

Comunicación P-9

EL EFECTO GHOST («GLOBAL HIDDEN OZONE STRUCTURES FROM TOMS»): POSIBLES IMPLICACIONES DINÁMICAS

Emilio Cuevas

Observatorio Especial de Izaña, Tenerife, INM

Manuel Gil

Laboratorio de Estudios de la Atmósfera, INTA

José Rodríguez

Programador Independiente, Colaborador del Observatorio Especial de Izaña

J. M. Sancho

Observatorio Especial de Izaña, Tenerife, INM

RESUMEN

El efecto GHOST consiste en la visualización del contorno de los continentes y otras estructuras geográficas más pequeñas a partir de las imágenes diarias o medias mensuales de ozono total con cobertura mundial proporcionados por el instrumento TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) de la NASA. Este instrumento vuela a bordo de los satélites Nimbus-7 (NASA-Estados Unidos) y Meteor-3 (Rusia). Este hecho, que fue en principio atribuido a un «artifact» del instrumento TOMS, parece que puede ser debido a dos procesos/causas naturales: destrucción del ozono por radiación retrodifundida en el visible (explicación radiativa) y por elevación de la tropopausa sobre los continentes (explicación dinámica).

1. Introducción

La distribución continental de ozono total ha sido analizada de una forma somera, principalmente por grupos de investigación de la antigua Unión Soviética, mediante un número limitado de estaciones localizadas en diferentes regiones del hemisferio norte (Khrigian, 1973). La mayoría de estos estudios se llevaron a cabo gracias a los datos obtenidos en la campaña del IGY (*International Geophysical Year*, 1958) y todos ellos llegaron a conclusiones erróneas. Desde hace unos pocos años, la posibilidad de disponer de datos de satélite, facilita enormemente el estudio detallado del efecto continental a escala mundial a lo largo de todo el año, permitiendo de este modo analizar las variaciones estacionales que experimenta este efecto.

2. Procesos de datos

Se han analizado en detalle diferentes efectos observados en la distribución inmundial del ozono total a lo largo de 14 años (1978-1992), a partir de los datos del TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer*) facilitados por el *Goddard Space Flight Center* de la NASA en CD-ROM (versiones 6.0 y 7.0) en forma de mallas diarias mundiales de datos promediados de ozono total en columna (en Unidades Dobson-UD) con una resolución de 1° en latitud por $1,25^\circ$ en longitud. El instrumento TOMS voló durante el período de tiempo mencionado en el satélite Nimbus-7 (y a partir de 1992 en el Meteos-3) de órbita polar sur-norte, síncrona con el sol. De este modo, el ozono total es medido en todo el globo cada 24 horas. El TOMS mide el ozono en columna mediante el *scattering* diferencial que se produce en las longitudes de onda de 312 y 331 nm, ya que la primera longitud de onda es fuertemente absorbida por el ozono, mientras que la segunda es absorbida débilmente. El ozono total es medido en un campo de visión instrumental de 50 kilómetros cuadrados, realizándose 35 medidas cada 8 segundos, proporcionando unas 200 000 medidas cada día.

En nuestro proceso de datos a cada nodo de una malla de datos de ozono diaria mundial del TOMS, se le ha asignado un color de una paleta de 512 colores, de tal modo que aproximadamente cada transición de color corresponda a 1 UD, cubriendo todo el rango de variación espacial y temporal de ozono a escala mundial, obteniendo de este modo una imagen mundial de ozono total para cada día. Animando a alta velocidad (15-30 imágenes por segundo) las imágenes diarias mundiales para un período suficientemente largo (a partir de un mes), las ((estructuras))de ozono permanentes se muestran con claridad. Con el fin de eliminar el ruido de las animaciones, debido a la falta de datos en algunos nodos de las mallas diarias, se llevó a cabo una interpolación numérica espacio-temporal.

Para el análisis detallado del efecto GHOST, mediante la obtención de perfiles de ozono, imágenes promedio, interpolación de datos, filtrado y animación de imágenes se ha utilizado el programa «New-Vis» (compilado en C++), diseñado para tal fin.

