

LAS COMPARACIONES DE ESPECTROFOTÓMETROS DOBSON QUE PATROCINA LA OMM MEJORAN LA CALIDAD DE LOS DATOS DEL OZONO

Por Reid E. BASHER¹ y Rumen D. BOJKOV

Durante los últimos 40 años, la única fuente de información ininterrumpida sobre las variaciones diarias y anuales del ozono total han sido los espectrofotómetros de ozono Dobson, que son el eje del Sistema Mundial de Observación del Ozono de la OMM (SMO₀₃). La disminución del ozono estratosférico observada desde los años 70 requiere un examen crítico de las series temporales del ozono disponibles, para aconsejar a los gobiernos sobre la preparación de valoraciones científicas periódicas del estado de la capa de ozono (véase el *Boletín de la OMM* 44 (1)) y para revisar el Protocolo de Montreal sobre las sustancias que destruyen el ozono. El Consejo Ejecutivo de la OMM ha dicho en numerosas ocasiones (véanse los informes finales abreviados de: CE-XL (párrafo 5.4.4); CE-XLI (párrafo 5.4.9); CE-XLIII (párrafo 5.4.11); CE-XLIV (párrafo 5.2.2)) que la OMM debería prestar más atención a elaborar series largas del ozono con garantía de gran calidad y ha pedido a los Miembros que tienen estaciones de ozono que continúen las calibraciones sistemáticas y que reevalúen, retrospectivamente, los registros disponibles de ozono. El Secretario General promovió activamente medidas para apoyar y estimular estas recomendaciones; y a la Secretaría se le encomendó el papel principal.

A petición de la comunidad científica y de sus órganos rectores, la OMM ha acordado que se calibren casi todos los instrumentos Dobson en un observatorio principal, bien mediante el desplazamiento de lámparas patrones o mediante la participación en comparaciones. Se espera que el Informe de la OMM N° 19 sobre el Ozono (Basher, 1994), publicado recientemente, proporcione mayor confianza en la calidad de los datos históricos del ozono obtenidos mediante los espectrofotómetros Dobson. Este examen sistemático de las comparaciones de los espectrofotómetros Dobson, que patrocina la OMM y que constituye el centro del proceso por el que los instrumentos Dobson se calibran, muestra que las comparaciones han llevado a una

mejora continua de la seguridad de los instrumentos operativos.

El fin de una comparación es establecer una calibración que vincule el Espectrofotómetro Patrón Primario Mundial, Dobson N° 83, con los espectrofotómetros patrones nacionales y regionales. Aun cuando, en principio, es posible calibrar un instrumento Dobson independientemente, esto sólo se puede hacer correctamente en un lugar en el que el cielo esté despejado y el ozono sea estable, como por ejemplo en un lugar tropical de montaña. El Dobson N° 83 se calibró en la estación de la VAM de Mauna Loa (Hawaii) a 3 397 m de altitud. Las comparaciones permiten que los instrumentos operativos Dobson alcancen una precisión continua de casi el 1 por ciento. Sin ellas, la incertidumbre de cada instrumento Dobson sería del 3 al 5 por ciento (o más, en casos extraordinarios).

La calidad de las comparaciones es fundamental para mantener la calidad de la red de superficie del SMO₀₃ y, por lo tanto, en los esfuerzos para estimar las variaciones y las tendencias multidecadenales del ozono debidas a los contaminantes halocarbonados de la estratosfera. Aun ahora, en la era de las observaciones por satélite, la red internacional, coordinada por la OMM, de unos 100 espectrofotómetros Dobson que operan con regularidad, proporciona una base importante para estos y otros métodos de vigilancia a distancia.

En 1988, el Grupo Internacional de Expertos OMM/NASA en las Tendencias del Ozono utilizó provisionalmente, por primera vez, los datos Dobson reevaluados que preparó Bojkov en 1987 y, teniendo en cuenta las ventajas de una mejor calidad, recomendó (OMM, 1988) que se reevaluasen completamente los registros históricos del ozono a fin de proporcionar una base mejor para detectar las tendencias del ozono. Muchos países iniciaron una reevaluación detallada de sus datos de ozono basándose en las calibraciones y en otras informaciones suplementarias. Con este fin, la Comisión

¹ Instituto Nacional de Investigación Atmosférica e Hídrica, P.O. Box 3047, Wellington, Nueva Zelanda

² Asesor especial del Secretario General de la OMM en temas del ozono y del medio ambiente mundial

