

El Observatorio de Izaña elegido Centro de calibración de ozono

Situación de



La enorme importancia del problema de la destrucción de la capa de ozono ha supuesto la constitución de una red mundial de medida del ozono total en columna. El ozono total se mide hoy día desde tierra, fundamentalmente, con los espectrofotómetros Dobson y Brewer. El Observatorio de Izaña, en Tenerife, dependiente del Instituto Nacional de Meteorología, ha sido elegido Centro de calibración de ozono para espectrofotómetros Brewer para Europa.

*Textos: Alberto Redondas
y Emilio Cuevas.*

para espectrofotómetros Brewer de la Región VI (Europa)

privilegio



El Observatorio de Izaña tiene una posición privilegiada por su emplazamiento.

El ozono es un gas que se encuentra de forma natural en la atmósfera. Su concentración varía con la altura y alcanza su máximo en la estratosfera, entre 18 y 30 km. de la superficie terrestre, donde se concentra alrededor del 90 por ciento del mismo. Este gas actúa como escudo protector frente a la radiación ultravioleta (UV) procedente del sol. Dentro de la radiación UV, la parte más energética y letal para los seres vivos (UV-C) es filtrada totalmente en la mesosfera y estratosfera, mientras que las radiaciones menos energéticas (UV-B y UV-A) son sólo parcialmente absorbidas en la estratosfera. Dosis altas de estas radiaciones ultravioletas pueden perjudicar la salud de las personas, reducir el ritmo de crecimiento de las plantas, alterar el equilibrio de los ecosistemas, acelerar la degradación de los plásticos y aumentar los riesgos de enfermedades al dañar la eficacia del sistema inmunológico.

Está completamente probado que los compuestos de cloro y bromo que se liberan en la atmósfera llegan a la capa de ozono y ejercen una destrucción muy importante en ella. Las observaciones demuestran que esos compuestos son responsables del agujero en la capa de ozono sobre la Antártida y también desempeñan una función sustancial en el deterioro de la capa de ozono en latitudes medias. Las fuentes de cloro en la estratosfera se conocen bien. La mayor parte del cloro que se libera en la estratosfera es producido por el hombre, y adopta la forma de diversos clorofluorocarbonos, sobre todo CFC-11, CFC-12 y CFC-113. Estos compuestos eran hasta hace poco masivamente utilizados en refrigeradores, sistemas de aire acondicionado, atomizadores de aerosoles, espumas aislantes y de muebles, y en equipos de lucha contra incendios, entre otras aplicaciones. El cloruro de metilo es la única fuente natural importante de



*El ozono es un gas que se encuentra de forma natural en la atmósfera.
Foto: Vicente González.*

cloro en la estratosfera y representa del 15% al 20% de éste.

