

TEMPERATURAS OBSERVADAS EN LA BAJA ESTRATOSFERA ANTÁRTICA FRENTE A LAS OBTENIDAS POR ANÁLISIS METEOROLÓGICOS Y SU IMPLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA DESTRUCCIÓN DEL OZONO POLAR.

Parrondo, M. C.¹, Yela, M.¹, Gil, M.¹, von der Gathen, P.² y Ochoa, H.³

¹ Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Spain – parrondosc@inta.es

² Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Research Unit Potsdam, Germany

³ Instituto Antártico Argentino, Dirección Nacional de Antártico, Buenos Aires, Argentina

Palabras clave: estratosfera, temperatura, diferencias, observaciones, modelo, Antártida

Keywords: stratosphere, temperature, differences, observations, model, Antarctica

RESUMEN

En este trabajo se presenta una estimación de la precisión de las temperaturas estratosféricas obtenidas por los modelos operacionales del European Centre for Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF) y el National Centers for Environmental Prediction (NCEP) y su implicación en el cálculo de la destrucción química de ozono. Las temperaturas de los radiosondeos realizados en el marco del proyecto financiado por la Comisión Europea QUOBI (Quantitative Understanding of Ozone losses by Bipolar Investigations) durante el invierno antártico 2003, en Belgrano y otras estaciones Antárticas, se han comparado con los datos de ambos modelos. Las diferencias de temperatura entre las radiosondas y el ECMWF son dependientes del nivel de estudio. El análisis estadístico de estas diferencias muestra una estructura bimodal. Este comportamiento no se observa con las temperaturas del NCEP. El área con probabilidad de formación de Nubes Estratosféricas Polares (en inglés PSC), obtenida a partir de las temperaturas del ECMWF, se sobreestima en algunos niveles, y por lo tanto, la superficie en la que tienen lugar reacciones heterogéneas de destrucción de ozono también. Los resultados indican que pequeñas variaciones en la temperatura podrían repercutir de manera significativa en la estimación de la destrucción de la columna total de ozono.

ABSTRACT: LOWER STRATOSPHERIC TEMPERATURE OBSERVATIONS OVER ANTARTICA AGAINST METEOROLOGICAL ANALYSES AND THEIR IMPACT ON POLAR OZONE DEPLETION ASSESSMENT

An estimation of the accuracy of stratospheric temperatures from European Centre for Medium-Range Weather Forecasting (ECMWF) and the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) operational models and their impact on chemical ozone destruction on polar stratospheric clouds (PSC) is presented. Stratospheric temperatures during the winter 2003 from radiosondes launched at Belgrano and other Antarctic stations as support for QUOBI (Quantitative Understanding of Ozone losses by Bipolar Investigations) project have been compared with these models. Differences between observations and ECMWF analysis in the lower stratosphere show systematic biases which are height dependent. The statistical analysis of the differences displays a bimodal structure. This behaviour is not reproduced in the NCEP model. The areas where PSC formation are possible, based on the ECMWF model, are overestimated at some levels and hence resulting in an overestimation of the predicted potential PSC areas. These results evidence that small changes of few degrees in the temperature might have non negligible impact on the computation of the depletion in the integrated ozone column.

INTRODUCCION

La temperatura en la baja estratosfera juega un papel muy importante en los procesos de destrucción química de ozono, sobre todo en las regiones polares y en condiciones favorables de formación de PSCs. Además, los resultados de muchos trabajos de investigación dependen en gran medida de la precisión de los datos de temperatura empleados. Por esta razón, en los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo en conocer la precisión de los datos de temperatura procedentes de los modelos, tales como el ECMWF, (Knudsen, 2003; Gobiet et al., 2005) y el NCEP.

