

## DIA INTERNACIONAL DE LA CAPA DE OZONO 2013

### Una atmósfera saludable es el Futuro que Queremos

- Se conmemora el vigésimo sexto aniversario de la firma del Protocolo de Montreal para la protección de la capa de ozono
- El compromiso político de todos los gobiernos, junto con la buena gobernanza, han sido elementos fundamentales en los logros alcanzados por las Partes en el Protocolo
- El tema de la celebración de este año quiere transmitir la confianza en la superación de los nuevos retos climáticos y medioambientales que se presentarán a lo largo de los próximos años
- Los datos del año pasado muestran que 2012 ha sido el segundo año con menor destrucción de ozono desde finales de los años ochenta
- Las primeras observaciones de este año muestran una extensión del agujero de ozono algo mayor que la del año pasado, y similar a la registrada en 2011
- 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?year=2013](http://ozone.unep.org/new_site/sp/ozone_day_details.php?year=2013)

El tema elegido para este año, “Una atmósfera saludable es el Futuro que Queremos”, pretende transmitir la confianza y seguridad que se tiene en poder superar los nuevos retos climáticos y medioambientales que se plantearán a lo largo de los próximos años, basándose para ello en el mismo compromiso político y en la buena gobernanza mostrada por todos los gobiernos, los cuales han sido elementos claves en los logros alcanzados por las Partes en el Protocolo de Montreal.

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 la capa de ozono, 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.

Los excelentes resultados obtenidos a raíz del cumplimiento del Protocolo de Montreal y de sus posteriores acuerdos y convenios han llevado a considerar este Protocolo como un excelente ejemplo de cooperación internacional eficaz para la protección y conservación tanto de la atmósfera como del clima. A su vez, la consecución de estos mismos logros son los que han generado la confianza en la superación de los futuros retos climáticos y medioambientales, tema de la celebración de este año.

Sin embargo, y a pesar del contrastado éxito del Protocolo de Montreal en cuanto a la producción y consumo de los compuestos químicos destructores de la capa de ozono, estos compuestos presentan una elevada vida media de permanencia en la atmósfera, lo que significa que es necesario que transcurran varias décadas 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. Como ejemplo de esta situación, durante la pasada década, el ozono estratosférico sobre el Ártico y la Antártida, así como a nivel global, ha visto interrumpido su tendencia decreciente observada durante los años ochenta y noventa, pero debido a las razones expuestas en el párrafo anterior no ha iniciado aún un claro proceso de recuperación. Esta recuperación a niveles similares a los que se registraban antes de mediados de los años 80 se prevé que ocurra a mediados de este siglo, retrasándose hasta su segunda mitad para el caso de las regiones polares.

## **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 y que permite la regeneración de ozono.

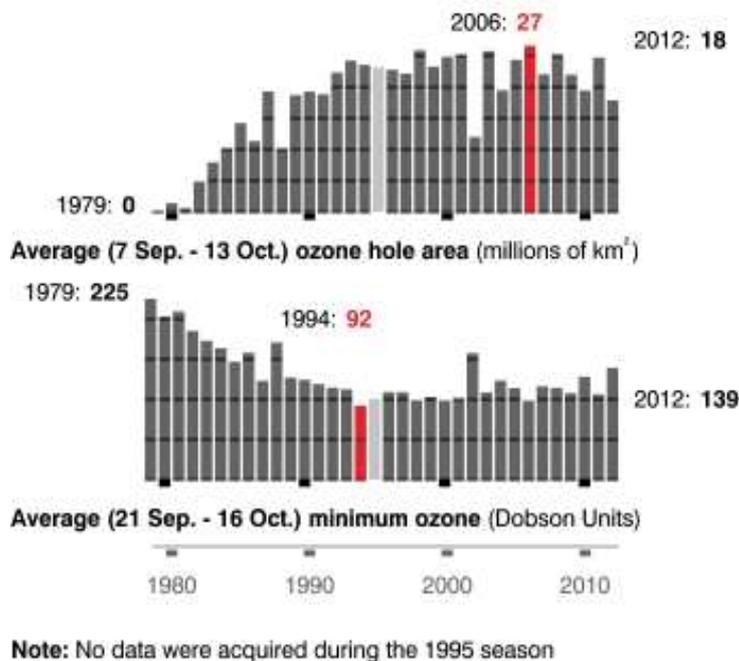
### **Situación actual de la capa de ozono**

