

**DIA INTERNACIONAL DE LA PRESERVACIÓN  
DE LA CAPA DE OZONO 2014**

PROTECTING OZONE  
PROTECTING YOU!



**THE MISSION GOES ON**

16 September 2014  
International Day for the Preservation  
of the Ozone Layer



## Protección de la Capa de Ozono: La misión sigue en pie

- Se conmemora el vigésimo séptimo aniversario de la firma del Protocolo de Montreal para la protección de la Capa de Ozono
- Los éxitos derivados de su cumplimiento, así como de sus posteriores acuerdos y convenios, han llevado a considerarlo como un excelente ejemplo de cooperación internacional para la protección y conservación de nuestro medioambiente
- El tema de la celebración de este año tiene por objeto impulsar a todas las partes interesadas a que redoblen sus esfuerzos para hacer frente a los retos que aún quedan por delante
- Los datos del año pasado muestran 2013 como el quinto año con menor destrucción de ozono de los últimos veinte años
- Las primeras observaciones de este año muestran una extensión del agujero de ozono similar a la media de la serie histórica (1979-2013)
- AEMET dispone de una amplia red de observación de la radiación ultravioleta y de la capa de ozono, elaborando 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 Capa de Ozono conmemorando la firma, en esa misma fecha del año 1987, del Protocolo de Montreal. Para más información sobre la conmemoración de este acto se puede consultar la siguiente página web:

[http://ozone.unep.org/new\\_site/sp/ozone\\_day\\_details.php](http://ozone.unep.org/new_site/sp/ozone_day_details.php)

Muchos de los compuestos químicos destructores de la Capa de Ozono, como son los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs), que en el pasado abundaban en aparatos de refrigeración y en los propelentes de aerosoles, han sido eliminados casi en su totalidad a raíz de los acuerdos derivados del Protocolo de Montreal. Sin embargo, la demanda en la sociedad de sustitutos para estos productos ha conducido a la aparición de nuevos compuestos también destructores de dicha capa, aunque en menor medida, como son los hidroclorofluorocarburos (HCFCs), que a su vez también actúan como un potente gas de efecto invernadero. En 2007, y con motivo del 20º aniversario del Protocolo de Montreal, la 19ª Reunión de las Partes convino en acelerar la eliminación de estos compuestos HCFCs, que en los últimos años había visto proliferar tanto su producción como consumo, principalmente en los países emergentes, programando su completa eliminación para el año 2020.

Sin embargo, y a pesar del éxito del Protocolo de Montreal en cuanto a la eliminación gradual de dichos compuestos químicos, estos presentan una elevada vida media de permanencia en la atmósfera, lo que significa que es necesario que transcurran varias décadas sin emisiones de los mismos para que sus concentraciones vuelvan a niveles similares a los existentes antes de los años ochenta, época en la que se tienen registros de las primeras observaciones relativas a la destrucción de la Capa de Ozono.

Así, y aunque los registros actuales confirman que los niveles de ozono estratosférico sobre el Ártico y la Antártida, así como a nivel global, han visto detenida su tendencia decreciente, aún queda pendiente el inicio de un claro proceso de recuperación, que los estudios actuales prevén que sea más largo y pausado que los intensos procesos de destrucción que se observaron durante la década de los ochenta y principio de los noventa, estimando que habrá que esperar hasta mediados de este siglo para alcanzar niveles similares a principio de los años 80, retrasándose este hecho hasta la segunda mitad de este siglo para el caso de las regiones polares.

El tema elegido para este año pretende reflejar esta situación, en la que se combina el optimismo por los importantes logros conseguidos hasta la fecha, con la cautela en cuanto a los desafíos que se presentan para los próximos años con el fin de garantizar la completa eliminación de sustancias potencialmente destructoras del ozono, para de este modo garantizar su completa recuperación. En este sentido, el lema de la celebración **“Protección de la Capa de Ozono: La misión sigue en pie”**, elegido a través de una votación en línea, tiene por objeto impulsar a todas las partes interesadas a que redoblen sus esfuerzos para hacer frente a dichos retos que quedan por delante.

## **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  $-78^{\circ}\text{C}$ ). 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 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.