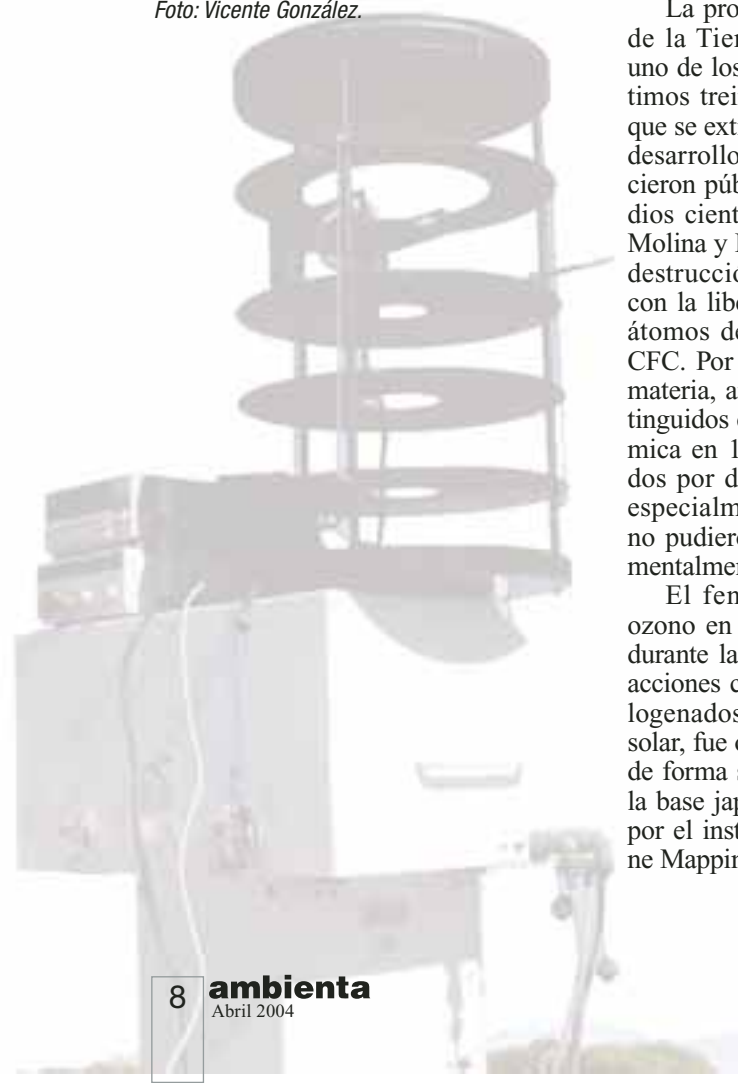
La protección de la capa de ozono de la Tierra se ha presentado como uno de los mayores desafíos de los últimos treinta años, y es un problema que se extiende al medio ambiente y al desarrollo sostenible. En 1974 se hicieron públicos los resultados de estudios científicos llevados a cabo por Molina y Rowland que relacionaban la destrucción del ozono estratosférico con la liberación en la estratosfera de átomos de cloro provenientes de los CFC. Por sus investigaciones sobre la materia, ambos científicos fueron distinguidos con el premio Nóbel de Química en 1995. Los resultados obtenidos por dichos investigadores fueron especialmente meritorios por cuanto no pudieron ser comprobados experimentalmente hasta 1984.

El fenómeno de destrucción de ozono en el interior del vórtice polar durante la primavera antártica, por reacciones catalíticas de compuestos halogenados en presencia de radiación solar, fue observado por primera vez, y de forma simultánea, por Chubachi en la base japonesa de Syowa en 1982, y por el instrumento TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) de la Natio-

nal Aeronautics and Space Administration (NASA) a bordo del satélite NIMBUS-7, aunque los datos del TOMS pasarían desapercibidos durante algún tiempo debido a que los controles de calidad de datos de la NASA no prevenían valores tan bajos de ozono.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL

La cooperación internacional ha sido la clave para proteger la capa de ozono estratosférico. Los países acordaron en principio abordar este problema mundial antes de que sus efectos se pusieran de manifiesto o que su existencia estuviera científicamente probada, lo que constituyó probablemente el primer ejemplo de aceptación del enfoque basado en el principio de precaución. La acción internacional comenzó seriamente en 1975, cuando el Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) convocó una reunión para coordinar las actividades de protección de la capa de ozono. Al año siguiente se estableció un comité coordinador sobre la capa de ozono cuya finalidad fue la de realizar un análisis científico anual. En 1985 se firmó el Convenio de Viena para la protección



de la capa de ozono. En él se alienta la cooperación internacional en materia de investigación científica, observación sistemática de la capa de ozono, la vigilancia de la producción de sustancias que dañan la misma, y el intercambio de información.

En septiembre de 1987, 46 países adoptaron el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. En diciembre de 2001, 182 países habían ratificado el Convenio de Viena y 181 el Protocolo de Montreal.

El deterioro de la capa de ozono de la Tierra ha alcanzado últimamente niveles récord, especialmente en la región antártica, y más recientemente también en el Ártico. En septiembre de 2000, según la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la NASA, el agujero de ozono en la Antártida cubría más de 28 millones de kilómetros cuadrados. En 2002, condiciones anormalmente cálidas produjeron el agujero de menor tamaño desde 1988. Sin embargo, en 2003 el tamaño y la intensidad del agujero de ozono fueron similares a los registrados en 2000 aunque su duración fue menor, y con la particularidad de que se partió en dos sin que las causas aún se conozcan por completo.