DATOS

Durante el invierno 2003 se realizaron, desde la base de Belgrano y en el marco del proyecto QUOBI, radiosondeos diarios mediante radiosondas Väisälä- RS80 embarcadas en globos TOTEX- TX500. El tiempo de respuesta de la sonda es de 20 s a 10 hPa y menor de 100 m en altura (Väisälä, 1963). Su precisión es de 0.2° C hasta 50 hPa y 0.3° C entre 50 y 15 hPa. Un total de 88 sondeos han contribuido a la comparación hasta el nivel de 500 K, disminuyendo el número de ellos con la altura debido a la rotura del globo en condiciones de oscuridad y bajas temperaturas. Los lanzamientos se realizaron a mediodía local siguiendo las recomendaciones de WMO (World Meteorological Office).

Se han utilizado los datos de temperatura del ECMWF del modelo cy26r1 hasta el 6 de octubre y del cy26r3 en adelante (ECMWF, 2005) a las 12 UTC y han sido obtenidos de NADIR (NILU's Atmospheric Database for Interactive Retrieval) con una resolución de 1.125x1.125. Se han extraído de las radiosondas los datos en los niveles de salida del ECMWF, comparando aquellos datos cuyas diferencias entre ambos sean menores que 0.1 hPa. Se han empleado para la comparación los datos de temperatura del modelo NCEP/NCAR del reanálisis (Kistler et al., 2001). El modelo tiene 28 niveles de presión y una resolución horizontal de 2.5°x2.5°.

Las áreas con probabilidad de formación de PSC-I (NAT) y PSC-II (ICE) se han calculado a partir de los campos de temperatura del ECMWF, estimando los umbrales de temperatura de formación asumiendo concentraciones de 5 ppmv de H₂O y 9-10 ppbv de HNO₃ (Müller et al., 2001).

RESULTADOS

Las diferencias entre las observaciones y los datos del ECMWF en la baja estratosfera (ΔT en lo sucesivo) muestran una desviación sistemática, siendo esta magnitud dependiente del nivel en consideración. Las diferencias máximas se observan en las capas entre los 30-25 hPa, donde las temperaturas alcanzan los valores mínimos (figura 1). Se observa que las diferencias entre ambos datos disminuyen cuando la temperatura aumenta, indicando la existencia de una posible correlación entre ΔT y la temperatura en estos niveles.

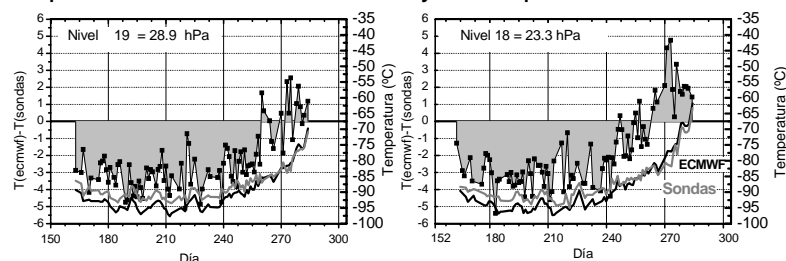


Fig. 1: Evolución de las temperaturas en Belgrano durante el invierno 2003 obtenidas de las radiosondas (gris) y del modelo ECMWF (negro) en los niveles de 28.9 y 23.3 hPa.

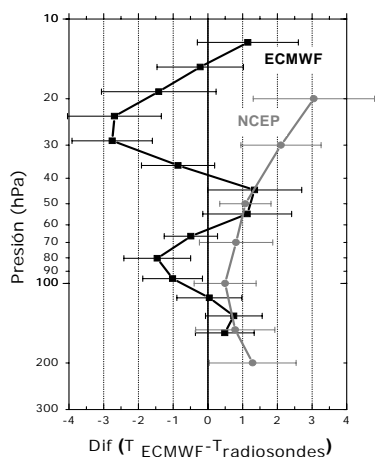


Fig. 2: Diferencias de temperatura ($T_{ECMWF} - T_{sondas}$) en función de la altura.