## **Situación actual de la Capa de Ozono**

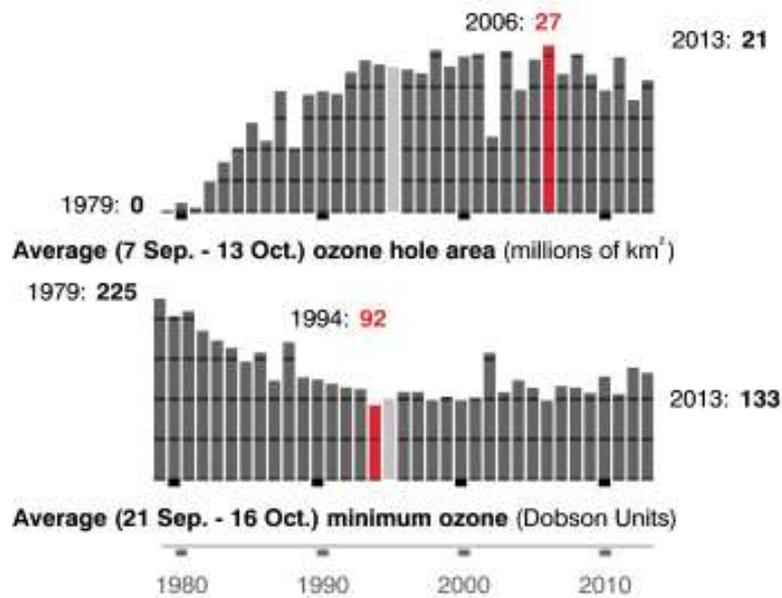
El pasado año 2013, de acuerdo a las observaciones del instrumento OMI (NASA), el agujero de ozono, definido como aquella área donde la cantidad total de ozono en columna es inferior a 220 UD (Unidades Dobson) <sup>1</sup>, tuvo una extensión media de 21 millones de km<sup>2</sup>, alcanzando su máxima extensión el 16 de septiembre con un tamaño de 24 millones de km<sup>2</sup> [1] (como referencia, dicha extensión es similar a la de América del Norte; mientras que comparativamente, la extensión del continente antártico es aproximadamente de 14 millones de km<sup>2</sup>).

En cuanto al valor mínimo de ozono en promedio registrado en la región antártica durante el período de máxima destrucción de ozono (entre mediados de los meses de septiembre y octubre) fue de 133 UD, según las observaciones del instrumento OMI (NASA), alcanzándose el mínimo el 29 de septiembre con un valor en columna de 116 UD [1]. Por otro lado, los datos recogidos por el instrumento GOME-2 (KNMI) mostraron un mínimo de ozono de 118 UD el 26 de septiembre [2].

A raíz de estas observaciones, y de acuerdo al último Boletín del Ozono Antártico publicado por la OMM correspondiente al año 2013 (nº6/2013) [3], aunque comparado con 2012 los datos muestran una mayor destrucción de ozono (recordemos que 2012 fue el segundo año con menor destrucción de ozono desde finales de los años ochenta), el año 2013 ha sido el quinto año con menor extensión del agujero de ozono de los últimos veinte años (desde 1994 hasta la fecha) tras los años 2002, 2004, 2010 y 2012.

---

<sup>1</sup> Las unidades Dobson son una medida de la densidad de un gas traza en la atmósfera. Se suele utilizar ampliamente 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 se encuentran en torno a valores algo superiores a las 300 UD. El nombre hace referencia 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



Note: No data were acquired during the 1995 season

Comparativa que muestra la evolución anual desde 1979 de la extensión media del agujero de ozono (millones de Km<sup>2</sup>) y los valores mínimos de ozono en columna medios (Unidades Dobson) observados durante el período comprendido entre el 7 de septiembre y el 13 de octubre en el primer caso, y el 21 de septiembre y el 16 de octubre en el segundo, por el instrumento OMI a bordo del satélite Aura (NASA). (Fuente: NASA Ozone Watch, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>)

La evolución del agujero de ozono durante finales del año pasado se caracterizó con un inicio más acusado en el proceso de destrucción de ozono, que se reflejó con valores algo mayores que la media histórica (1979-2013), destrucción que se vio moderada durante el mes de septiembre para aproximarse a valores cercanos a dicha media, y que finalmente se redujo en su intensidad a partir de finales de dicho mes, hecho directamente relacionado con un registro de temperatura en las capas altas de la atmósfera superior a la media, debido a un mayor intercambio con masas de aire externas al vórtice polar, y que inhiben la formación de nubes estratosféricas polares, causantes de la formación de compuestos halogenados altamente activos en la destrucción de las moléculas de ozono.