El promedio de pérdidas de ozono en la actualidad es del 6% en las latitudes medias del Hemisferio Norte durante el invierno y la primavera, del 5% en latitudes medias del Hemisferio Sur durante todo el año, del 50% durante la primavera antártica y del 15% durante el invierno y la primavera ártica. Estas pérdidas dan como resultado un aumento de radiaciones nocivas UV-B del 7%, 6%, 130% y 22% respectivamente.

Gracias a los esfuerzos continuos de la comunidad internacional, el consumo mundial de sustancias que dañan la capa de ozono ha disminuido notablemente, y por ello existía, hasta hace muy poco, el convencimiento generalizado entre la comunidad científica internacional de que la capa de ozono comenzaría a recuperarse en una o dos décadas, retornando a los niveles anteriores a 1980 hacia mediados del siglo XXI, si todos los países se adhirieran a las medidas de control contempladas en el Protocolo de Montreal.

Las más recientes investigaciones indican una mejoría, aunque sólo en la

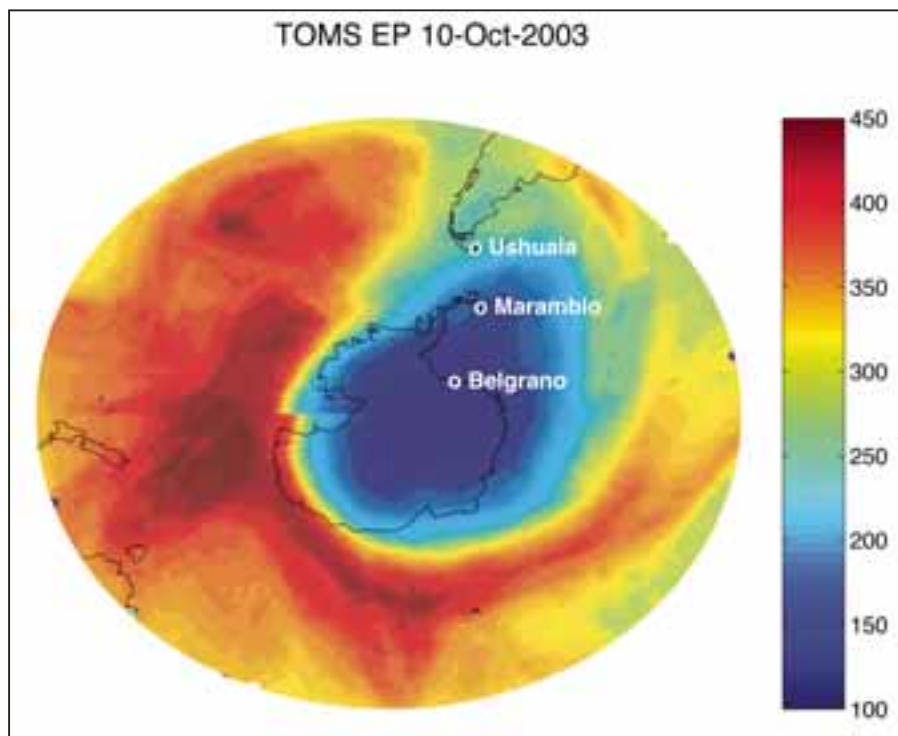
estratosfera superior (por encima del máximo de la capa de ozono, entre 35 y 45 km de altitud). Un informe de la Unión Geofísica Estadounidense (AGU, por sus siglas en inglés) muestra que el deterioro en la estratosfera superior ha mantenido un ritmo retardado desde 1997. Los propios autores del estudio recomendaron, sin embargo, tomar con cautela estos resultados, ya que en la región en la que han observado una desaceleración en el ritmo de destrucción de ozono, la estratosfera superior, se concentra un bajo porcentaje del ozono total.

