

“LA CAPA DE OZONO”

1.-LA IMPORTANCIA DE LA CAPA DE OZONO Y SUS EFECTOS

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 tejidos cutáneos.

Además, su relevancia es si cabe aún mayor si tenemos en cuenta la pequeña proporción en la que se encuentra en la atmósfera. A modo de ejemplo, 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.

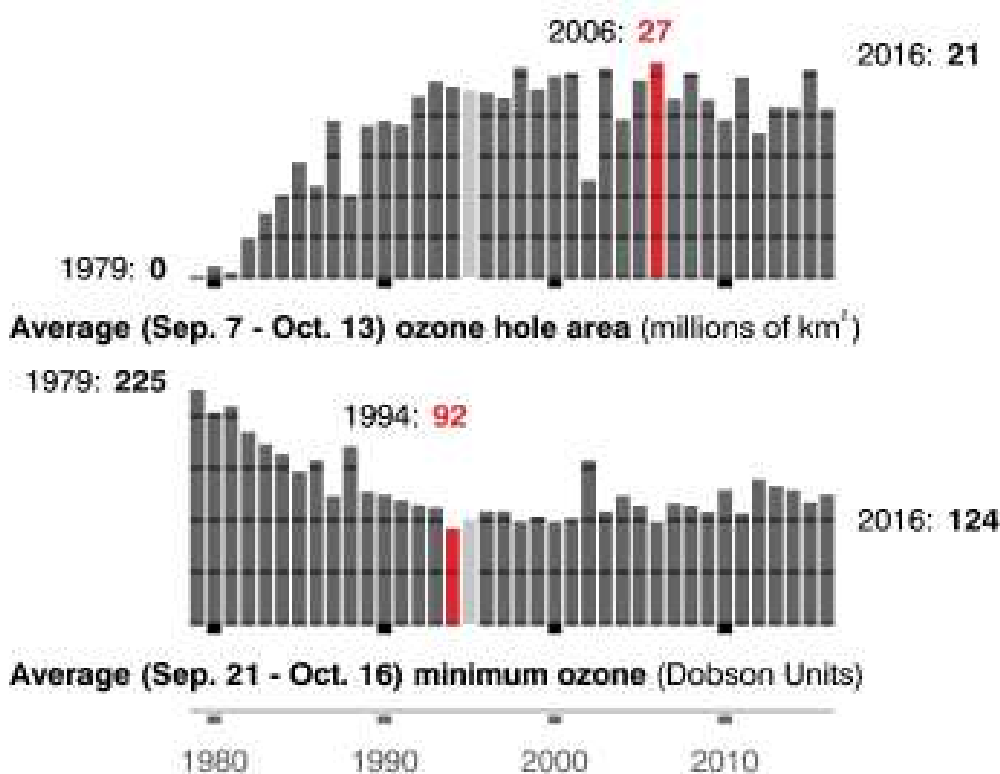
2.-COMO Y CUANDO SE DESTRUYE LA CAPA DE OZONO

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 ión de cloro puede llegar a destruir 100000 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, que permite la regeneración del ozono.

3.-LA EVOLUCIÓN DE LA CAPA DE OZONO DURANTE 2017

El pasado año 2016, de acuerdo a las observaciones de la NASA, el agujero de ozono, definido como aquella área donde la cantidad total de ozono en columna es inferior a 220UD (Unidades Dobson)¹, tuvo una extensión media de 20,9 millones de km², alcanzando su máxima extensión el 28 de septiembre con un tamaño de 23,0 millones de km² [1] (como referencia, sirva de ejemplo que la extensión del continente antártico es aproximadamente de 14 millones de km², y que América del Norte ocupa una extensión algo mayor de 24 millones de km²).



Note: No data were acquired during the 1995 season

Fig. 1.- Comparativa que muestra la evolución anual desde 1979 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. (Fuente: NASA Ozone Watch, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>, [1])

¹ Las unidades Dobson (UD) 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 utilizado hoy en día

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 124UD, según las observaciones de la NASA, con un valor mínimo en columna de 114UD el 1 de octubre [1].