El pasado año 2012, el agujero de ozono definida 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 18 millones de km<sup>2</sup>, aproximadamente un 28% menor al registrado durante el año 2011, alcanzando su extensión máxima el 27 de septiembre con un tamaño de 21,6 millones de km<sup>2</sup> (como referencia, la extensión del continente antártico es aproximadamente de 14 millones de km<sup>2</sup>), siendo éste el de menor extensión en las dos últimas décadas, con excepción del año 2002.

El promedio del valor mínimo de ozono en columna registrado durante la pasada primavera austral durante el período de máxima destrucción de ozono en la región antártica fue de 139 UD, cantidad superior en un 31% al valor del año pasado, y constituye el segundo año con menor destrucción de ozono desde 1988, después del año 2002. El valor mínimo de ozono en columna registrado por el instrumento GOME-2, se registró el 21 de septiembre con un total de ozono en columna de 126 UD.

---

<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 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 utilizado hoy en día



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 21 de septiembre y el 16 de octubre. (Fuente: NASA Ozone Watch, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>)

Estos resultados muestran que el agujero de ozono del 2012 ha sido el más débil en cuanto a extensión y destrucción de ozono desde finales de los años ochenta, a excepción del año 2002, debido en parte a la existencia en la estratosfera de temperaturas más cálidas que la media, principalmente a partir del mes de septiembre, lo que ha llevado a una menor presencia de las nubes PSC, y a la presencia de un vórtice polar más débil que ha permitido una mayor entrada en el área antártica de aire de latitudes medias rico en ozono.

En cuanto a la situación en 2013, las primeras observaciones indican que la destrucción de ozono comenzó a principios de agosto, mostrando una evolución similar a la del año 2011, y algo mayor a la registrada en 2012. Aún así, hay que destacar que en 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 de la disponibilidad de luz solar justo después del período de noche polar. 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 primavera austral.

Siendo aún muy prematuro el poder realizar un pronóstico a este respecto, las condiciones de temperatura y extensión de las nubes PSC hasta la fecha, indican que el grado de destrucción de ozono en 2013 será similar al observado en 2011, y mayor que el de los años 2010 y 2012.

