

## DISMINUCION DEL OZONO EN DIVERSAS FRANJAS DE LATITUD ADYACENTES A LA PENINSULA IBERICA

A.M. Pérez Burgos, A. Calle Montes y J.L.Casanova Roque  
Laboratorio de Teledetección. Universidad de Valladolid, 47071- Valladolid  
e-mail: ana@rigel.f1.cie.uva.es

### RESUMEN

Mediante la utilización de datos TOMS se construyen series temporales de ozono que dan cuenta de la disminución de dicho componente atmosférico en diversas zonas geográficas pertenecientes al Hemisferio Norte y centradas en la Península Ibérica. Mediante la aplicación de técnicas estadísticas se muestra la dependencia de esta magnitud con la latitud y con la época del año.

### INTRODUCCION

La evolución temporal del espesor de la capa de ozono para diferentes zonas del planeta es uno de los principales objetivos de numerosos investigadores a lo largo, sobre todo, de estos últimos años. Sin referirnos ya al tantas veces mencionado agujero de ozono antártico, la disminución del ozono ha sido estudiada igualmente en otras zonas del planeta (Carolle *et al.*, 1990; Stolarski *et al.*, 1992; Herman *et al.*, 1993; Varotsos *et al.*, 1993) y para distintos periodos de tiempo. Las conclusiones mencionadas en los distintos trabajos hablan de que es únicamente en las regiones ecuatoriales, donde el ozono no presenta cambios apreciables, mientras que en el resto del globo, el ozono ha disminuido.

Las fuentes de datos que proporcionan el espesor total de ozono son diversas, siendo las principales: el espectrómetro Dobson localizado en tierra y determinadas sondas colocadas en los satélites, las cuales realizan sus medidas desde el espacio. La segunda técnica presenta algunas ventajas frente a la primera como son su mayor resolución tanto espacial como temporal.

Desde noviembre de 1978, el ozono total ha sido medido sobre un base diaria por la sonda TOMS (*Total Ozone Mapping Spectrometer*) a bordo de diferentes satélites meteorológicos. Debido a la serie tan continuada de estos datos, se han extraído numerosas conclusiones a partir de análisis estadísticos aplicados a los mismos.

El objetivo de este trabajo ha sido la manipulación de los datos TOMS

adaptándolos a nuestras necesidades de cálculo y su utilización en determinadas aplicaciones estadísticas con el fin de obtener algunas conclusiones en torno a la variación del contenido de ozono en algunas zonas concretas.

### DATOS TOMS

Desde finales del año 1978, se poseen datos diarios de ozono gracias a las medidas realizadas por la sonda TOMS lanzada primero a bordo del satélite NIMBUS 7 americano y posteriormente a bordo del METEOR 3 ruso (actualmente este último también ha sido sustituido). Los datos TOMS suministrados están organizados en ficheros diarios en los cuales cada valor de ozono corresponde a un sector de 1° de latitud por 1.25° de longitud ( $\approx 111 \times 105$  km). La versión de los datos que se utilizan en este trabajo es la versión 7, última suministrada por la NASA (Herman *et al.* 1996).

### ZONAS GEOGRAFICAS DE ESTUDIO

Con el fin de estudiar la evolución temporal del contenido de ozono en el Hemisferio Norte se han considerado 3 franjas de latitud; esto nos permitirá extraer conclusiones referentes a la dependencia del ozono con este parámetro. Los nombres con que han sido denominadas estas franjas son los siguientes: franja Europea comprendida entre las latitudes 45.5°N y 55.5°N, franja Mediterránea comprendida entre las latitudes 35.5°N y 45.5°N y franja Africana comprendida entre las latitudes 25.5°N y 35.5°N. Los límites de longitud considerados en los tres casos han sido 20.625°W y 20.625°E. Las tres franjas contienen 330 puntos de análisis los cuales se han promediado entre sí para estudiar la evolución temporal de cada una.

### EVOLUCION TEMPORAL DE LOS PROMEDIOS MENSUALES DE OZONO 1979-1993

Mostramos, en la gráfica de la figura 1 las curvas correspondientes a las series de

tiempo para las tres franjas; cada dato es un promedio mensual realizado a partir de los correspondientes diarios.