Los valores registrados, tanto la extensión del agujero de ozono como el valor mínimo de ozono medido, junto con su evolución anual desde 1979 (figura 1), muestra que el 2016 mantiene la tendencia de años anteriores.

A la hora de estudiar la severidad de la destrucción de ozono en la región antártica, además de estimar su extensión, también hay que valorar su intensidad. Para ello se usa el término “déficit de masa de ozono”, que representa la cantidad de ozono que habría que añadir para “tapar” el agujero, esto es, para conseguir que la columna total de ozono llegase a 220 UD, en aquellas zonas donde el contenido total sea inferior a dicho valor. En ese sentido, el déficit de masa de ozono promedio en 2016 ha sido similar a la media de la serie histórica (1979-2016).

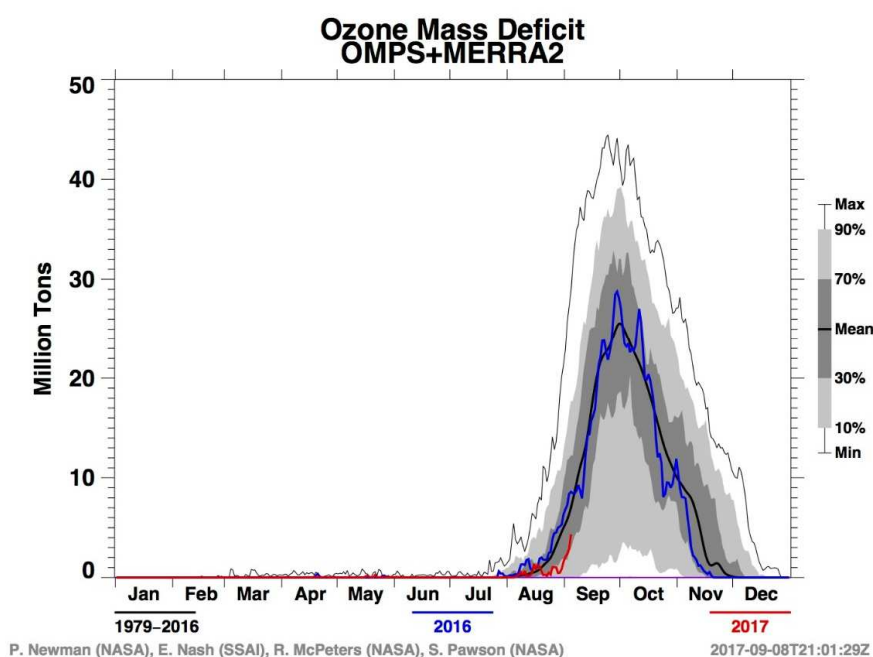


Fig. 1.- Gráfico comparativo de la evolución de la destrucción del ozono sobre la región antártica en términos de “déficit de masa de ozono” (Megatoneladas) en 2016 y 2017 conjuntamente con la serie histórica de 1979-2016. Datos disponibles a partir de las observaciones de satélite y datos asimilados. (Fuente: National Aeronautics and Space Administration, NASA, [1])