Internacional del Ozono propuso, y la Administración Nacional del Océano y la Atmósfera de los EE.UU. (NOAA) en colaboración con la OMM inició, una serie de tres cursillos prácticos para determinar, y alcanzar un consenso, sobre las técnicas más adecuadas para la reevaluación de los datos. Estos trabajos culminaron en el Informe de la OMM N° 29 sobre el Ozono (*Manual para la reevaluación de los datos Dobson del ozono*), que proporciona una guía detallada sobre cómo realizar la reevaluación de los datos, usando los datos de la comparación, la evidencia interna de la serie de datos y las relaciones con datos auxiliares (por ejemplo, las temperaturas estratosféricas). El Consejo Ejecutivo de la OMM (véase el resumen del informe final del CE-XLIV, párrafo 5.2.2) ha apoyado este trabajo y todos los países y operadores de espectrofotómetros Dobson se han animado a estudiar este manual y a aplicar las técnicas adecuadamente.

En los últimos 20 años, la OMM ha organizado, conjuntamente con la Comisión Internacional del Ozono, y ha patrocinado 10 comparaciones internacionales principales. Cada comparación reunió de cinco a 20 instrumentos, incluyendo el Espectrofotómetro Dobson Patrón Primario Mundial o un Espectrofotómetro Dobson Secundario Regional, durante un período de dos a tres semanas en verano en un lugar con cielos relativamente despejados. (La comparación más reciente tuvo lugar en el Observatorio de la VAM de Izaña, Islas Canarias (junio de 1994) y se describió en el *Boletín de la OMM* 44 (1) 78-79)).

El Informe del Ozono N° 19 resume las 10 comparaciones principales de modo sistemático. El propósito es hacer que los resultados sean más accesibles y, por lo tanto, contribuir a los trabajos actuales para reevaluar y mejorar la calidad de los datos históricos. Un problema importante en varias de las primeras comparaciones fue la falta de documentación adecuada tanto de los procedimientos utilizados como de los resultados obtenidos: en dos de los casos los informes finales aparecieron un decenio más tarde. Realmente, fue en parte por esta razón por la que los autores iniciaron este estudio como parte del proyecto de la OMM de Reevaluación de los Registros del Ozono Total (RETOR), patrocinado parcialmente por la Asociación de Industrias Químicas.

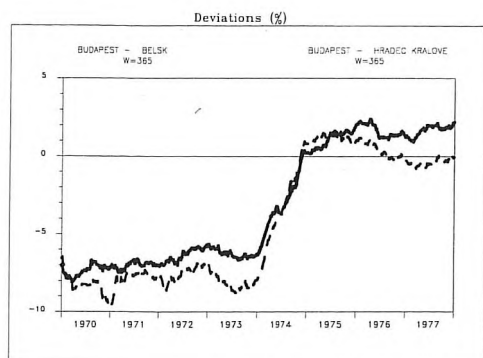
Para poner en antecedentes: el informe proporciona una introducción minuciosa a los diversos temas históricos y científicos relacionados con las comparaciones y con la calibración de los instrumentos Dobson en general. En la parte principal del informe se exponen cada comparación y cada instrumento con un formato normalizado. Una sección final resume los resultados y ofrece recomendacio-

nes sobre las maneras de aumentar la eficacia de las comparaciones.

Una conclusión agradable del estudio es que la calidad de la calibración de los instrumentos Dobson y de sus datos ha ido aumentando constantemente durante los 20 años en cuestión. Creemos que, en gran parte, éste es un resultado de las propias comparaciones. Los resultados muestran que, a principios de los años 70, eran típicos los errores del 1 al 3 por ciento, mientras que hoy en día son más comunes los errores de décimas del 1 por ciento. La organización sistemática de las comparaciones se ha ido desarrollando progresivamente, en gran parte bajo la dirección técnica de la Comisión Internacional del Ozono, apoyada por el personal del Laboratorio Central Mundial de Espectrofotómetros Dobson de los EE.UU. (NOAA, Boulder, Colorado) y con la participación de expertos de destacados observatorios del ozono, tales como Arosa en Suiza, Hohenpeissenberg y Potsdam en Alemania y Hradec Kralove en la República Checa.

En las comparaciones, además del trabajo de campo, se realizan rutinariamente calibraciones y pruebas electrónicas y ópticas en el laboratorio, suavizado y reajuste del instrumento. Las comparaciones proporcionan también un foro excelente para que quienes manejan y mantienen los instrumentos compartan experiencias y para que los países menos desarrollados refuercen las capacidades técnicas de sus participantes. La figura de la página siguiente es un ejemplo de los resultados de las comparaciones; en ella se presentan las diferencias de un período largo entre tres estaciones de la misma región: Budapest y Belsk, y Budapest y Hradec Kralove. La calibración del instrumento de Budapest no estuvo disponible con anterioridad a la comparación de 1974. Gracias a las medidas correctivas tomadas entonces, los registros posteriores del ozono en Budapest no contienen ninguna diferencia importante con los de las otras dos estaciones.

