

# Evaluación de la calidad de los datos de temperaturas estratosféricas en la Antártida obtenidas del ECMWF a partir de dos estaciones de ozosondeos

## *Intercomparison of stratospheric temperature from ECMWF and radiosondes at high latitudes in the South Hemisphere.*

Parrondo M.C.<sup>(1)</sup>, M. Yela<sup>(1)</sup>, M. Gil<sup>(1)</sup>, P. Taalas<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Area de investigación e Instrumentación atmosférica. INTA, Spain, parrondosc@inta.es

<sup>(2)</sup>Finnish Meteorological Institute

### SUMMARY

Accurate stratospheric temperature analyses are essential in studies of lower stratospheric chemistry and microphysics, including polar stratospheric clouds (PSC) formation, chlorine chemistry, and ozone depletion. European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) lower stratospheric temperature analyses have been compared with radiosonde temperatures at two station in the South Hemisphere, Belgrano (77.87 S, 34.63 W) and Marambio (56.78 S, 64.23 W) during 3 years (1999-2001) and five years (1996-2000) respectively. The layers analysed range from 350 to 650 K. Temperatures from ECMWF at high levels are generally colder than observed by radiosondes, while at lower levels temperatures from ECMWF are warmer. After 1999 when the 61-level version was implemented at ECMWF, substantial improvements were found especially in the higher level. At 600 K the bias at Marambio are  $-1.2 \pm 2.1$ ,  $-0.5 \pm 3.3$ ,  $-1.6 \pm 2.8$ ,  $-0.2 \pm 1.7$ ,  $-0.5 \pm 1.6$  in 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, Both bias and standard deviations are reduced in the last too years. Some of the differences between ECMWF analyses and observations are due to small vertical scale structures, which cannot be caught by the model. At radiosondes temperature low enough for the formation of polar stratospheric cloud (PSCs) interpolated temperatures from ECMWF are on average at 400 K  $-0.8$  K in Belgrano and 0.8 K in Marambio

### 1. INTRODUCCIÓN

Existe un gran interés general en conocer la calidad de los datos de temperatura de los modelos, tales como los del centro Europeo, ya que los resultados de muchos trabajos de investigación en el campo de la química y la microfísica en la baja estratosfera, dependen en gran medida, de la similitud de los datos de temperatura utilizados a los reales.

En particular, la motivación de este trabajo se debe a las aplicaciones de estos datos en los modelos químicos atmosféricos. En el hemisferio norte se ha visto que las temperaturas del ECMWF son más altas que las observadas, especialmente cuando las reales están por debajo de la temperatura teórica de formación de nubes estratosféricas polares (PSCs), [Knudsen, 1996], estas nubes juegan un papel muy importante en los procesos de destrucción química del ozono. [Solomon, 1988]. Por lo tanto, cuando los modelos químicos utilizan estos datos, el área de probabilidad de formación de PSCs previsto, es mucho menor que el real. La precisión de estos datos influye de manera determinante en los modelos para el cálculo de trayectorias isentrópicas, utilizadas entre otras aplicaciones, para la cuantificación de destrucción de ozono debida exclusivamente a procesos químicos [Schulz et al., 2000].

### 2. DATOS

Los datos de temperaturas en la baja estratosfera obtenidas por el ECMWF en la estación subantártica de Marambio durante el periodo 1996-2000, y en la estación Antártica de Belgrano durante los años 1999-2001 han sido comparados con los datos de temperatura obtenidos de los ozonosondeos realizados en estas dos estaciones para conocer la calidad de datos del ECMWF.

El modelo del ECMWF tiene una resolución espacial de  $1.125 \times 1.125$ , y una resolución temporal de 6 horas, para el trabajo se han utilizado los datos de las 12 horas. En cuanto al número de niveles del modelo, hay que destacar tres grandes cambios en la última década. El número de niveles entre septiembre 91 a marzo del 99, era de 31, siendo el más alto el de 10 hPa. En septiembre 1999 se aumentó el número de niveles desde la altura de 150 hPa hasta los 0.1 hPa, siendo el total 50. Actualmente el modelo del ECMWF tiene 60.

Los ozonosondeos proporcionan datos de temperatura y otras variables meteorológicas durante el ascenso del globo cada 2 s,

proporcionando una resolución vertical de 10-15 m dependiendo de la velocidad ascensional del globo, desde la superficie hasta los 30 km aproximadamente.

