) en la estratosfera es ya de un 25% desde el máximo de concentración que tuvo lugar en los años 90, se espera que la recuperación de la capa de ozono se alcance alrededor del año 2060.

Muchas de las SDO son gases de efecto invernadero, el control de estas sustancias ha supuesto reducir el calentamiento de la tierra en $-0,3-0,50^{\circ}\text{C}$. La enmienda de Kigali al Tratado de Montreal asegura que estos beneficios se mantengan en el tiempo.

Los incendios devastadores ocurridos en Australia durante diciembre 2019 y enero del 2020 inyectaron grandes cantidades de humo y gases traza en la estratosfera. Estas inyecciones junto el calentamiento debido a la absorción de la radiación solar por el humo han provocado vórtices mantenidos a escala sinóptica que han persistido durante 3 meses y han provocado pérdidas muy importantes de ozono (50 DU) en estas masas de aire perturbadas. Este año la reciente erupción del Hunga Tonga en enero 2022, con una importante ejecución de vapor de agua y aerosoles, van a alterar previsiblemente la evolución de la capa de ozono.

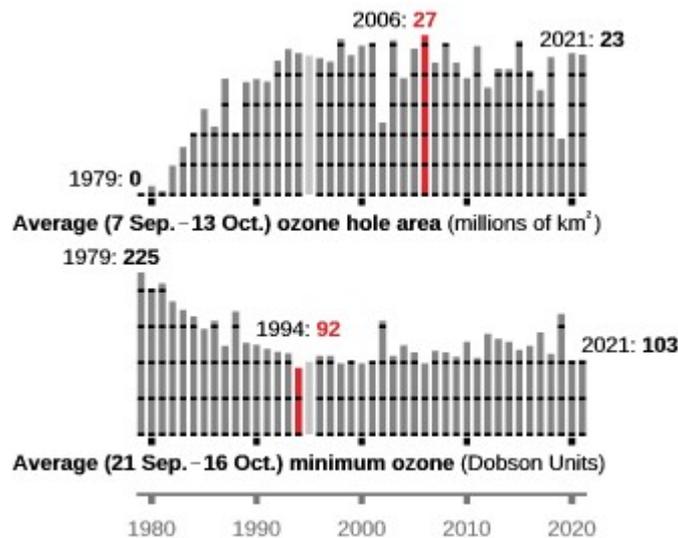
El éxito del tratado de Montreal ha propiciado una disminución de la radiación ultravioleta, que es absorbida por la capa de ozono, esto ha resultado beneficioso para las plantas que pueden absorber más CO_2 a través de la fotosíntesis, en un reciente estudio (Young et al 2021) cuantifican que sin el tratado de Montreal la temperatura media de la superficie del planeta habría subido entre $0,5-1,0^{\circ}\text{C}$.

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 utilizando hoy en día



Comparativa que muestra los valores de ozono en columna (UD) registrados en el polo sur durante el periodo de mayor destrucción de ozono en 2021 (azul) y lo que va de 2022 (rojo), frente a los valores medios, máximos, mínimos y percentiles (grises) registrados en el periodo 1986-2021. (Fuente: NASA Ozone Watch, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>, [2])

De acuerdo a las observaciones de la NASA, el año pasado el agujero de ozono Antártico tuvo una extensión media de 23,3 millones de km². 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 103 UD, con un valor mínimo en columna de 92 UD el 7 y 8 de octubre.



Note: No data were acquired during the 1995 season

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])

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, es el Centro Regional de Calibración de Ozono (RBCC-E) de la Red de Espectrofotómetros Brewer de Europa. El RBCC-E desde el año 2011 transfiere su propia calibración, obtenida mediante calibraciones absolutas, al resto de la red en campañas regulares cofinanciadas por la Agencia Espacial Europea (ESA). El RBCC-E organiza además en actividades formativas y participa en el desarrollo de nuevas tecnologías asociadas a la observación del ozono.

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).