La principal característica de esta gráfica es el importante aumento del ozono con la latitud: las tres curvas representativas se mueven prácticamente paralelas, a la vez que indican que el contenido es mayor en la franja Europea, seguida por la Mediterránea

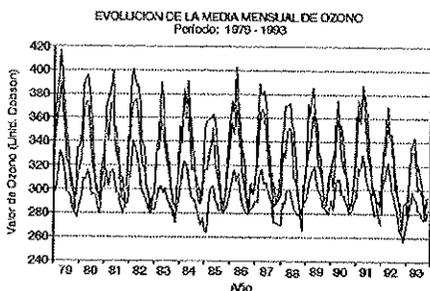


Figura 1. Evolución mensual del ozono 1979-1993

y después por la Africana, estando los valores de esta última bastante alejados de los anteriores. Las tres bandas presentan la conocida forma sinusoidal característica de la variación anual del ozono, esto es, con máximos en primavera y mínimos en otoño. Además de esta evolución oscilatoria, una simple inspección visual nos muestra la tendencia disminutoria del contenido total a lo largo del período analizado. Para cuantificar esta tendencia, se ha procedido a realizar un ajuste lineal de las curvas para cada una de las franjas. Los parámetros del ajuste resultantes aparecen en la tabla 1.

Período 1979-1993		
Franja geográfica	Pendiente	Ordenada
Europea	-0.19	350.6
Mediterránea	-0.14	335.0
Africana	-0.07	400.0

Tabla 1. Parámetros del ajuste lineal para cada franja

Como se observa en la misma, las pendientes resultantes para las tres franjas son negativas, lo que indica realmente una disminución neta del ozono a lo largo de estos años. De los valores concretos que presenta la pendiente del ajuste sacamos otro hecho importante y es que la disminución del ozono también tiene una componente latitudinal; la disminución del mismo es mayor allí donde el contenido es más alto, es decir, en las zonas de mayor latitud. La disminución va desde 0.07 UD por mes en la franja Africana hasta cerca de 2 UD por mes en la franja europea. Curiosamente, las desviaciones standard, calculadas para cada franja, teniendo en cuenta los diferentes puntos que la conforman presentan a su vez una periodicidad temporal muy parecida a aquella de los valores medios. Esto se puede comprobar en la gráfica de la figura 2, que plasma la evolución temporal de ambas magnitudes concretamente para la franja Mediterránea. La interpretación inmediata de estas dos curvas es que la dispersión geográfica de los valores de ozono dentro de una misma banda es mayor en aquella época del año justo donde los valores de ozono son mayores, en primavera, y tiende a disminuir cuando los valores de ozono son más bajos, esto es, en el otoño.

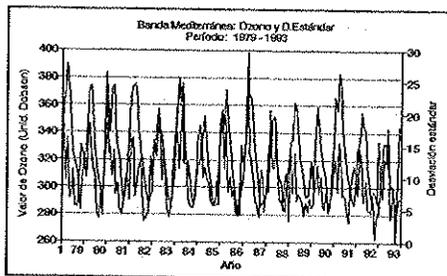


Figura 2. Evolución mensual del ozono y desviación estándar

### EVOLUCION TEMPORAL DE LOS PROMEDIOS ANUALES DE OZONO 1979-1993

Una vez caracterizada la serie de valores mensuales de ozono en cada banda, procedimos a realizar el análisis de la evolución de los promedios anuales. Se han

calculado igualmente estos valores para cada una de las tres franjas y el resultado es el que aparece en la figura 3. La tendencia disminutoria del espesor medio anual de ozono queda muy patente en la misma, siendo el último año analizado, el año 93, un año especialmente de valores bajos.