3. Descripción del efecto GHOST

En las imágenes de ozono del TOMS procesadas como se ha indicado anteriormente, se observan las ((estructuras orográficas)) originadas por las grandes cadenas montañosas, tales como los Andes, las Montañas Rocosas o el Himalaya, las regiones de alto contenido de ozono total que se registran en determinadas épocas del año y regiones de la Tierra, como la cuenca Amazónica, el golfo de Guinea o el oeste de África del Sur, debido a una mezcla de procesos tales como la quema de biomasa (producción fotoquímica de ozono troposférico) (Fishman *et al.*, 1990), la cobertura nubosa de estratocúmulos a baja altura y las subsidencias de aire estratosférico. El tratamiento de las imágenes permite también ver claramente la estrecha relación existente entre determinadas regiones de alto o bajo contenido de ozono, con los procesos térmicos y dinámicos que se producen a gran escala como los anticiclones y las borrascas, el ecuador térmico, las corrientes en chorro y otras características de la circulación atmosférica general propias de la troposfera y de la baja estratosfera.

Por último, se muestran los contornos de los continentes, principalmente en el ecuador y en las regiones tropicales y subtropicales, resultado bautizado por los autores como efecto GHOST (Cuevas *et al.*, 1995). Este efecto muestra valores de ozono total menores sobre los continentes (5-10 UD) en comparación a los que se registran sobre los océanos. Este efecto permite distinguir incluso regiones relativamente pequeñas a nivel global, como la Península Ibérica, la Península Arábiga y Madagascar.

4. Posibles explicaciones

Las grandes cadenas montañosas se observan porque sobre las mismas, el espesor de la atmósfera es menor y por tanto menor el ozono integrado. Sin embargo, de las imágenes de ozono se pueden distinguir claramente regiones bajas, para las que las posibles explicaciones se basan, principalmente, en procesos radiativos y dinámicos. En principio se pensó que el efecto GHOST era tan sólo (y nada menos que) un error en la estimación del ozono por parte del instrumento TOMS debido al diferente albedo que muestran los océanos, los continentes y las nubes. El posible error en la estimación del ozono fue descartado por la NASA tras

varios meses de trabajo de comprobación y comparación con equipos de Tierra. La siguiente posible explicación consistía en la aplicación errónea de la corrección de ozono por las nubes (Thompson *et al.*, 1993). El TOMS no puede medir la cantidad de ozono bajo las nubes y realiza una estimación de la misma en base de la altura de la nube y de la latitud (el ozono muestra una variación latitudinal). En la versión 6, la corrección por nubes se realizaba en base a una climatología de las mismas que contemplaba tan sólo una variación latitudinal de su altura. Sin embargo, y como se sabe del ISCCP (*International Satellite Climatology Project*), existe una clara distribución longitudinal de las nubes, además de la latitudinal, con nubes más altas sobre los continentes (a una misma latitud). En base a este hecho, para dos puntos situados a la misma latitud, uno sobre el océano y otro sobre el continente, la versión 6 tendía a sobrestimar la cantidad de ozono en el punto sobre el océano (véase la Fig. 1), ya que para esta versión el ozono estimado bajo la nube «A» es igual al «B». Esta segunda explicación, que no dejaba de ser un *artifact* instrumental, se desechó cuando se analizó la versión 7, que ya introducía la climatología ISCCP para realizar la corrección de ozono por nubes, ya que con ella se observaban resultados similares a la versión 6.