OZONO Y CAMBIO CLIMÁTICO

Sin embargo la atmósfera no deja de darnos sorpresas. Investigaciones muy recientes han demostrado una importante interacción entre la destrucción del ozono y lo que, de forma amplia, se denomina como cambio climático. En definitiva parece confirmado que el ozono influye sobre el cambio climático y que éste lo hace sobre los procesos de destrucción de ozono.

El impacto del ozono sobre el clima consiste fundamentalmente en cambios en la temperatura. Cuanto más ozono haya en un volumen de aire, más calor es retenido por éste. Consecuentemente una reducción de ozono en la estratosfera significa un enfria-

La disminución de ozono sobre la Antártida, descubierta en 1984, sigue teniendo lugar en cada primavera antártica. En la figura se observa el ozono medido por el TOMS el 10 de octubre de 2003. España, a través del INM y el INTA, vigila de forma permanente el agujero de ozono desde las bases de Ushuaia, Marambio y Belgrano.



miento de la misma. Las observaciones demuestran que en las últimas décadas la estratosfera media y alta (entre 30 km. y 50 km.) se ha enfriado entre 1° C y 6° C dependiendo de la latitud. El enfriamiento estratosférico se ha producido simultáneamente con un calentamiento en la troposfera (entre la superficie y unos 12 km. de altura). Ambos fenómenos parecen estar relacionados íntimamente. El incremento del efecto invernadero en la troposfera puede estar contribuyendo al enfriamiento en la estratosfera ya que el aumento en la concentración de gases de efecto invernadero en la troposfera estaría provocando una mayor retención del calor en esta región, que en otras circunstancias estaría aumentando la temperatura de la estratosfera.

Pero ¿qué consecuencias tiene un enfriamiento de la estratosfera? Cuando las temperaturas bajan de -76° C se forman nubes muy finas de hielo, ácido nítrico y sulfúrico (nubes estratosféricas polares; PSC son sus siglas en inglés), que mediante complejas reacciones químicas, liberan formas activas de CFC que destruyen ozono. Lógicamente si la estratosfera se está enfriando crecen las probabilidades de formación de estas nubes que destruyen el ozono.

El resultado de todo ello es que la fecha estimada hasta hace muy poco

para la recuperación del ozono en hacia 2050, podría retrasarse unas décadas. Algunos científicos la sitúan incluso a finales del siglo XXI.

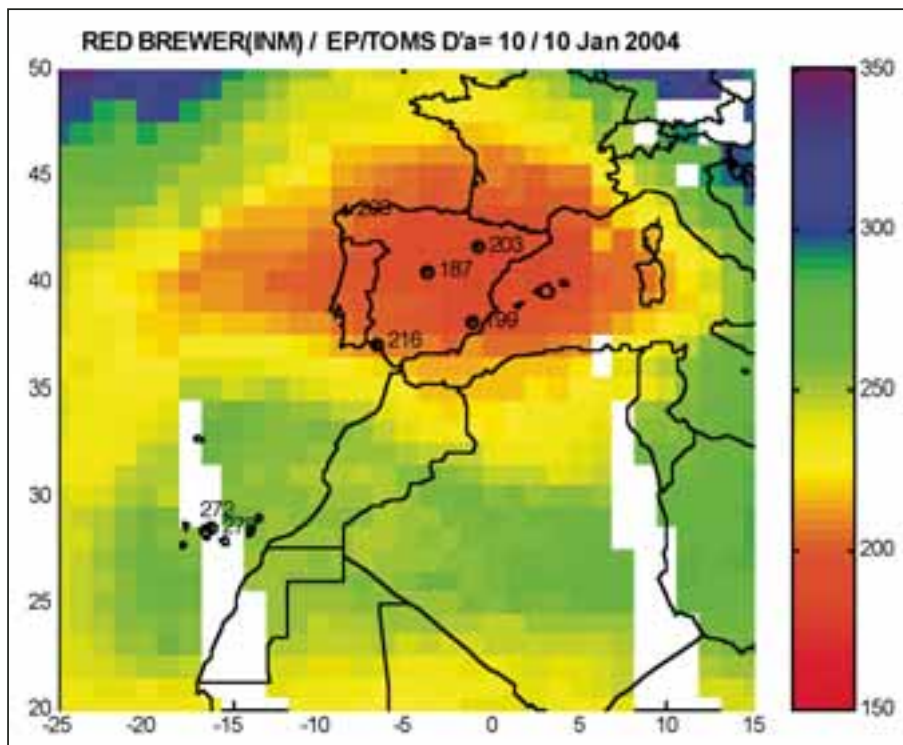
Los procesos atmosféricos "anómalos" se han incrementando de forma notable en los últimos cinco años. Como ejemplo, resulta muy interesante mencionar que la red de espectrofotómetros Brewer del Instituto Nacional de Meteorología (INM, Ministerio de Medio Ambiente) y los instrumentos del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA, Ministerio de Defensa) acaban de registrar un episodio inédito en enero de este año, con valores muy bajos de ozono durante quince días consecutivos, llegándose a detectar la presencia de un "mini-agujero de ozono", durante los días 9 y 10 de enero de 2004, sobre la Península Ibérica (Figura 2) con valores sobre Madrid de 187 Unidades Dobson (UD) -valores inferiores a 220 UD son considerados como de situación propia de "agujero de ozono" en la Antártida-. Las temperaturas registradas en la baja estratosfera sobre Madrid llegaron a ser de -76° C. (el 10 de enero), inhabituales en para esta latitud.

