

Alteraciones de la Columna de Ozono en Punta Arenas (Chile) y la Influencia del "Agujero de Ozono"

C. Casiccia*
V.W.J.H. Kirchhoff**

*Universidad de Magallanes, Casilla 113-D, Punta Arenas-Chile,

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, C.P. 515, CEP 12201970 S.J. Campos, SP, Brasil.

Desde agosto de 1992 está operando en Punta Arenas (53,2°S;70,9°W) un espectrofotómetro Brewer, modelo MK-IV (serie 068). Este es el primer instrumento instalado en Chile para observaciones sistemáticas a largo plazo, con el propósito de estudiar el comportamiento y la evolución de la capa de ozono, en la zona poblada más cerca de la Antártica, donde desde hace unos años, a comienzo de la primavera Austral se manifiesta el fenómeno de la formación del "Agujero de Ozono Antártico" (AOA).

En este trabajo se presenta un análisis de prácticamente cinco años de mediciones hechas con el espectrofotómetro Brewer, como también un análisis de los meses de septiembre y octubre (1992-1996), de la evolución de la capa de ozono. Se muestran las mayores disminuciones detectadas hasta este momento sobre Punta Arenas, como por ejemplo el día 17 de octubre de 1994 cuando se midieron 145,8 UD (Unidades Dobson), que es el valor más bajo medido, en cinco años, equivalente aproximado a casi el 60% abajo de la media normal. Se muestra además los resultados de los primeros sondeos de ozono realizados con sondas ECC, realizados en Punta Arenas en octubre de 1995, para análisis de la distribución de ozono con la altura.

INTRODUCCIÓN

En la zona Antártica desde hace algunos años, en los comienzos de la primavera Austral, viene detectándose una violenta disminución de la cantidad de ozono total, en una área específica. Este fenómeno ha recibido la denominación de "Agujero de Ozono Antártico" (Stolarsky et al, 1986). Estas variaciones del ozono estratosférico pueden causar cambios bruscos en la radiación ultravioleta incidente (Lubin et. al., 1992, Valderrama et. al., 1992) lo que podría afectar bajo ciertas condiciones el ecosistema de vida en esa región.

El espectrofotómetro Brewer modelo MK-IV (Serie 068), se encuentra operando en Punta Arenas, después de un período de ajustes y calibración desde agosto de 1992 (Kirchhoff et al., 1993, Kirchhoff et al, 1977). La instalación y puesta en marcha de observaciones forma parte de un proyecto conjunto entre el Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, Brasil) y la Universidad de Magallanes (UMAG, Chile). Este proyecto tiene como objetivo, estudiar las variaciones de la columna de ozono y la radiación ultravioleta, aspecto de gran interés para una zona que esta cerca de la Antártica, donde se manifiesta el fenómeno de disminución de la capa de ozono, cuyos efectos evidentemente se proyectan hacia el continente americano.

El instrumento Brewer está diseñado para realizar mediciones de ozono, utilizando las siguientes longitudes de onda: 306,325; 310,094; 313,496; 316,799 y 320,016 nm, además realiza un barrido midiendo intensidades en la banda de 290 a 320 nm con una resolución de 0,5 nm.

Las mediciones realizadas en Punta Arenas se han realizado en forma continua, sólo con algunos interrupciones por razones técnicas. El instrumento fue programado para que gran parte de las mediciones de ozono y radiación ultravioleta se realicen en torno del mediodía local, en el caso de las mediciones de ozono se han realizado con la modalidad DS (Direct Sun) y ZS (Zenith Sky), ésta última es recomendada para

condiciones de cielo cubierto (Dahlback et. al., 1994), que es la condición meteorológica normal en Punta Arenas.

En octubre de 1995 fueron lanzados con éxito varias ozonosondas en Punta Arenas, por un equipo conjunto de investigadores, ingenieros y técnicos del INPE y la UMAG, con el objetivo de determinar la distribución vertical de la concentración de ozono especialmente durante la presencia del agujero de ozono en esta localidad. Se utilizaron sondas ECC (Electrochemical Concentration Cell) desarrolladas por la National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA (Komhyr and Harris, 1971)

En este trabajo presentamos un análisis de las observaciones realizadas entre los años 1992 - 1996 y algunos resultados de la campaña de sondeos realizada en octubre de 1995.