En cuanto a la situación actual en 2014, según el último Boletín del Ozono Antártico de la OMM del año 2014 publicado hasta la fecha (nº1/2014) [4], las primeras observaciones a través de satélite apuntan a que la formación del agujero de ozono (aquella área con valores de columna total de ozono inferiores a 220 UD) empezó a definirse el pasado 6 de agosto, encontrándose su extensión actual en términos muy similares al valor medio de la serie histórica (1979-2013). Aún así, hay que resaltar que durante estas primeras etapas de la formación del agujero de ozono, la situación puede variar considerablemente de un año a otro por la posición inicial del vórtice polar, y la consecuente disponibilidad de menor o mayor luz solar, justo después del período de la noche polar antártica. Sin embargo, la extensión final del agujero, así como el grado de destrucción de este, dependerá en gran parte de las condiciones meteorológicas existentes en la zona durante toda la próxima primavera austral.

Siendo así aún muy prematuro el poder realizar un pronóstico a este respecto, de acuerdo al último boletín antártico [4], las condiciones de temperatura y extensión de las nubes PSC hasta la fecha indican que el grado de destrucción de ozono en 2014 será similar al observado en 2013, y mayor que el de los años 2010 y 2012.

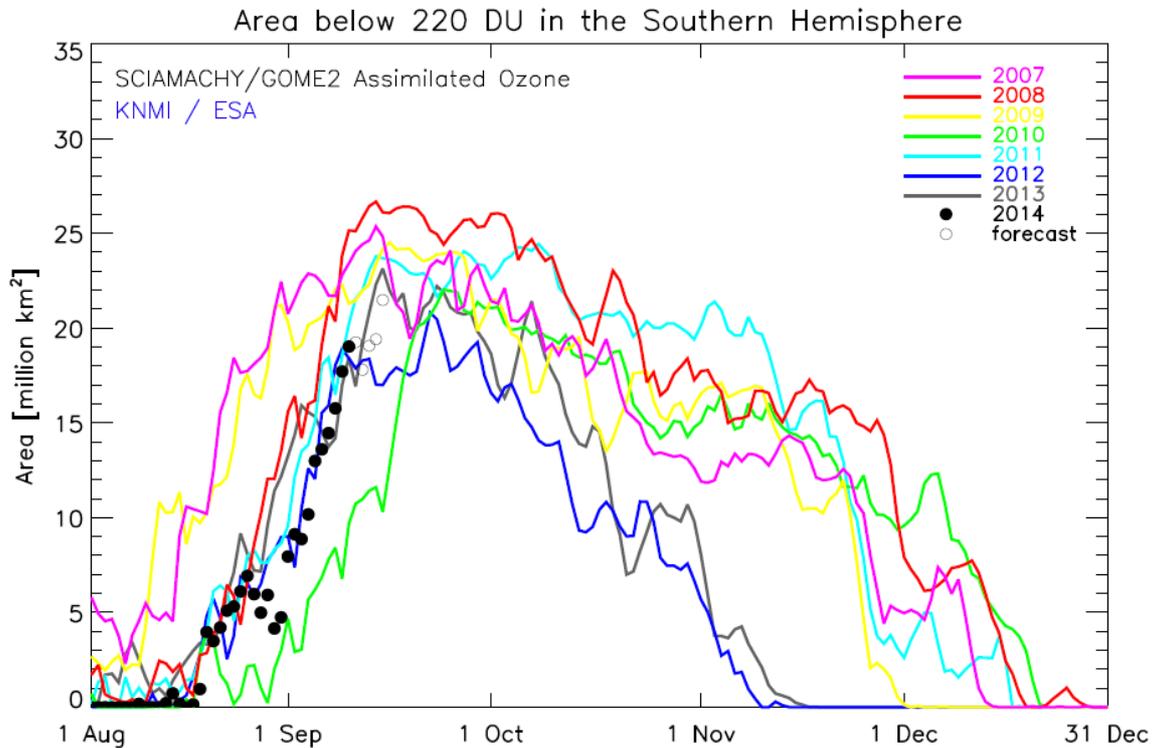
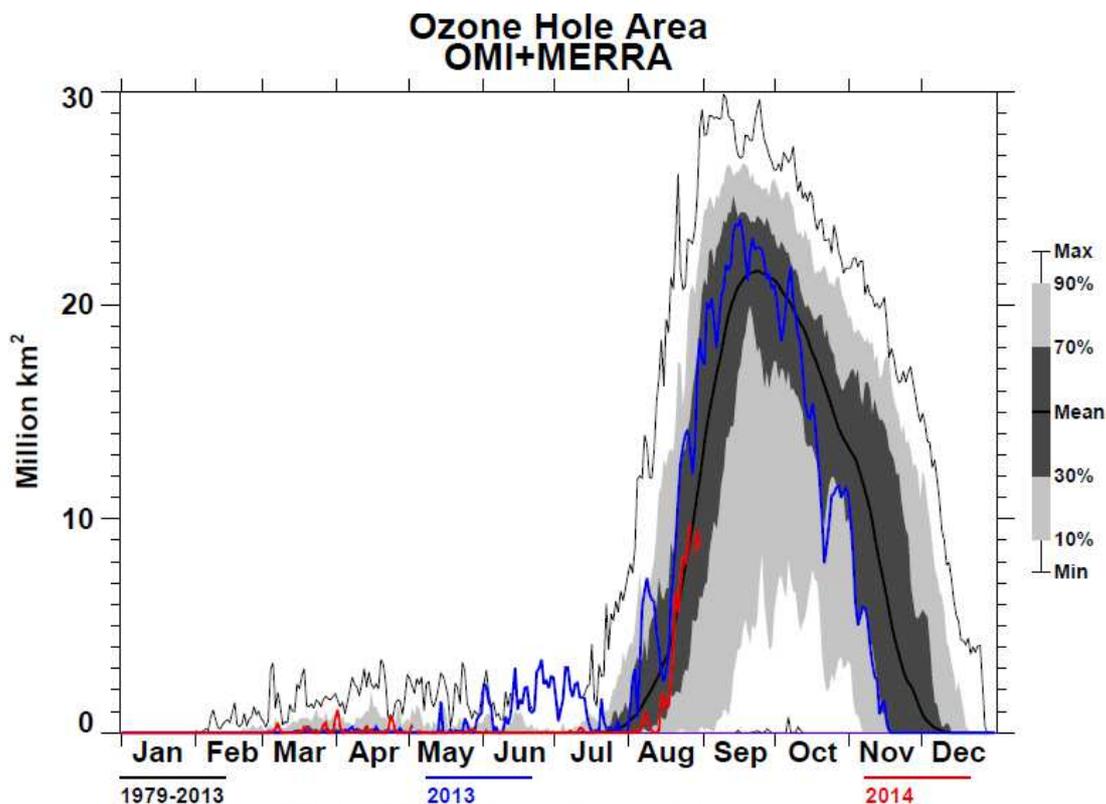