En el informe se hacen diversas recomendaciones. Una es la propuesta de que, para reducir la vulnerabilidad del patrón primario del ozono total, se deberían tomar medidas para basarse al menos en tres instrumentos Dobson, en lugar de sólo en el Dobson N° 83 como en la actualidad, lo que está de acuerdo con la recomendación del CE-XL (párrafo 5.4.4). Otra recomendación es que se normalicen, describan y publiquen formalmente como un Informe del Ozono de la OMM los procedimientos administrativos y técnicos de las comparaciones, incluyendo la documentación de los resultados, que en la actualidad están establecidos con rigor.



Resultados de las comparaciones entre tres estaciones de la misma región (Budapest, Belsk y Hradec Kralove) desde 1969 hasta 1978

De especial interés es la recomendación novedosa de que se apliquen a las comparaciones los métodos industriales de control de calidad que se establecen en la serie de normas de calidad ISO 9000 de la Organización Internacional de Normalización. Estas normas definen las reglas generales del control de calidad y no las reglas técnicas concretas que una organización haya elegido aplicar. Las normas indican los requisitos políticos, de gestión, de documentación, de procesos de trabajo y calibración, etc., a aplicar en situaciones en las que "un contrato entre dos partes requiere que un suministrador demuestre que posee la capacidad para controlar los procesos que determinan la calidad del producto o del servicio".

El motivo real de esta recomendación es que, ya que los datos del ozono se recopilan operativamente y se usan por los gobiernos para tomar decisiones en importantes estrategias políticas y económicas, la metodología usada para garantizar que la calidad de los datos es aceptable debería ser por sí

misma una norma aceptada internacionalmente. Esto significa que necesitamos tener definido el tipo de sistemas de calidad necesarios para demostrar que los procesos de recopilación de los datos están "bajo control".

Finalmente, el nuevo informe indica las valiosas contribuciones de los países anfitriones y de los científicos del ozono de muchos países para asegurar el éxito de las comparaciones internacionales. Especialmente reconoce la experiencia proporcionada por el Laboratorio Central para la Calibración de los Espectrofotómetros Dobson (gestionado por la NOAA) y hace hincapié en la importancia de seguir apoyando este laboratorio en bien de los datos del SMO_3 . Se espera que la información de este Informe del Ozono animará y ayudará, en el futuro, a reevaluar los registros del ozono y que de esta manera sea una contribución esencial al propósito de garantizar la alta calidad de los datos del ozono como solicitaron los órganos de gobierno de la OMM.

Referencias

- BASHER, R. E., 1995: *Survey of WMO-Sponsored Dobson Spectrophotometer Intercomparisons*. Global Ozone and Research Monitoring Project Report, 19, World Meteorological Organization, Geneva, 1994, 54 pp.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1993: *Handbook for Dobson Ozone Data Re-evaluation*, by R.D. BOJKOV, W. D. KOMHYR, A. LAPWORTH AND K. VANIČEK. Global Ozone and Research Monitoring Project Report, 29, Geneva, 125 pp.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1988: *Report of the International Ozone Trends Panel*. Global Ozone and Research Monitoring Project Report, 18, Vols. 1 and 2, Geneva.

EL SISTEMA CLIMÁTICO MUNDIAL EN 1994

Aumentan de nuevo la temperaturas mundiales en superficie

En 1994, la anomalía calculada de la temperatura media mundial (desviación respecto a la normal del período 1951-1980) para la superficie terrestre y zonas marítimas fue de $+0,31^\circ\text{C} \pm 0,03^\circ\text{C}$. La incertidumbre de este cálculo proviene fundamentalmente de la escasez de datos, especialmente en los océanos del hemisferio sur y en algunas zonas

de los trópicos, y a la falta de datos de la Antártida. En consecuencia, las distintas técnicas de análisis producen anomalías medias mundiales recientes que difieren en varias centésimas de grado. Todas las estimaciones para 1994 se basan principalmente en los datos de temperatura del aire en superficie de unas 1 400 estaciones, la mayoría de ellos difundida mediante los boletines mensuales CLIMAT de la OMM, y en las temperaturas de la superficie