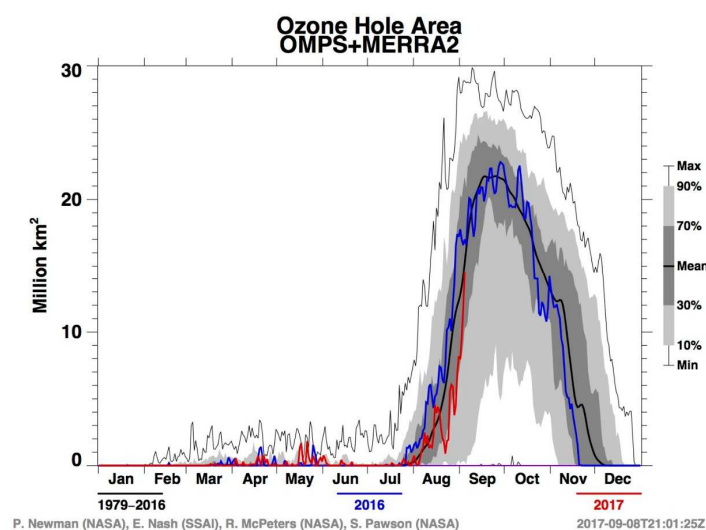


Fig. 2.- Gráfico comparativo de la evolución y extensión del agujero de ozono (millones de Km²) sobre la región antártica en 2016 y 2017 conjuntamente con la serie histórica de 1979-2014. Datos disponibles a partir de las observaciones de satélite y datos asimilados. (Fuente: National Aeronautics and Space Administration, NASA, [1])

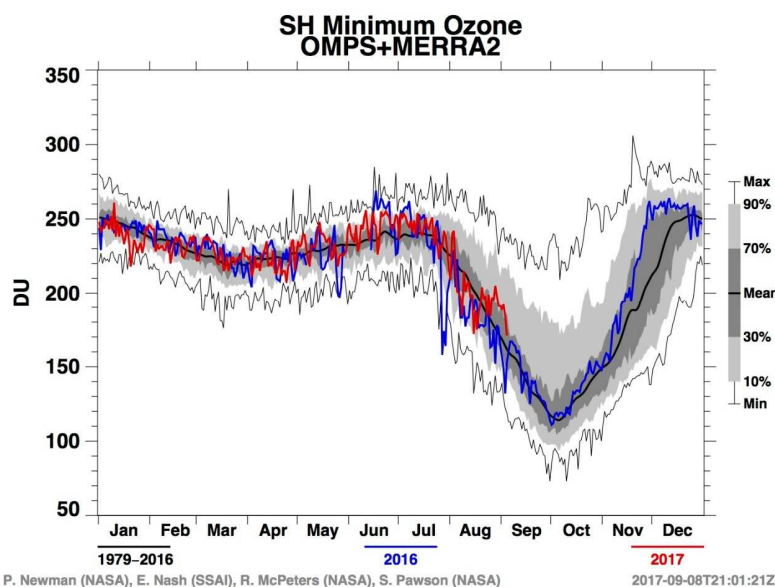


Fig. 3.- Gráfico comparativo de la evolución de los valores mínimos de ozono en columna medios (Unidades Dobson) sobre la región antártica en 2016 y 2017 conjuntamente con la serie histórica de 1979-2014. Datos disponibles a partir de las observaciones de satélite y datos asimilados. (Fuente: National Aeronautics and Space Administration, NASA, [1])

En los gráficos anteriores (figuras 2 y 3 y 4), se muestra que el pasado año el comportamiento de la capa de ozono fue muy similar a la media del período desde que comenzaron las observaciones. Incluso puede observarse una recuperación de la capa de ozono más temprana, ya que a partir del mes de octubre los valores están en por encima del percentil 70 de la serie histórica de 1979-2016.

Para una información detallada sobre el estado de la capa de ozono y su evolución, así como de sus efectos sobre la salud y el medio ambiente, se pueden consultar los últimos informes que al respecto ha publicado la Organización Meteorológica Mundial (OMM): “Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014” [2] y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA): “Environmental effects of Ozone Depletion and its interactions with climate change: 2014 Assessment” [3]

LA VIGILANCIA DE LA CAPA DE OZONO DESDE 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.