RED MUNDIAL DE MEDIDA

¿Qué significan todos estos resultados inesperados? Sencillamente que el problema de la destrucción de la capa de ozono no es un asunto resuelto, ni mucho menos. Que existen interacciones importantes entre este fenómeno y otros (intensificación del efecto invernadero en la troposfera), y que por ello se necesita más investigación, y disponer de un sistema de observación extenso y fiable que permita seguir vigilando la capa de ozono en las próximas décadas.

La enorme importancia del problema de la destrucción de la capa de ozono ha supuesto la constitución de una red mundial de medida del ozono total en columna. El ozono total se mide hoy día desde tierra, fundamentalmente, con los espectrofotómetros Dobson y Brewer. Estos instrumentos son capaces de medir la radiación en las diferentes longitudes de onda que componen la luz solar. En particular el ozono se obtiene midiendo la radiación ultravioleta mediante la comparación de las medidas de la radiación solar en las longitudes de onda que absorben el ozono frente a otras longitudes donde

Figura 2: "Mini-agujero de ozono" registrado en la Península Ibérica durante los días 9 y 10 de enero de 2004. Las cuadrículas de color de la imagen se corresponden con las observaciones del TOMS a bordo del satélite Earth Probe. Sobre ellas figuran los valores numéricos obtenidos por la red de observación Brewer del INM. El color blanco representa la ausencia de datos del satélite.



éste no es absorbido, así podemos deducir la cantidad de este gas.

El primer instrumento utilizado en la medida de ozono fue desarrollado en los años 20 por G.M.B Dobson. En su honor la unidad de medida de ozono se denomina Unidad Dobson (UD). Las primeras medidas rutinarias se remontan a los años 30 en el Observatorio de Arosa (Suiza). Este instrumento constituye un caso excepcional en la historia de la instrumentación atmosférica ya que no es habitual que un instrumento desarrollado en los años 20 siga en funcionamiento en la actualidad en un centenar de estaciones alrededor de todo el mundo. En los años 80 se desarrolla en Canadá el espectrofotómetro automático Brewer como sustituto del añejo Dobson. Estos instrumentos, junto con medidas utilizando globos meteorológicos constituyen la red mundial de observación de ozono. Ésta se configuró junto con otras redes de observación global durante el Año Geofísico Internacional en 1957. La red es coordinada por la OMM, quien establece los procedimientos de medida y calibración que garantizan la calidad de las observaciones. En la actualidad el sistema de observación global de ozono lo componen más de 400 estaciones de medida cuyas observaciones se depositan en la base mundial datos de ozono (World Ozone and Ultraviolet Data Center -WOUDC-) en Toronto (Canadá).