PRESENTACIÓN Y ANALISIS DE DATOS DE OZONO

Los datos medidos entre los años 1992 y 1996, desde agosto a diciembre se muestran en la Figura 1. En general presentan tres períodos bien definidos; uno en el mes de agosto con algunas alteraciones de disminuciones y aumentos de la columna de ozono, el segundo durante septiembre-octubre, donde hay unas marcadas disminuciones especialmente a fines de septiembre y comienzos de octubre; y el tercero durante noviembre-diciembre, con una marcada estabilidad.

En la Figura 2 se muestran los promedios diarios del mes de septiembre desde 1992 hasta 1996. La línea de puntos corresponde al límite en el cual se considera condiciones de agujero de ozono (220 UD) y la de trazo al promedio de 13 años para Punta Arenas, aquí llamada Media Histórica Reciente (MHR), calculado con datos del instrumentos TOMS a bordo del satélite Nimbus-7 (Mc Peters y Beach, 1995). Solamente en dos oportunidades el AOA estuvo sobre Punta Arenas en el mes de septiembre, durante los 5

años de mediciones; el 27 de septiembre de 1993, donde se midió 205,9 UD, y el 10 de septiembre de 1995 con 206,5 UD. Este mes presenta oscilaciones naturales en las mediciones de la columna de ozono y en todos los meses (excepto para 1996), los valores estuvieron bajo el promedio MHR.

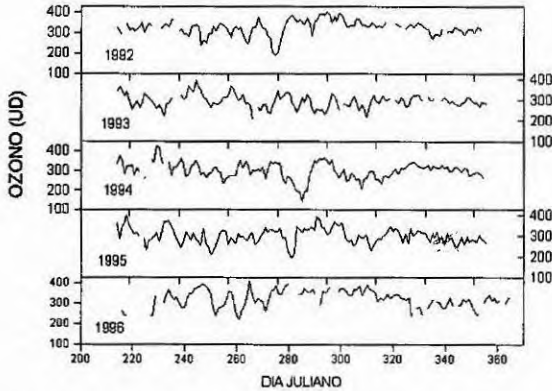


Fig. 1 - Variaciones de la columna de ozono, desde 1992 hasta 1996, medidos en Punta Arenas.

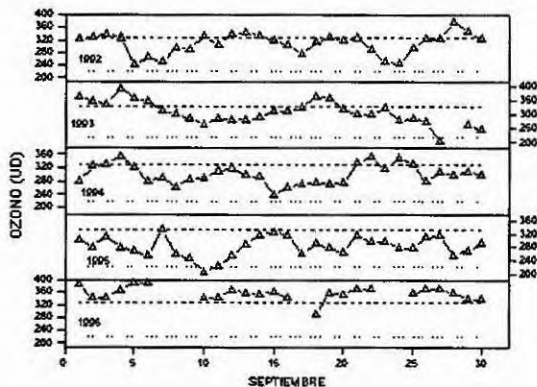


Fig. 2 - Promedios diarios para el mes de septiembre, desde 1992 hasta 1996.

Con las mismas características de la Figura 2 la Figura 3 muestra las variaciones de la columna de ozono durante el mes de octubre. Con respecto a la condición de AOA se puede ver tres eventos particulares: 1) en el año 1992 se midieron valores por bajo del límite de 220 UD, donde el menor correspondió al día 5 con 190,3 UD, entanto; 2) en el año 1994 esto ocurrió durante 4 días, el menor valor fue el día 17 con 145,8 UD, este valor ha sido el registro record de las mediciones hechas en Punta Arenas, como también el periodo más largo, y 3) en 1995, 3 días donde el menor valor fue 196,5 UD, para el día 13.

Los eventos mostrados para los meses de septiembre y octubre, meses correspondientes a la estación de primavera, demuestran, la influencia del AOA, el cual ocurre en la misma época. Esta influencia sobre Punta Arenas se debe a que el agujero de ozono Antártico es un fenómeno no estático y debido a su dinámica y efectos de rotación, durante algunos días

puede situarse sobre Punta Arenas, como ocurrió en las 7 oportunidades indicadas anteriormente.

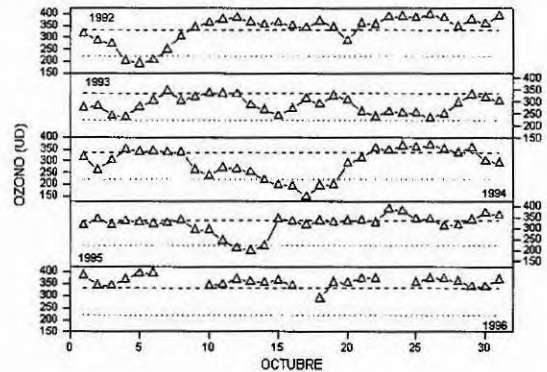


Fig. 3 - Promedios diarios para el mes de septiembre, desde 1992 hasta 1996.