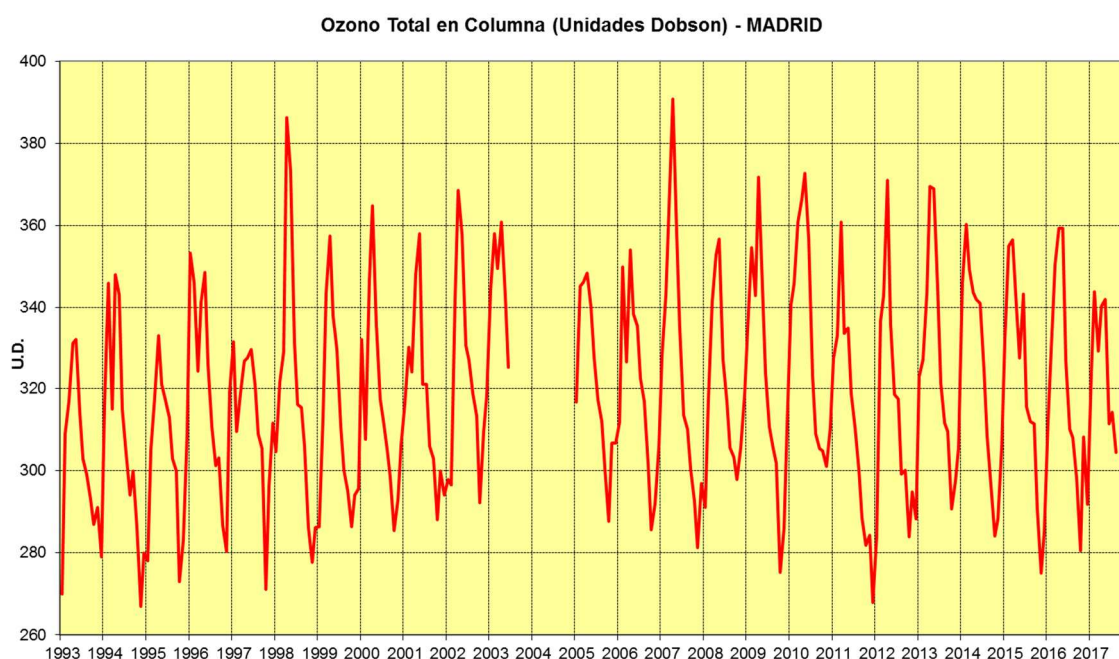


Fig. 1.- Serie histórica (1993-2017) de las medias mensuales de ozono total en columna registradas en Madrid (Ciudad Universitaria) obtenidas con los espectrofotómetros Brewer #070 y #186 instalados en el Centro Radiométrico Nacional, en la sede central de AEMET (Madrid).

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. 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.

El Observatorio de Izaña es además una de las estaciones de medida de referencia en el mundo reuniendo las medidas más precisas de ozono con los instrumentos: 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 co-lidera la acción europea EUBREWNET, que tiene como objetivo facilitar de forma homogénea y consistente las medias de ozono, radiación ultravioleta espectral y espesor óptico de aerosoles que proporcionan los espectrofotómetros Brewer instalados en Europa. En este proyecto en la que participan 18 países europeos a los que se han añadido Estados Unidos, Canadá y Australia. Los científicos que participan en EUBREWNET trabajan de forma conjunta para aumentar la caracterización y calibración de los instrumentos, así como el proceso y control de calidad de las observaciones. La base de datos del proyecto se aloja en AEMET donde se reciben las observaciones y son procesadas en tiempo real de forma centralizada. Esta base de datos da respuesta a nivel europeo a la demanda de organismos como la Organización Meteorológica Mundial, el Centro Mundial de Datos de Ozono y Ultravioleta (WOUDC, World Ozone and UV Data Centre), el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change), el Programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security) de la Unión Europea para la vigilancia y observación de la tierra y la atmósfera.