Las observaciones de ozono en España comienzan de forma sistemática en 1975 con la instalación de un espectrofotómetro Dobson en la estación de sondeos atmosféricos de El Arenosillo (Huelva), en el marco de un proyecto de investigación del INTA y el INM. En 1988 el INM instala el primer espectrofotómetro Brewer en Madrid, el cual sería trasladado en mayo de 1991 al Observatorio de Izaña en Tenerife. Posteriormente se instalarían espectrofotómetros Brewer en Murcia, A Coruña, Zaragoza, El Arenosillo y Santa Cruz de Tenerife.

La implantación del modelo nacional de predicción del índice ultravioleta (UVI: www.inm.es/uvi) supuso transformar la red de espectrofotómetros Brewer, cuya finalidad inicial era exclusivamente de carácter científico, en una red operativa de vigilancia de ozono y radiación ultravioleta. Este pa-



Figura 3: Red de observación y vigilancia de ozono y radiación ultravioleta del INM, compuesta por 6 estaciones Brewer, complementadas por 17 piranómetros UV y el Centro de Calibración del OAI.

so permitió el establecimiento de un programa de medidas, mantenimiento y calibración unificado, y de un sistema de comunicaciones y difusión pública de las observaciones a través de la web del INM.

La red cuenta en la actualidad con siete espectrofotómetros Brewer y con un laboratorio de calibración en el Observatorio de Izaña. Esta red es complementada con otra, más densa, de diecisiete radiómetros de banda ancha UV que cubren todo el territorio nacional (Figura 3). Esta redes son operadas y coordinadas por el INM, encargado de organizar de forma periódica cursos de formación.

A partir de 1978 la observación por satélite adquirió una gran importancia en la observación del ozono. Espectrofotómetros a bordo de satélites como el TOMS (NASA) o el GO-

Estaciones Brewer en Europa.



Las oportunidades que se abren con este Centro de Calibración para grupos de investigación españoles son enormes, y sin duda alguna consolidará a nuestro país en un puesto destacado a nivel mundial en el campo de la investigación y vigilancia del ozono y la radiación ultravioleta

ME (Global Ozone Monitoring Experiment) de la ESA (Agencia Espacial Europea; -ESA-) han jugado un papel destacado en la investigación del ozono en estos últimos años. Sin embargo este desarrollo de los satélites no ha restado protagonismo a las redes de tierra, ya que los sensores de los satélites necesitan datos desde superficie de gran calidad para su validación y seguimiento. Las redes de tierra constituyen, además, una garantía ante los posibles problemas de los satélites, difíciles de subsanar en el espacio. Estos fallos no son raros en la actualidad. El instrumento GOME no proporciona datos desde hace meses y el TOMS lo hace hoy día de forma deficiente. El problema más grave de este sensor se produjo en el periodo 1993-1996. El accidente de la lanzadera espacial Columbia provocó que no hubiera ningún satélite en órbita con un instrumento TOMS o similar, interrumpiéndose las observaciones diarias de ozono desde el espacio que databan de 1978. Posteriormente desde finales del 2001 se detectó una degradación significativa en el TOMS que vuela a bordo del satélite Earth-Probe, que fue inmediatamente detectado por el Brewer del Observatorio de Izaña (Figura 4). Esta degradación continúa hoy día pero está perfectamente cuantificada y podrá corregirse, al menos parcialmente, en una futura re-evaluación de los datos gracias a la presencia de equipos en

tierra de alta calidad y fiabilidad. Por lo tanto las redes de tierra, y sobre todo las estaciones de referencia y calibración, serán esenciales en el futuro para la correcta validación y seguimiento de los sensores de satélites.