RESULTADOS DE LA PRIMEIRA CAMPAÑA DE LANZAMIENTOS DE OZONOSONDAS

La Figura 4 muestra el perfil de ozono para dos días de octubre de 1995, día 6 y día 13, el primero considerado como un perfil normal, en que el instrumento Brewer midió 320 UD, es decir, una columna "rica" en ozono. En cambio, el día 13, fue medido 196,5 UD. Se puede apreciar en esta Figura que la mayor disminución ocurre entre los 15 Km y 23 Km, área donde se concentra la mayor cantidad de ozono, además de ser la zona más efectiva en términos de la absorción de la radiación ultravioleta.

La Figura 5 muestra 2 perfiles, contruidos considerando la condición de estar dentro y fuera del AOA. Hasta los 12 Km se observa que practicamente no existe variación de la concentración de ozono. También en esta figura se puede ver claramente la área en que se produce el mayor deterioro del contenido de ozono, entre los 15 y 25 Km. Las barras horizontales indican la variabilidad de los promedios (desviación standard), ésta variabilidad es mayor en los promedios que corresponden a los sondeos dentro del AOA, lo que confirma la fuerte disminución en estos niveles.

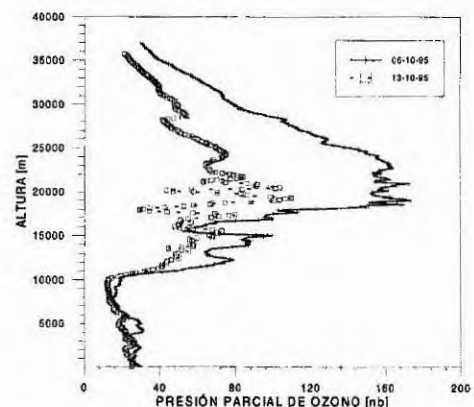


Fig. 4 - Perfiles de ozono medidos para los días 6 y 13 de octubre de 1995 en Punta Arenas.

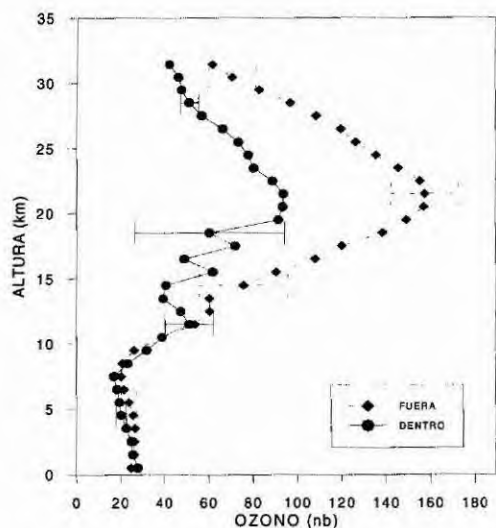


Fig. 5 - Perfiles promedio, dentro y fuera del AOA.

La Figura 6 muestra una comparación entre los valores medidos por el instrumento Brewer y las integrales calculadas de los lanzamientos, los valores presentan una buena concordancia. En esta figura se puede apreciar la dramática disminución de la columna de ozono, entre los días 11 y 14. Además, se graficaron los valores integrados de la columna de ozono entre 12 y 20 Km, apreciándose también la disminución del contenido de ozono durante los días indicados.

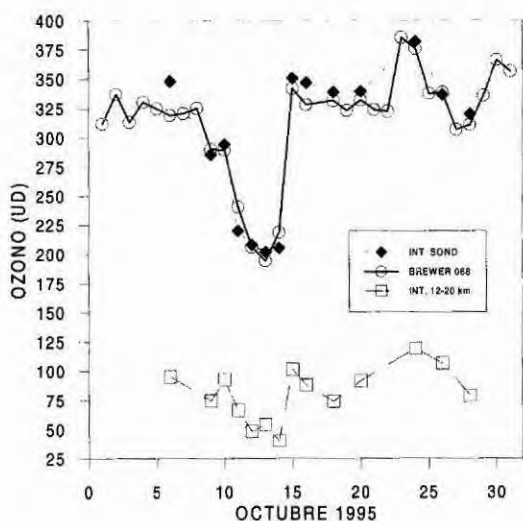


Fig. 6 - Comparación de los datos Brewer y integrales de los sondajes e integral entre 12 y 20 Km.