Gráfico comparativo de la evolución y extensión del agujero de ozono en el Hemisferio Sur desde el año 2007, a fecha 10 de septiembre. Los círculos en blanco representan la predicción de la extensión del agujero de ozono para los próximos días. Gráfico generado por el KNMI/TEMIS a partir de los datos recogidos por los instrumentos GOME-2 y SCIAMACHY (Fuente: <http://www.temis.nl/protocols/o3hole>)



P. Newman (NASA), E. Nash (SSAI), R. McPeters (NASA), S. Pawson (NASA)

Gráfico comparativo de la evolución y extensión del agujero de ozono en el Hemisferio Sur durante el pasado año 2013 y el actual 2014, hasta fecha 6 de septiembre, con respecto a la serie histórica 1979-2013. Gráfico generado por la NASA partir de los datos recogidos por el instrumento OMI, complementado con el sistema de reanálisis MERRA (NASA) (Fuente: <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>)

En relación a una evaluación de cómo se encuentra el estado actual de la capa de ozono y su evolución desde que se iniciaron las observaciones a finales de los años 70, el pasado 10 de septiembre el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) publicó el “*Assessment for Decision-Makers, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014*” [5], en el que un amplio comité de científicos ha analizado el impacto sobre la capa de ozono desde la firma del Protocolo de Montreal en 1987. Igualmente se han evaluado las implicaciones de la eliminación gradual de las sustancias destructoras de ozono en los esfuerzos para abordar el cambio climático.