tenidas para temperaturas de hasta $-80^{\circ}C$. Se ha realizado la calibración de la RS80 a temperaturas de hasta $-105^{\circ}C$ para analizar este posible error. Las pruebas se ha llevado a cabo en las instalaciones del INTA empleando una cámara ambiental SUN system 500 y tomando como sensores de referencia 5 termorresistencias de platino PT100 calibradas por

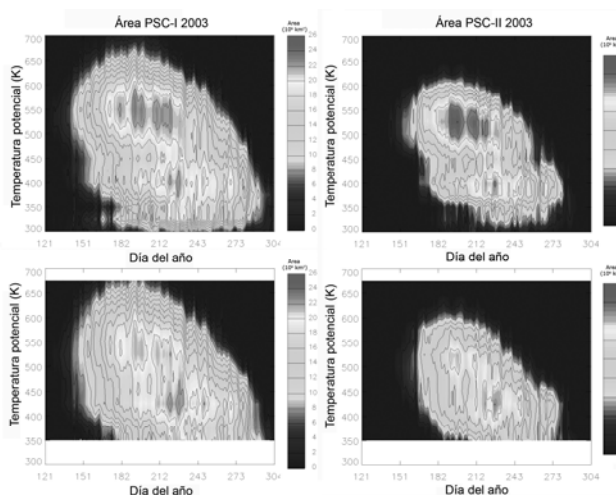


Fig. 3: Panel izquierdo: Área de probabilidad de formación de PSC-I obtenida a partir de los campos de temperatura del ECMWF y la obtenida después de aplicar la corrección de temperaturas (gráfico inferior). Panel derecho: Lo mismo para las PSC-II.

tras la corrección, disminuyen en el nivel de 550 K, mientras que en los niveles inferiores (475 K) aumentan ligeramente, suavizándose la estructura de dos capas. Para el caso de las PSC-II, las diferencias observadas tras la corrección son más significativas sobre todo en los niveles entre 500 y 550 K y casi desaparece la estructura de dos capas. El efecto más importante es el desplazamiento de la altura de mayor probabilidad de formación de PSCs, variando desde el nivel 500-600 K, poco ajustado a los valores esperados, hasta el nivel de 400-450 K, mucho más realista de acuerdo con las alturas donde se observa la destrucción de ozono.

El análisis estadístico de estas diferencias en todos los niveles muestra una estructura bimodal. En las capas centradas a 80 hPa y 30 hPa el ECMWF infravalora las temperaturas, mientras que en la capa intermedia se sobrestiman ligeramente (figura 2). Con objeto de verificar que estos resultados corresponden a un comportamiento general y no a un efecto localizado, se ha realizado la misma comparación con los datos de las otras estaciones antárticas participantes en QUOBI. Los resultados muestran también una estructura bimodal y de la misma magnitud. Sin embargo, este comportamiento no se observa con las temperaturas del NCEP. Este hecho parece indicar que las discrepancias están relacionadas con los cambios realizados en el modelo ECMWF ciclo 26 o anteriores.

Por otra parte se ha estudiado la posibilidad de la existencia de errores en la propia radiosonda cuando las temperaturas son inferiores a $-85^{\circ}C$, dado que sus especificaciones de precisión y exactitud del fabricante son obtenidas para temperaturas de hasta $-80^{\circ}C$. Se ha realizado la calibración de la RS80 a temperaturas de hasta $-105^{\circ}C$ para analizar este posible error. Las pruebas se ha llevado a cabo en las instalaciones del INTA empleando una cámara ambiental SUN system 500 y tomando como sensores de referencia 5 termorresistencias de platino PT100 calibradas por el CEM (Centro Español de Metrología) para tal fin. Las diferencias registradas entre la radiosonda y los sensores de control fueron sólo de 0.5° a $-100^{\circ}C$, insuficientes para explicar las diferencias de $3^{\circ}C$ observadas entre las sondas y el ECMWF.