La Figura 7 es un gráfico de contorno construido con los perfiles de los sondajes ozonosonda. Los valores dentro del gráfico corresponden a densidad de ozono en nanobar (nb). Entre los días 10 y 15 de octubre se muestran la condición de deterioro de la capa de ozono debido a la presencia del AOA sobre Punta Arenas, con valores entre 40 y 100 nb, mientras en condiciones normales, mostrado en la última quincena de octubre, se tienen valores en torno de los 180 nb. Una de las consecuencias de la disminución de ozono es la alteración de la temperatura atmosférica, donde entre 12 y 20 Km de altura, se produce una

disminución considerable, del orden de 60% (no mostrado en este trabajo).

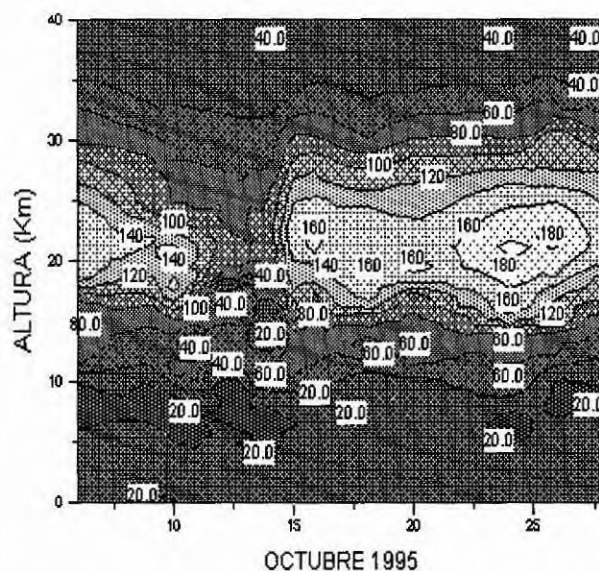


Fig. 7 - Gráfico de contorno para los valores de la concentración de ozono, altura y días del mes de octubre de 1995.

CONCLUSIONES

El comportamiento de la capa de ozono en Punta Arenas tiene una fuerte influencia del "Agujero de Ozono Antártico", demostrado por las mediciones realizadas especialmente en septiembre y octubre desde 1992 hasta 1996, donde evidentemente los bajos valores detectados, provienen del fenómeno Antártico, que se extendió hasta la zona de Punta Arenas.

De los perfiles medidos con la técnica de sondajes en globos durante la presencia del AOA, se detectó que la mayor destrucción de la concentración de ozono se produce entre los 12 y 25 Km, que corresponde a la zona de mayor efectividad del ozono en la absorción de la radiación ultravioleta.

REFERENCIAS

- Dahlback, A. et al. Radiative transfer modelling. In: Koskela, T. ed. Nordic Intercomparison of Ultraviolet and Total Ozone Instruments at Izaña from 24 Oct.- 5 Nov. 1993. Final Report. Helsinki, Finnish Meteorological Institute, 1994. (Meteorological Publications-27).
- Kirchhoff, V.W.J.H., et. al., The Brazilian Network of Stratospheric Ozone Monitors: Observations of the 1992 Ozone Hole, Rev.Bras.Geofis.,11(2), 205-213,1993.
- Kirchhoff, V.W.J.H.; Casiccia, C.; Zamorano, F. The ozone hole over Punta Arenas, Chile. J.Geo. Res. 102(D7):8945-8953, 1977.
- Komhyr, W.D.; Harris, T.B. Development of an ECC ozonesonde, NOAA Tech. Rep. ERL 200-APCL 18, 54p. NOAA, Boulder, 1971.

Lubin,D. et. al., A Contribution Toward Understanding the Biospherical Significance of Antarctic of Ozone Depletion, *J.Geo.Res.* 97(D7):7817-7828, 1992.

McPeters, R.; Beach, E. TOMS Ozone Data 1978-1993 Version 7, NASA, 1995. Greenbelt, NASA. Goddard Space Flight Center, 1995. CD ROM.

Stolarski, R.S.; Krueger, A.J.; Schoeberl, M.R.; Mc Peters, R.D.; Newman, P.A.; Alpert, J.C. Nimbus 7 satellite measurements of the Springtime Antarctic ozone decrease. *Nature*, 322(6082):808-811, Sept. 1986.

Valderrama,V. Casiccia,C., Zamorano,F., Monitoreo de Ozono y UV-B en Punta Arenas Agosto-Octubre 1992, *Scientia*, Año LVII, N° 167, Vol II, Enero-Diciembre 1992.