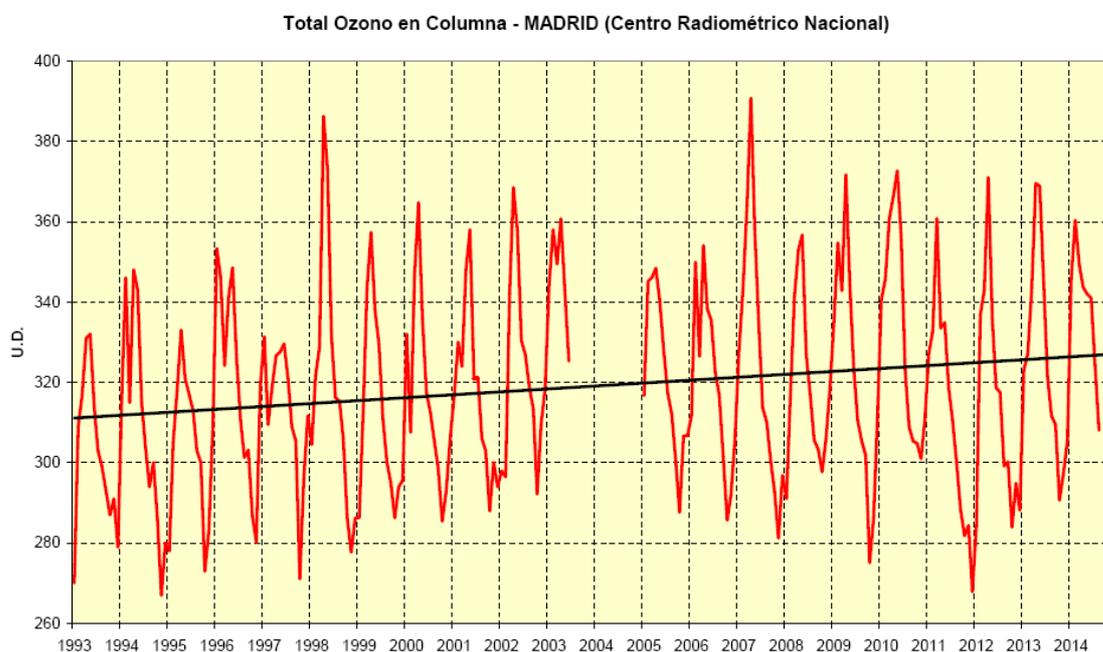
El documento completo, en inglés, está disponible en la siguiente dirección:

[http://ozone.unep.org/Assessment\\_Panels/SAP/SAP2014\\_Assessment\\_for\\_Decision-Makers.pdf](http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/SAP2014_Assessment_for_Decision-Makers.pdf)

### 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 se envían diariamente a la Universidad de Tesalónica (Grecia), por encargo de la Organización

Meteorológica Mundial, con el fin de confeccionar los mapas de espesor total de ozono en el Hemisferio Norte, y una vez evaluados, al Centro Mundial de Datos de Ozono y Radiación UV (WOUDC) en Canadá.



Serie histórica (1993-2014) de las medias mensuales de ozono total en columna registradas en Madrid (Ciudad Universitaria) obtenidas con los espectrofotómetros Brewer #070 y #186 instalados en el Centro Radiométrico Nacional, en la sede central de AEMET.

El Centro de Investigación Atmosférica de Izaña 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 y se encuentra dentro de la Red para la Detección del Cambio de la Composición Atmosférica (NDACC) en la que no sólo se vigila y estudia la evolución del ozono, sino de todos aquellos gases involucrados en la alteración de la composición química de la atmósfera y el cambio climático (CFCs, óxidos de nitrógeno, CO, CH<sub>4</sub>, aerosoles,...).

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 participa además en actividades formativas y en el desarrollo de nuevas tecnologías asociadas a la observación del ozono.