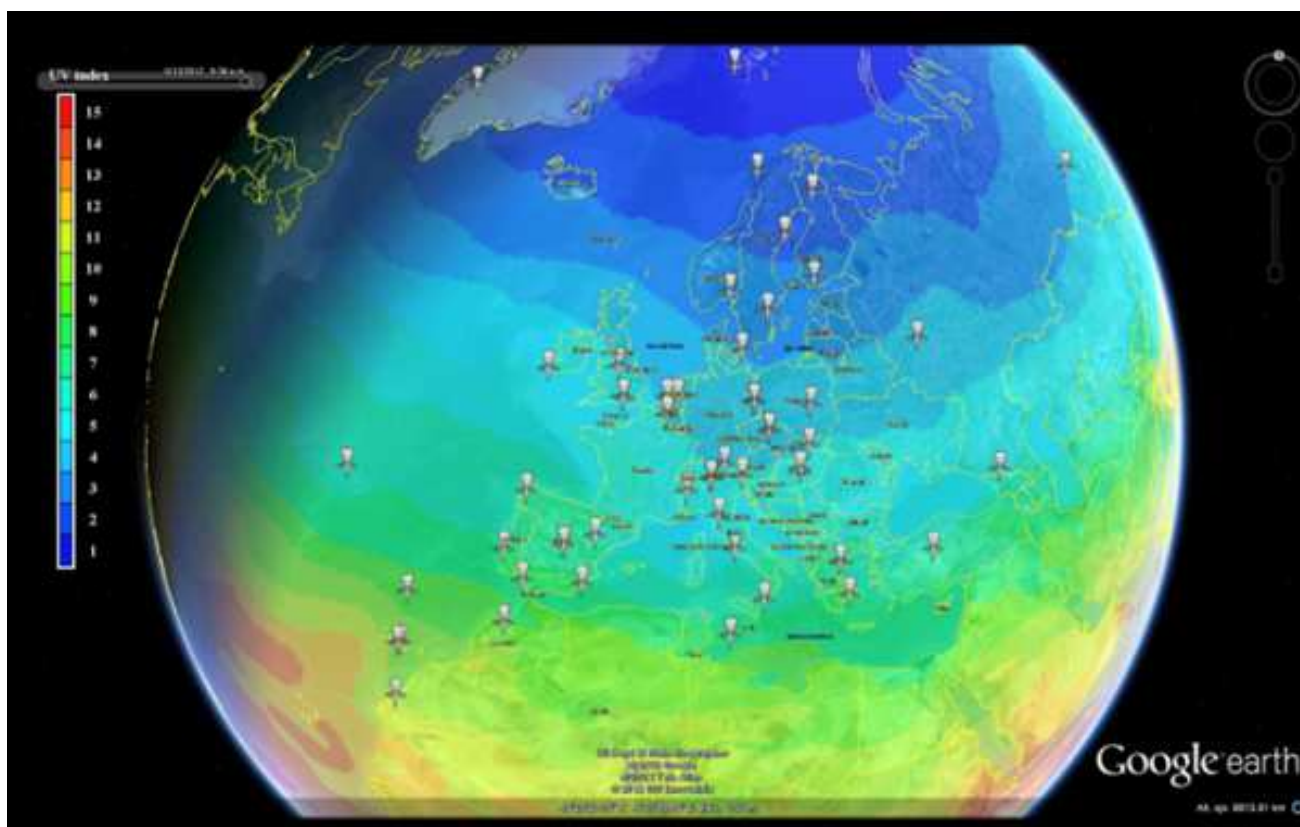


Fig. 2.- Mapa del índice ultravioleta (UVI), que muestra la localización de las estaciones que participan en la red EUBRE WNET

El CIAI también es también el centro de calibración de la red de espectrofotómetros PANDORA ([Pandonia](#)) financiada por la ESA este equipo recientemente desarrollado por la NASA además de proporcionar la medida de ozono proporciona medidas de NO₂, SO₂ y AOD usados para la validación del Satélite EarthCare.

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 químico² 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.