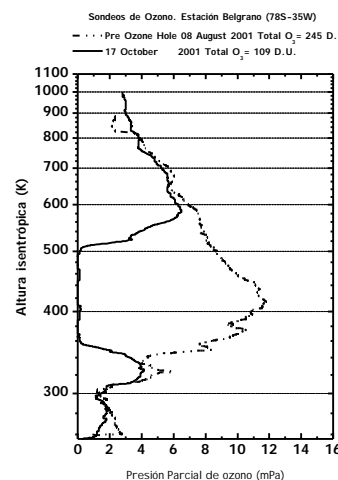


Figura 1 – Distribución vertical de ozono en Belgrano. (Vertical ozone distribution at Belgrano.)

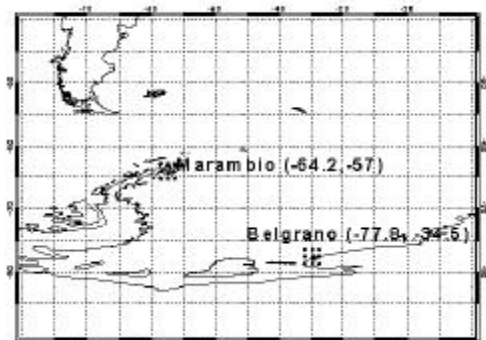


Figura 2 – Localización geográfica de las estaciones. (Geographic location of two stations.)

La figura 1 muestra dos perfiles verticales de ozono realizados en 2001 en la estación de Belgrano. La línea negra discontinua corresponde al sondeo de 08 de Agosto, antes de que se produjera la destrucción de ozono. Si comparamos esta distribución con la obtenida el 17 de Octubre, línea continua, observamos que la destrucción se produce entre los 350 y 500 K, razón por la cual nos hemos centrado en este rango de alturas para realizar el trabajo.

La figura 2 muestra el grid de datos de ECMWF sobre las dos estaciones de sondeos que se van a utilizar, Belgrano y Marambio.

En Belgrano, el INTA en colaboración con la DNA realiza sondeos de ozono desde marzo de 1999 cada 2 semanas durante todo el año y cada semana durante el periodo de destrucción de ozono. En Marambio, el Instituto Meteorológico Finalandés realizan sondeos desde 1988 con la misma periodicidad.

### 3. METODOLOGÍA Y CRITERIOS

Se han obtenido los campos de temperatura de la base de datos de NILU entre los niveles isentrópicos 350-650K, cada 25 K, para los días de los que se dispone de sondeos, en cada una de las dos estaciones. Posteriormente se calculó la temperatura potencial en cada punto del sondeo para identificar los niveles a comparar, considerando solo los casos en los que la diferencia entre ambos sea menor que 1 K. Para cada nivel se ha calculado la diferencia entre la  $T_{ECMWF} - T_{sondeo}$ . No se han tenido en cuenta datos cuando la diferencia de temperatura en valor absoluto entre el nivel de estudio y el nivel del sondeo es mayor 10 °C. Se ha realizado un análisis estadístico de las diferencias en función de la altura para cada uno de los años. Finalmente, se ha estudiado si existe una dependencia con la temperatura en las diferencias en varios niveles isentrópicos.

### 4. RESULTADOS

Para conocer como se ajustan los datos del modelo a las observaciones, se han calculado los valores medios de las diferencias en función de la altura en las dos estaciones independientemente para cada uno de los años. Este estudio nos permite conocer como los ajustes del modelo evolucionan en función de los cambios que se han hecho en el mismo en esta última década.

La figura 2 muestran el análisis estadístico de las diferencias en función de la altura para cada uno de los años analizados en la estación de Belgrano.

Se observa en los tres años, que en los niveles más altos, por encima de 525 K, las diferencias son negativas, mientras que en los niveles inferiores, las diferencias medias no muestran el mismo comportamientos. Es de suponer que las diferencias entre 1999 y los otros dos años se deban al cambios que se introdujeron en el modelo a partir de octubre de 1999.

Entre los 425 y 500 K las diferencias son positivas, es decir que las temperaturas que predice el Centro Europeo son más altas que las observadas, este hecho podría tener consecuencias importantes en la predicción de probabilidad de formación de PSCs, si están

El mismo cálculo se ha realizado con los datos de la estación de Marambio, en este caso los propios datos obtenidos de los ozonosondeos son utilizados en el análisis del ECMWF para la obtención de los campos de temperatura, por lo que cabe esperar que los ajustes sean mejores. La figura 4 muestra los resultados obtenidos para el periodo 1998-2000 en la estación de Marambio.