AEMET, forma parte de la red EUBREWNET, red europea de espectrofotómetros Brewer que se está constituyendo bajo los auspicios de la COMISION EUROPEA en la acción COST 1207 (<http://rbcce.aemet.es/cost1207/>)



Además, AEMET dispone de una red de medida de radiación ultravioleta -en relación directa 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>

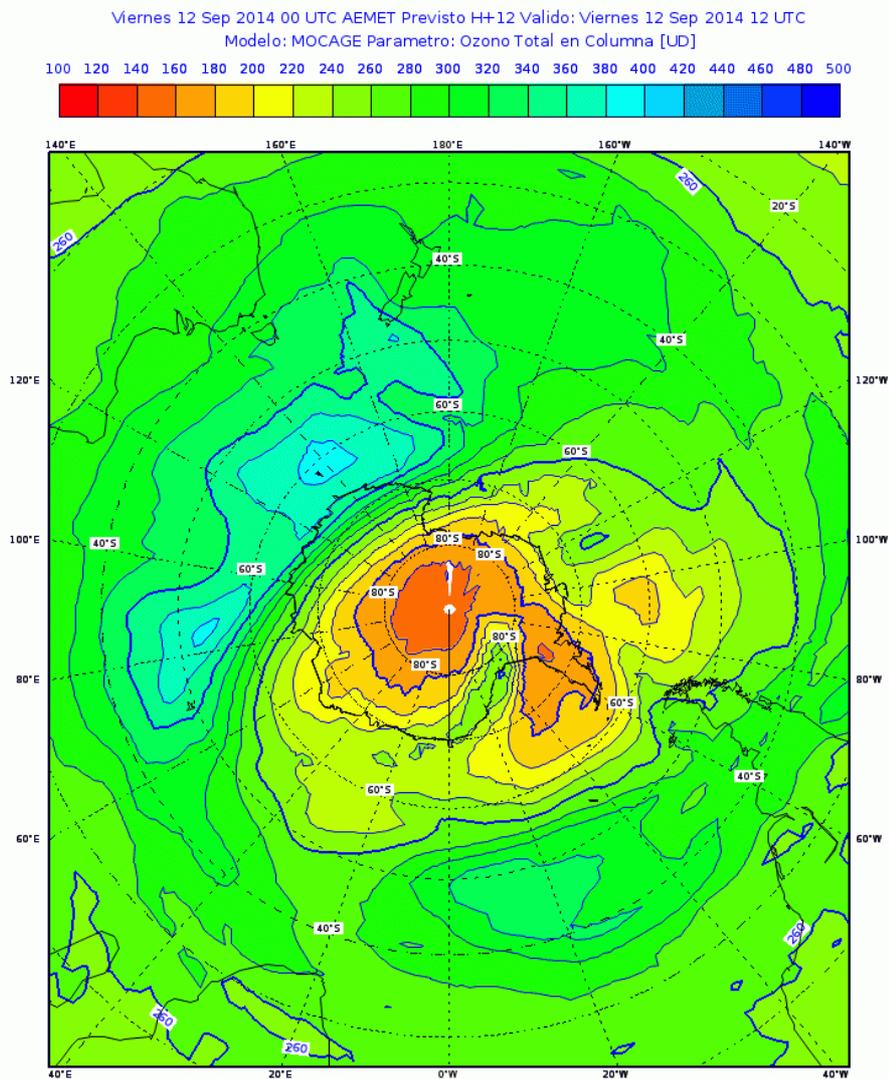
Por otro lado, también se encuentra en operación un sistema de predicción del índice ultravioleta (UVI) con cielos despejados para todos los municipios españoles. Este índice se calcula diariamente a partir de los valores de ozono previstos por el modelo numérico global de la atmósfera del Centro Europeo 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 químico<sup>2</sup> 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.

---

<sup>2</sup> 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.



Magics++ 2.8.0 - noreste - pnl - Fri Sep 12 06:11:46 2014

Predicción de Ozono Total en Columna (DU) para la región antártica generada en AEMET mediante el modelo de transporte químico MOCAGE (Météo-France) para el día 12 de septiembre de 2014 a las 12 UTC

## Referencias

[1] <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>

[2] <http://www.temis.nl/protocols/o3hole>

[3] Boletín sobre el Ozono Antártico de la OMM, n°6/2013,  
<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/documents/ant-bullentin-6-2013.pdf>

[4] Boletín sobre el Ozono Antártico de la OMM, n°1/2014  
<http://www.wmo.int/pages/prog/arep/documents/ant-bulletin-1-2014.pdf>

[5] Assessment for Decision-Makers, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP)  
[http://ozone.unep.org/Assessment\\_Panels/SAP/SAP2014\\_Assessment\\_for\\_Decision-Makers.pdf](http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/SAP2014_Assessment_for_Decision-Makers.pdf)