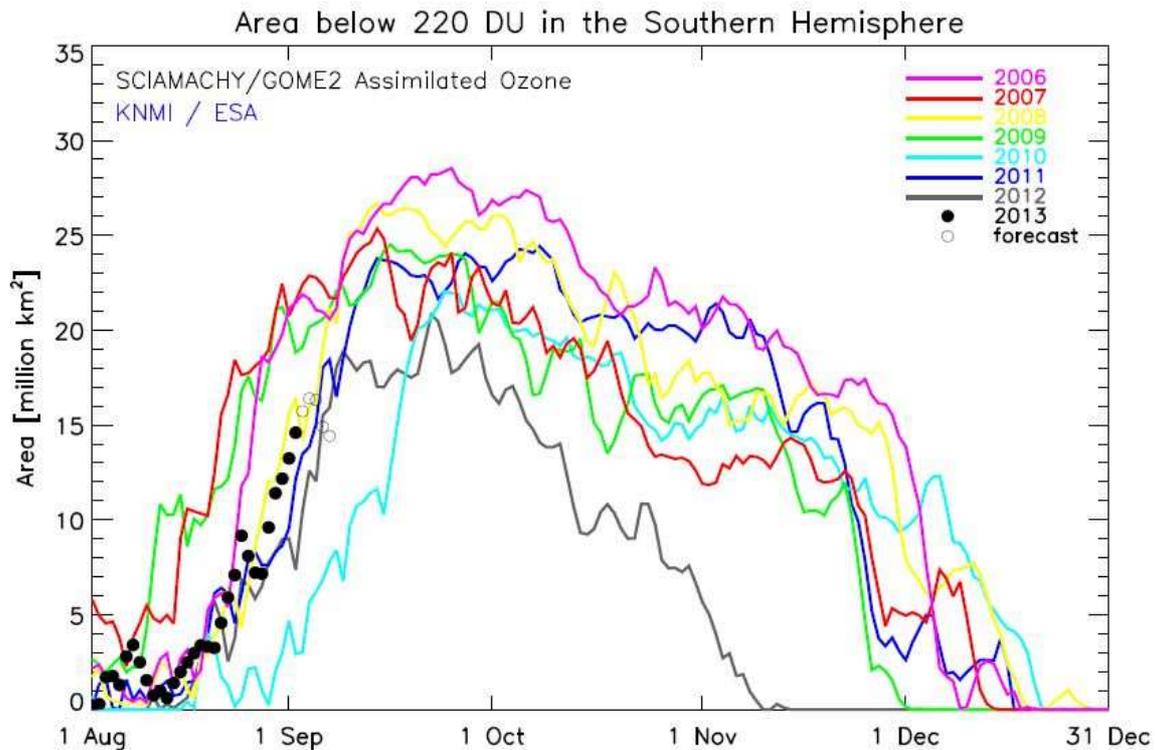
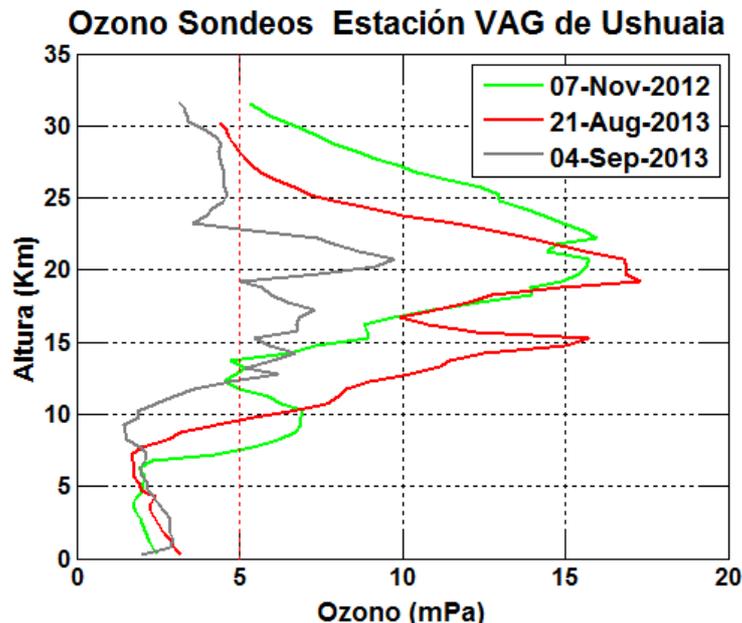