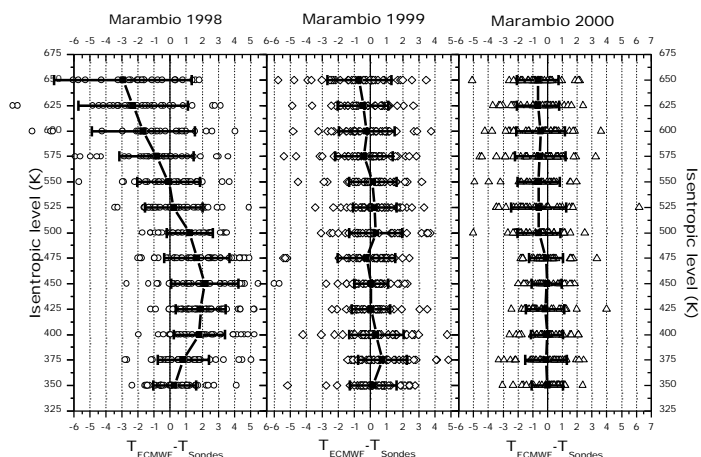


Figura 4 – Análisis estadístico de las diferencias de temperatura en altura en Marambio. (Statistical temperature differences at Marambio.)

Por encima de 600 K, las medias son negativas y las desviaciones estándar son muy grandes. Este hecho se debe a la escasez de datos de radiosondeos de los que dispone el centro Europeo a niveles altos. Se pone de manifiesto que los cambios producidos en el modelo en los últimos años han reflejado una disminución tanto de los valores medios como de las desviaciones estándar. Si se comparan los resultados por años entre las dos estaciones, se observa que el ajuste es ligeramente mejor en la estación de Marambio como era de esperar.

Conocida ya como son las diferencias medias en función de la altura, se calcularán como son esas diferencias cuando las temperaturas reales están por debajo del umbral de temperatura de formación de PSCs. Se han elegido 4 niveles isentrópicos 350, 400, 450 y 500 K como niveles representativos para el estudio.

La tabla 1 muestra los resultados de los cálculos en la estación de Belgrano

Tabla 1 – Diferencias de temperatura en Belgrano (Temperature differences at Belgrano)

Nivel		1999	2000	2001
350 K	$T > -78\text{ °C}$	-0.5?4.3	0.4?1.9	0.7?1.8
	$T < -78\text{ °C}$	1.4?3.3	-0.4?0.9	0.5?1.1
400 K	$T > -78\text{ °C}$	-0.2?2.6	-0.2?1.8	1.2?2.0
	$T < -78\text{ °C}$	-1.1?2.7	-1.0?1.1	-0.1?1.1
450 K	$T > -78\text{ °C}$	0.5?0.9	-0.1?1.9	0.6?2.4
	$T < -78\text{ °C}$	-0.9?1.2	1.1?0.2	0.7?1.8
500 K	$T > -78\text{ °C}$	0.4?1.6	0.1?1.4	1.2?2.2
	$T < -78\text{ °C}$	0.7?1.7	-1.2?1.4	-0.1?1.0

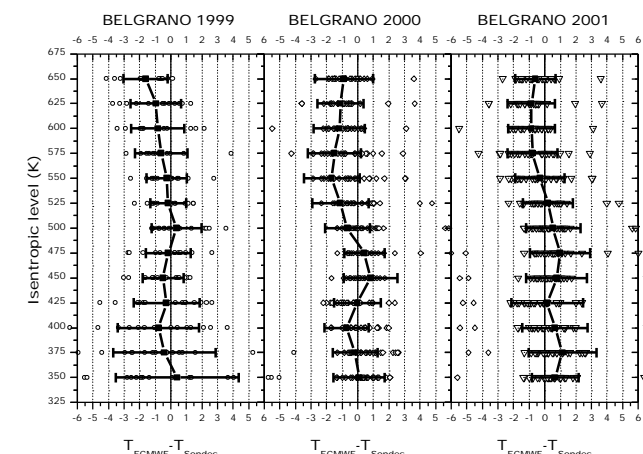


Figura 3 – Análisis estadístico de las diferencias de temperatura en altura en Belgrano. (Statistical temperature differences at Belgrano.)

diferencias están asociadas a temperaturas inferiores al umbral de formación de PSCs. En la siguiente sección se estudiara la influencia de la temperatura en las diferencias observadas.