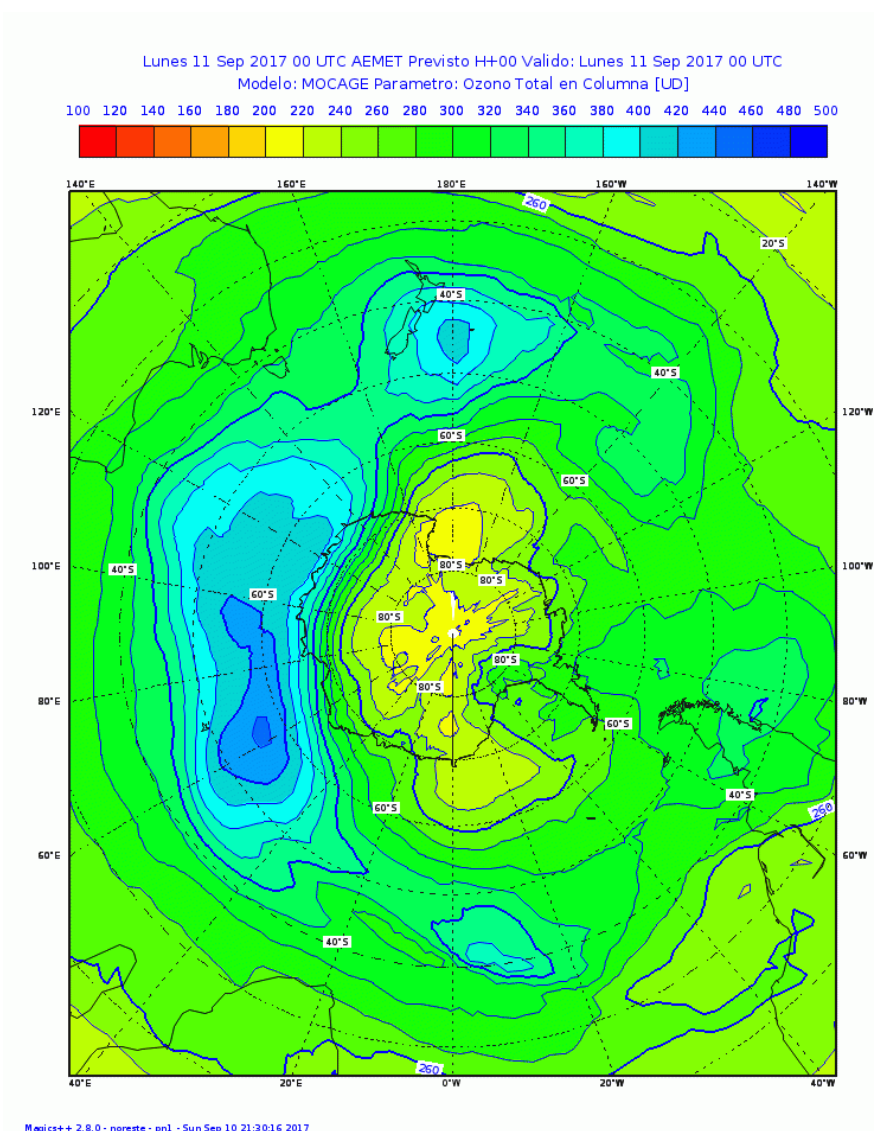


Fig. 3.- Predicción de Ozono Total en Columna (UD) para la región antártica generada en AEMET mediante el modelo de transporte químico MOCAGE (Météo-France) para el día 11 de septiembre de 2017 a las 00 UTC

² 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.

Referencias

[1] Ozone Hole Watch. Goddard Space Flight Center. National Aeronautics and Space Administration, <http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov>

[2] Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2014. Organización Meteorológica Mundial (OMM),

http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ozone_2014/documents/Full_report_2014_Ozone_Assessment.pdf

[3] Environmental effects of Ozone Depletion and its interactions with climate change: 2014 Assessment. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA),

http://ozone.unep.org/en/Assessment_Panels/EEAP/eeap_report_2014.pdf