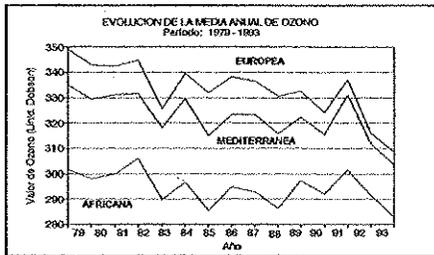


Figura 3. Evolución anual del ozono 1979-1993

Un análisis de regresión similar al anterior nos conduce a los datos de la tabla 2. En primer lugar aparece el valor de la pendiente que nos refleja la disminución en UD por año, con valores comparables a los que se deducen de la anterior regresión por meses. Junto a los datos de la pendiente se expresa el descenso total en el periodo de 15 años analizado, primero obtenido a partir de las ecuaciones de regresión y después, calculado con los datos reales restando los valores del primer y el último año

Franja Geografica	Descenso por año	Descenso Total Calculado	Descenso total Real
Europea	2.31	34.65	40.66
Mediterra	1.68	25.2	31.42
Africana	0.88	13.2	19.0

Tabla 2. Disminución de ozono 1979-1993

### TENDENCIA EVOLUTIVA DEL OZONO MES A MES

Otro análisis que nos pareció interesante consistió en ver como era la tendencia disminutoria para cada mes individual del año. Los correspondientes análisis de regresión realizados para cada mes individualmente, nos muestran una disminución heterogénea entre los diferentes meses. Todas ellas son negativas, lo que indica que si nos fijamos en cualquier mes

del año el ozono ha disminuido de forma neta a lo largo del período analizado. Se han representado estas pendientes en función del mes lo cual aparece en la gráfica de la figura 4. Esta gráfica presenta una apariencia visual característica; los comentarios realizados sobre la tendencia disminutoria del ozono en base a la latitud de la zona geográfica en cuestión continúan patentes en la misma, si bien esto no es igual para todos los meses.

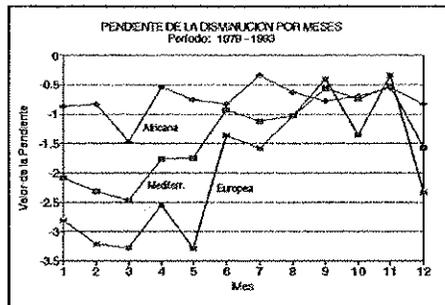


Figura 4. Pendiente de la disminución por meses

La disminución del ozono depende fuertemente de la latitud en los meses de la primera mitad del año (justo donde quedan incluidos los máximos anuales de ozono), mientras que en la segunda mitad del año (donde aparecen los mínimos anuales), la disminución es prácticamente independiente de la latitud y se puede observar como las curvas representativas de las tres franjas se aproximan. Todos estos hechos los resumimos a continuación en las siguientes conclusiones.

### CONCLUSIONES

Se ha presentado en este trabajo un estudio de la evolución temporal del ozono para el período 1979-1993. La fuente de datos utilizada es la sonda TOMS a bordo de los satélites NIMBUS-7 y METEOR-3. Se han construido las series temporales del ozono cuya apariencia ya es de por sí significativa y se ha presentado un tratamiento de los datos consistente principalmente en diferentes análisis de regresión lineal llevados a cabo sobre los mismos. Las conclusiones primordiales obtenidas han sido por un lado la cuantificación de la disminución neta para

tres franjas de latitud consideradas y por otro la dependencia de esta disminución tanto de la latitud como de la época del año considerada.

#### REFERENCIAS

Cariolle, D., Lasserre-Bigorry A. and Royer, J.F., 1990. A general Circulation Model Simulation of the Springtime Antarctic Ozone Decrease and its impact on mid-latitudes. *Journal of Geophysical Research*, v.95, n.D2:1883-1898.

Herman, J.R. and McPeters, R. (1993) Ozone depletion at northern and southern latitudes Derived from January 1979 to December 1991 Total Ozone Mapping Spectrometer data.

*Journal of Geophysical Research*, vol 98, no. D7:12783-12793.

Herman, J.R., Bhartia, P.K., Krueger, A.J., McPeters, R.D. Meteor-3 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Data Products User's Guide. NASA Reference Publication. 1996.

Stolarski, R., Bojkov, R., Bishop, L., Zerefos, C., Staehelin, J., Zawodny, J. (1992) Measured trends in stratospheric ozone, *Science*, 256:342-349

Varotsos, C.A. and Cracknell, A.P., 1993. Ozone depletion over Greece as deduced from Nimbus-7 TOMS measurements. *International Journal of Remote Sensing*, v.14, n.11: 2053-2059.