De los tres años analizados en esta estación, nos interesa centrarnos en los dos últimos que reflejan el comportamiento actual del modelo. El comportamiento no es el mismo en todos los niveles, en 400 y 500 K las diferencias medias son  $-0.6?1.1$  y  $-0.7?1.3$  respectivamente, es decir que las temperaturas que proporciona el

ECMWF son más bajas que las observadas. En el nivel de 450 K las diferencias medias observadas en los dos últimos años son 1.2?1.0.

La tabla 2 muestra los resultados de los cálculos en la estación de Marambio.

**Tabla 2 – Diferencias de temperatura en Marambio**  
(*Temperature differences at Marambio*)

Nivel		1998	1999	2000
350 K	T>-78 °C	0.2±1.3	0.2?1.5	0.0?1.0
	T<-78 °C	-	0.1?0.9	-0.3?1.2
400 K	T>-78 °C	1.6?1.8	0.1?1.7	0.0?1.1
	T<-78 °C	2.9?1.3	0.9?1.4	-0.1?1.1
450 K	T>-78 °C	0.6?1.3	0.1?1.3	0.1?1.4
	T<-78 °C	2.2?1.1	0.5?2.4	0.3?1.9
500 K	T>-78 °C	0.6?1.3	0.2?1.3	-0.3?1.4
	T<-78 °C	2.2?1.1	0.4?2.4	-1.7?0.9

En primer lugar se observa una disminución significativa tanto en las diferencias como en las desviaciones obtenidas en el año 1998 y los dos últimos años. Aunque las diferencias cuando las temperaturas observadas son inferiores a -78° C son ligeramente mayores que en el caso contrario en todos los niveles, éstas son aceptables para los llevar a cabo las aplicaciones descritas anteriormente.

## 5. CONCLUSIONES

Las temperaturas en la baja estratosfera obtenidas por el ECMWF a latitudes altas del hemisferio sur se han comparado con las obtenidas de los ozonosondeos realizados en las estaciones de Belgrano y Marambio. Las temperaturas obtenidas por el ECMWF en el nivel de 450 K (50 hPA) en la estación de Belgrano, cuando las temperaturas reales están por debajo de los -78° C, son 1° C menor que las observadas. En Marambio las diferencias para el mismo nivel son menores, 0.5°C. La mayor parte de las diferencias se producen por estructuras de menor escala que no pueden ser reproducidas por el modelo. A pesar del escaso numero de observaciones que utiliza en ECMWF para el análisis y asimilación de los datos, las diferencias encontradas en estas dos estaciones son aceptables

## 6. REFERENCIAS

- Knudsen, B.M. (1996): "Accuracy of arctic stratospheric temperature analyses and the implications for the prediction of polar stratospheric clouds". *Geophys. Res. Lett.*, **29**, 25, 3747-3750.
- Knudsen, B.M. et al., (1996): "Comparison os analysed stratospheric temperatures and calculated trajectories with lond-duration balloon data", *J. Geophys. Res.* ,**101**, 19137-19145.
- Keil, M. et al., (2001): "The use of long-duration balloon data to determinate the accuracy of stratospheric analyses and forecasts". *J. Geophys. Res.* ,**106**,10, 10299-10312.
- Bowman, K.B., Hoppel K. and Swinbank R. (1998): "Stationary anomalies in stratospheric meteorological data set". *Geophys. Res. Lett.*, **25**, 13, 2429-2432.
- Pawson, S. Et al., (1999): "Intercomparison of two stratospheric analyses: Temperatures relevant to polar stratopheric cloud formation". *J. Geophys. Res.* ,**104**, 2, 2041-2050.
- Knudsen, B.M. et al., (2001): "Comparison of stratospheric air parcel trajectories based on different meteorological analyses". *J. Geophys. Res.* ,**106**, 4, 3415-3424.
- Schulz, A. et al (2000): "Match observations in the Arctic winter 1996/97: High stratospheric ozone loss rates correlate with low temperatures deep inside the polar vortex". *Geophys. Res. Lett.*,**27**, 205-208.
- Solomon, S. (1988): " The Mystery of the Antarctic Ozone Hole". *Rev Geophys.*,**26**, 131-148.