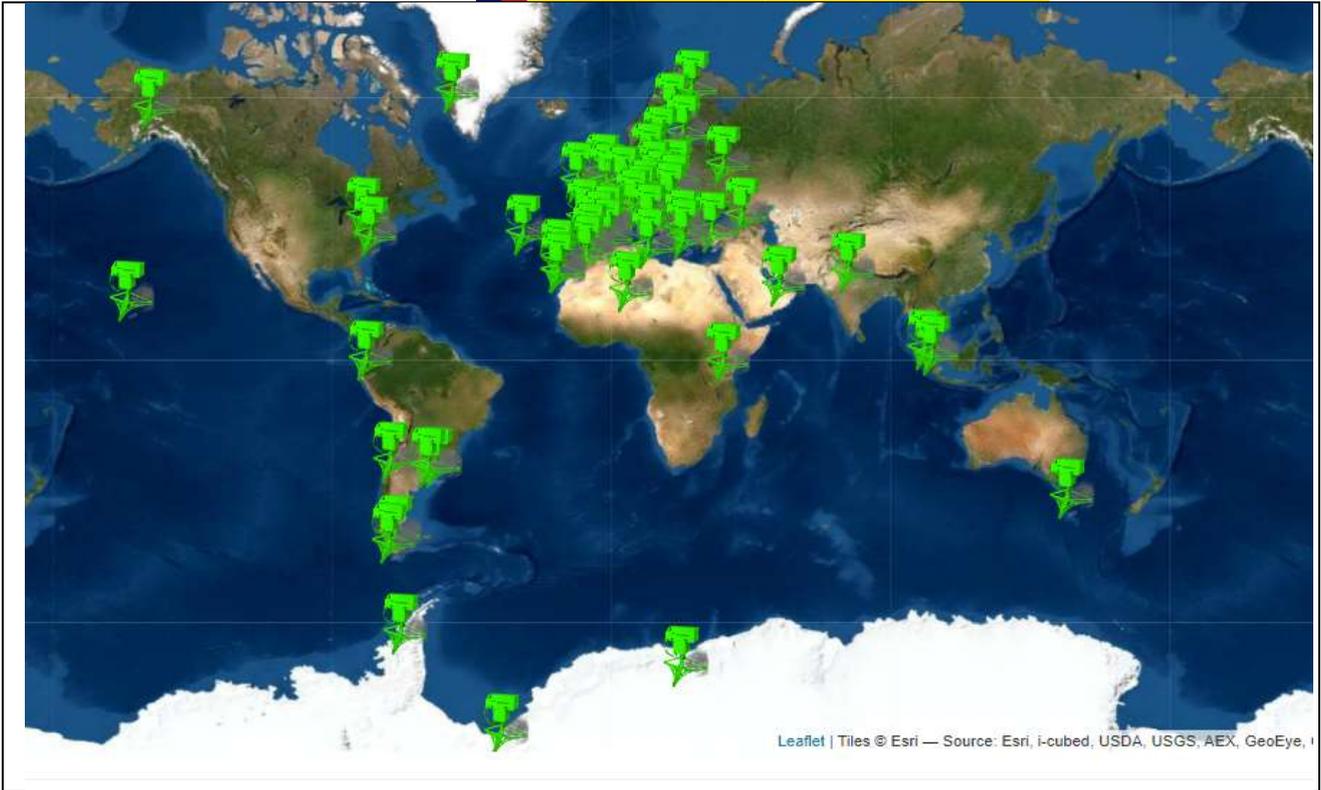
- AEMET dirige y gestiona la red EUBREWNET (European Brewer Network), red de observación de ozono mundial desarrollada durante la acción Europea COST-ES120. EUBREWNET, que comenzó en el año 2014 como un proyecto europeo, hoy engloba a más de 70 instrumentos instalados en los cinco continentes. Esta red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



GOBIERNO
DE ESPAÑA

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

AEMet
Agencia Estatal de Meteorología



Red de estaciones de medida de ozono integradas en EUBREWNET (www.eubrewnet.org)



Virgilio Carreño Observador del Centro de Investigación Atmosférica de Izaña (CIAI) durante la 17 campaña de calibración Brewer, organizada por el RBCC-E celebrado en el World Radiation Center (Davos, Suiza).

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 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: 2018. Organización Meteorológica Mundial (OMM), <https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-05/SAP-2018-Assessment-report.pdf>
- [2] Ozone Hole Watch. Goddard Space Flight Center. National Aeronautics and Space Administration, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>
- [3] SPARC report “Long-term Ozone Trends and Uncertainties in the Stratosphere (LOTUS)”: <http://www.sparc-climate.org/publications/sparc-reports/sparc-report-no-9/>
- [4]. Young, P.J., Harper, A.B., Huntingford, C. et al. The Montreal Protocol protects the terrestrial carbon sink. Nature 596, 384-388 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03737-3>

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.