Con el fin de evaluar las consecuencias de estas diferencias en la estimación de la posible destrucción de ozono se ha calculado el área de probabilidad de formación de PSC-I y PSC-II a partir de los campos de temperatura del ECMWF entre los niveles 300 y 700 K (figura 3). Se observa la existencia de dos capas con mayor área de PSC, mejor definidas en el caso de las PSC-II, y centradas en 550 y 400 K. Posteriormente se ha realizado el mismo cálculo tras aplicar un factor de corrección a los campos de temperatura para cada nivel, obtenido éste del análisis estadístico de las diferencias (paneles inferiores en la figura 3).

Las áreas de posible formación de PSC-I

En concreto, en el nivel de 525 K las diferencias entre las áreas corregidas y sin corregir para todo el periodo representan el 8% para el caso de las PSC-I y del 29 % para las PSC-II (figura 4).

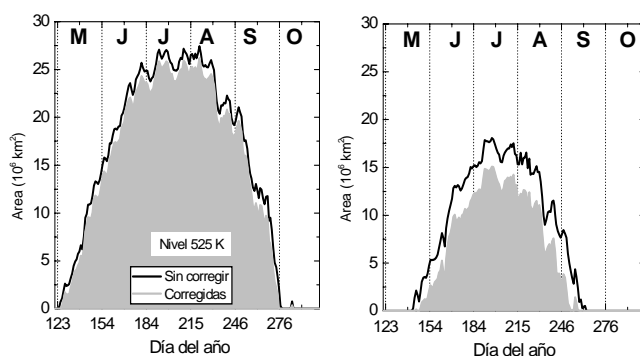


Fig. 4: Áreas de probabilidad de formación de PSC-I (izquierda) y PSC-II (derecha) en el nivel de 525 K obtenidas a partir de los campos de temperatura del ECMWF sin corregir (negro) y corregidas (gris).

CONCLUSIONES

Las diferencias negativas observadas entre el ECMWF y las radiosondas RS80 durante el invierno 2002-03 en el hemisferio sur, han sido observadas también en el hemisferio norte (Knudsen, 2003). Los mismos resultados se han encontrado empleando las nuevas y más precisas radiosondas RS90, lanzadas ocasionalmente desde distintas estaciones europeas y en estaciones de Groenlandia. A pesar de no existir una explicación definitiva a este hecho, se especula que la causa sea la asimilación de datos de satélite de baja resolución vertical en el modelo. Más recientemente, Gobiet et al., (2005) también han encontrado en las diferencias sobre las regiones antárticas una estructura ondulatoria vertical en los meses de invierno. Estos autores sugieren que estas diferencias tienen su origen en la asimilación de los datos del satélite AMSU-A (Advanced Microwave Sounding Unit-A) en el modelo.

Los resultados mostrados indican que los modelos climáticos que emplean los datos de temperatura del ECMWF, la precisión de las estimaciones de destrucción de ozono que proporcionan podrían estar afectadas por estas diferencias encontradas, dada la fuerte relación encontrada entre la cantidad de ozono destruido en el interior del vórtice y el volumen de posibilidad de formación de PSCs (Rex et al., 2004).

BIBLIOGRAFIA

- ECMWF, 2005. www.ecmwf.int/product/data/operationaSystem/evolution.
- Gobiet, A., et al., 2005. Climatological validation of stratospheric temperatures in ECMWF operational analyses with CHAMP radio occultation data. *Geophys. Res. Lett.*, 32, L12806, doi:10.1029/2005GRL0202617.
- Kistler, R., et al., 2001. The NCEP-NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82, 247-268.
- Knudsen, B. M., 2003. On the accuracy of analysed low temperatures in the stratosphere, *Atmos. Chem. Phys.*, 3, 1759-1768.
- Müller, M., R. et al., 2001. Non-uniform PSC occurrence within the Arctic polar vortex, *Geophys. Res. Lett.*, 28, 4175-7178.
- Rex, M., et al., 2004. Arctic ozone loss and climate change, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L04116, doi: 10.1029/2003GL018844.
- Väisälä, V., 1963. Thermometer lag coefficient and radiation error, *Vaisala News*, 19.