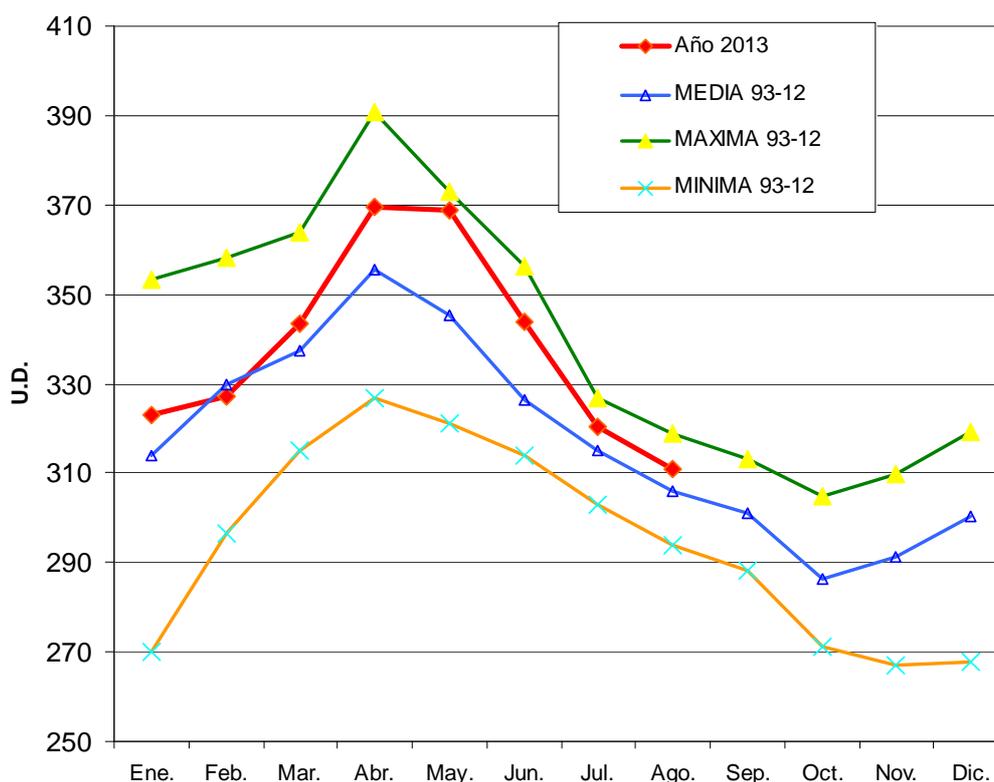
Gráfico comparativo de la evolución y extensión del agujero de ozono en el Hemisferio Sur desde el año 2006 hasta el 2013, a fecha 2 de septiembre. Los círculos en blanco representan la predicción de la extensión del agujero de ozono para los próximos días. Gráfico generado por el KNMI/TEMIS a partir de los datos recogidos por los instrumentos SCIAMACHY y GOME-2 (Fuente: <http://www.temis.nl/protocols/o3hole/index.php>)



El agujero de ozono afectó a las zonas pobladas de la Patagonia el día 4 de Septiembre, el gráfico muestra una fuerte disminución de la capa de ozono entre los 15-25 Km sobre la ciudad de Ushuaia. Según las predicciones se espera una situación similar para los días 14-16 de este mismo mes. El Programa de Ozonosondeos que se desarrolla en la estación de Vigilancia Atmosférica Global de Ushuaia realiza un sondeo semanal durante el agujero de ozono. Este programa de es un proyecto conjunto del Servicio Meteorológico Nacional (SMN; Argentina), el Gobierno de Tierra del Fuego (Argentina), el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA; España) y la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET; España).

## 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.



Comparativa de los valores medios mensuales de total de ozono en columna (DU) medidos sobre Madrid durante el año 2013 (hasta el mes de agosto) con relación a los valores climatológicos del período 1993-2012

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 organiza además actividades

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



VII campaña de calibración en el Arenosillo (Huelva): Desde 1999 se viene celebrando bienalmente esta campaña de forma coordinada AEMET-INTA. En la campaña del 2013 han participado 18 espectrofotómetros Brewer. La unidad QASUME del World Radiation Centre en Davos (World Radiation Center, Suiza) como patrón europeo para la medida de radiación solar espectral ultravioleta y el patrón europeo para la medida de ozono estratosférico operado por el Centro de Investigación Atmosférica de Izaña -AEMET-. Participaron un total de 35 investigadores e instrumentos procedentes de Holanda, Suiza, Inglaterra, República Checa, Canadá, Corea, Argelia, Egipto, Marruecos y España. Esta es la campaña que convoca a un mayor número de espectrofotómetros Brewer de forma simultánea a nivel mundial.