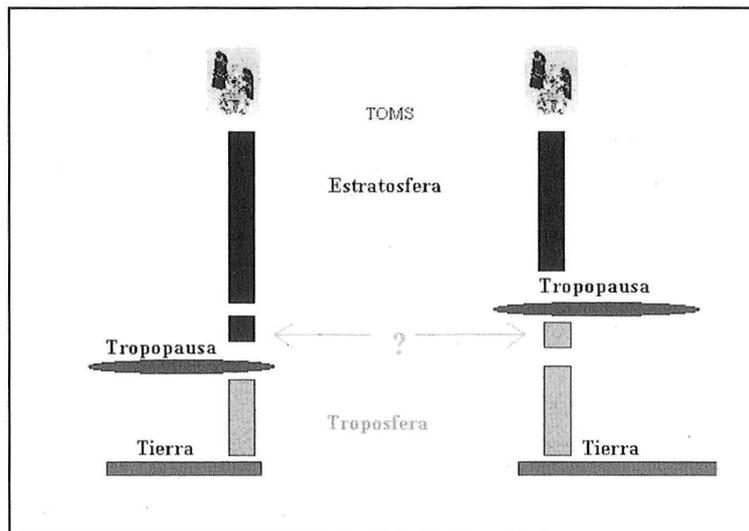
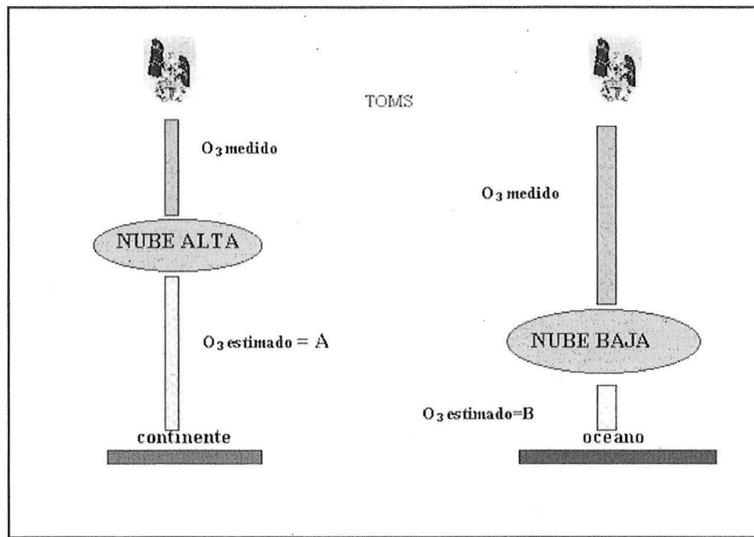


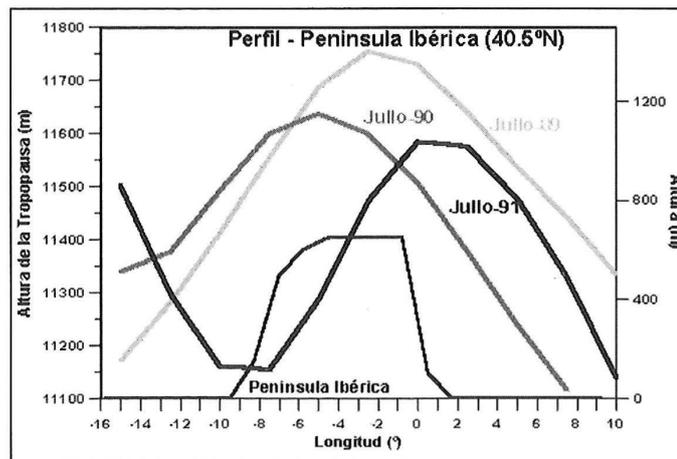
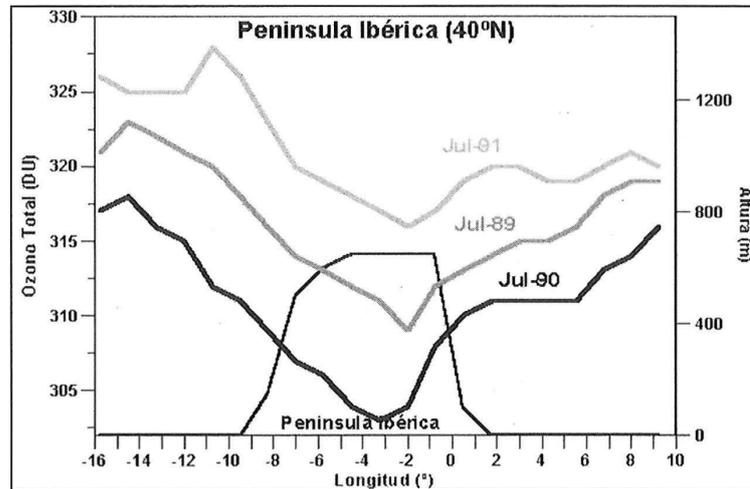
Fig. 1 y 2. Esquemas que muestran la influencia, que sobre la medida desde satélite de ozono total en columna, ejercen las nubes y la altura de la tropopausa, respectivamente

En la actualidad se está trabajando en dos hipótesis:

- La primera se basa en la posible destrucción de ozono por radiación visible retrodifundida (superior en sobre continentes) utilizando el modelo radiativo LOWTRANS-7 (Cuevas *et al.*, 1996). Si bien este modelo podría explicar parte de las diferencias de ozono entre el continente y el océano en algunas regiones de la Tierra, no puede explicar por qué pueden ser distinguidas regiones con grandes masas forestales, con un albedo similar al de los océanos.