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/>)



AEMET, en colaboración con el INTA, dispone de una red de estaciones en la Antártida y Patagonia, junto a otras instituciones argentinas, para el seguimiento del ozono y la radiación ultravioleta en el vórtice polar antártico en tiempo cuasi-real, resultados que son utilizados en la elaboración de los boletines de ozono antártico que regularmente publica la OMM.

<http://polarvortex.aemet.es/>

<http://www.oracle-o3.aemet.es/>

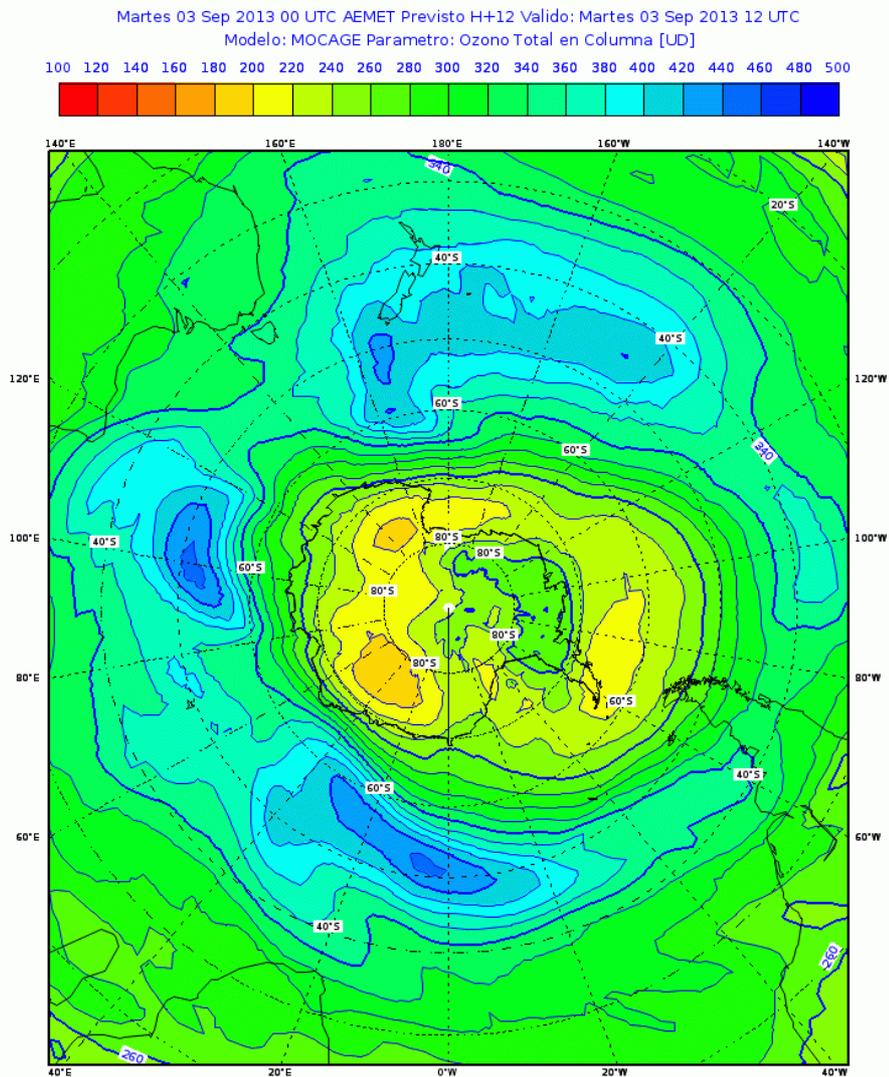
Además, AEMET dispone de una red de medida de radiación ultravioleta -en relación directa con el espesor de la capa de ozono- que consta de más de veinticinco estaciones distribuidas a lo largo de todo el territorio nacional y cuyos datos se muestran en la web de AEMET junto con los valores de ozono 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.



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 3 de septiembre de 2013 a las 12 UTC

<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.