- La segunda se basa en procesos dinámicos que involucran a la altura de la tropopausa (Cuevas *et al.*, 1996). El contenido de ozono es muy superior en la estratosfera que en la troposfera, por tanto cabe esperar que a la misma latitud y similares condiciones atmosféricas, una elevación de la tropopausa implique un descenso en la cantidad de ozono total integrado en la columna, tal y como se muestra en la Fig. 2. Las variaciones en el ozono total se sitúan entre 13 y 17 UD por km de variación de la altura de la tropopausa (Hoinka *et al.*, 1996). En breve se analizarán los perfiles longitudinales de los valores mensuales de la altura de la tropopausa conjuntamente con los valores mensuales de ozono proporcionados por el TOMS. Para determinar los perfiles de la altura de la tropopausa se utilizan los *grid* del ECMWF de $2,5^\circ \times 2,5^\circ$ de resolución y considerando que la tropopausa se encuentra a 1,6 UPV. El período analizado será 1978-1992.

Como caso particular se expone aquí el perfil de ozono total (Fig. 3.1) y de la altura de la tropopausa (Fig. 3.2) para los años 1989, 1990 y 1991 sobre la Península Ibérica a través del paralelo 40°N . Para este



Figs. 3.1 y 3.2. Perfiles de ozono total (UD) y de la altura de la tropopausa (m), respectivamente, en julio de 1989, 90 y 91, sobre la Península Ibérica a lo largo del paralelo 40°N . Se dibuja también la topografía «promedio» de la Península Ibérica a lo largo de ese perfil

caso particular, el «mínimo relativo» de ozono sobre la Península se puede explicar perfectamente, y por completo, en términos de elevación de la tropopausa sobre la misma (en torno a 400-500 metros). Esta elevación de la tropopausa sobre la Península Ibérica fue detectada con anterioridad al comparar los valores mensuales promedios de la altura de la tropopausa sobre Palma de Mallorca (Ramis, 1977) y Madrid, y este hecho fue el que nos indujo a pensar en la altura tropopausa como posible explicación del efecto GHOST.

5. Conclusiones

1. A la misma latitud se encuentran generalmente valores más bajos de ozono total en columna sobre los continentes.
2. Los contornos de los continentes se distinguen mejor en regiones ecuatoriales y subtropicales en el período junio-noviembre.
3. Las explicaciones al efecto GHOST probablemente se encuentren en procesos radiativos (radiación visible retrodifundida) y en las variaciones de la altura de la tropopausa, con un peso diferente para cada explicación que dependerá de la región geográfica y de la época del año.

Referencias

Cuevas, E.; M. Gil; L. Alonso; J. Rodríguez; F. Real, 1995: *The Continental Effect on Total Ozone Distribution. Proceedings of The International Conference on Ozone in the Lower Stratosphere. Halkidiki (Grecia). 15-20 mayo, 1995.*

Cuevas, E.; M. Gil; R. McPeters; J. Rodríguez, 1996: *The GHOST (Global Hidden Ozone Structures from TOMS) Effect: Possible Explanations. Abstracts of the NOAA/CMDL Annual Meeting. Boulder-Colorado (Estados Unidos). 6-7 marzo, 1996.*

Hoinka, K. P.; H. Claude; U. Köhler, 1996: *On the Correlation Between Tropopause Pressure and Ozone Above Central Europe. American Geophysical Union, paper 96GL.*

Khrgian, A. Kh., 1973: *The Physics of Atmospheric Ozone. Keter Publishing House Jerusalem Ltd. Edited by P. Greenberg.*

Fishman, J.; C. E. Watson; J. C. Larsen; J. A. Logan, 1990: *Distribution of Tropospheric Ozone Determination From Satellite Data. J. Geophys. Res., 95, 3, 599-3, 617.*

Ramis, C., 1977: *Contribución a la Climatología de Aire Superior en Mallorca. Memoria licenciatura Ciencias Físicas. Universidad de Barcelona.*

Thompson, A. M.; D. P. McNamara; K. E. Pickering; R. D. McPeters, 1993: *Effect of Marine Stratocumulus on TOMS Ozone. J. Geophys. Res., 98, 23, 051-23, 057.*