DOBSON Y BREWER

La red mundial de instrumentos Dobson posee un sistema de control de calidad y calibración modélico, desarrollado desde los años 60. A pesar de la gran complejidad del instrumento, los procedimientos de operación, mantenimiento, calibración y reducción de datos se encuentran perfectamente establecidos y documentados. Este hecho hace que la red mundial de instrumentos Dobson esté considerada como la fuente más fidedigna de obtención de ozono total en la red mundial de observación del ozono. La herramienta principal del sistema de calibración Dobson es la realización de intercomparaciones periódicas de los diferentes instrumentos de la red frente a patrones de referencia. Existe un patrón mundial que se calibra de forma absoluta y transfiere la calibración a diferentes patrones regionales. Estos a su vez la transfieren a los instrumentos de campo. De esta forma desde los años 60 todos los instrumentos Dobson de la red han sido calibrados directa o indirectamente frente al patrón mundial. Estas intercomparaciones son llevadas a cabo dentro del programa de vigilancia atmosférica mundial (*Global Atmospheric Watch*; -GAW-) de la OMM. Los resultados se publican regularmente. Recientemente se han establecido centros regionales de calibración RDCC (*Regional Dobson Calibration Center*), en Alemania (región Europa), Japón (región Asia), Argentina (región Sudamérica) y Sudáfrica (región África). Estos centros organizan las intercomparaciones, procesan los datos, realizan las publicaciones, y aconsejan las correcciones que hay que aplicar a la serie de datos.

El espectrofotómetro Brewer nace con la difícil tarea de sustituir al Dob-

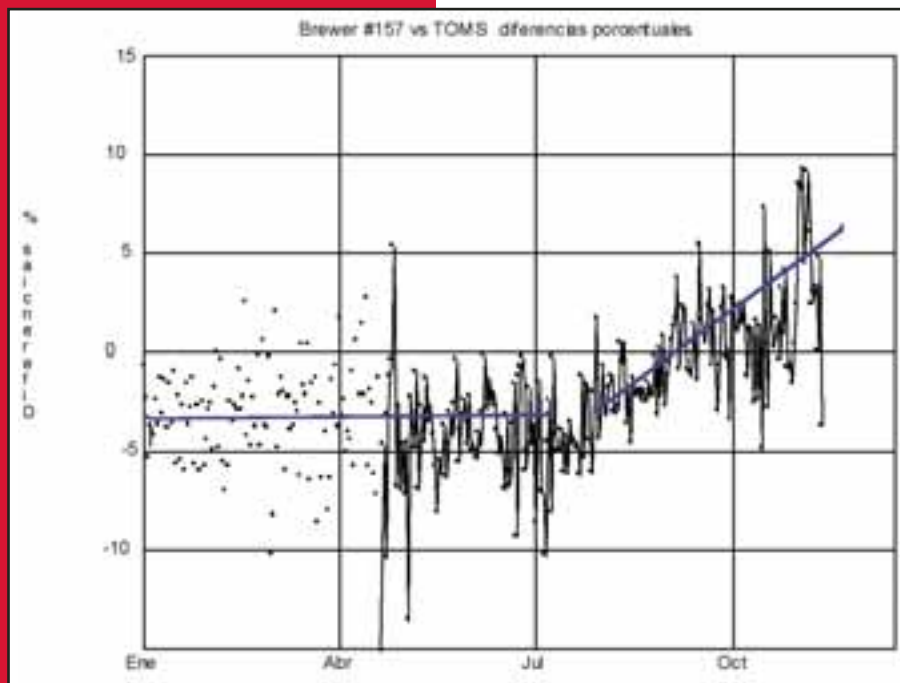


Figura 4: Cociente entre las medidas de tierra del espectrofotómetro patrón Brewer (Observatorio de Izaña) y las del TOMS a bordo del satélite de la NASA Earth Probe. Desde julio de 2001 se observa una deriva en los valores del satélite que fue detectada en Izaña.

son. Fue desarrollado a finales de los años setenta en el Servicio Meteorológico Canadiense (SMC). Al contrario que el Dobson, el Brewer es un instrumento totalmente automático diseñado para medir ozono total en columna, radiación ultravioleta espectral y determinar perfiles verticales de ozono mediante el método Umkehr. El sistema de calibración Brewer esta basado en una tríada de instrumentos situados en Toronto (Canadá) y gestionados por el SMC. Los instrumentos de la tríada se calibran absolutamente de forma independiente y transfieren la calibración mediante un instrumento viajero gestionado por una empresa privada.

IZAÑA, CENTRO DE CALIBRACIÓN PARA EUROPA

A pesar de que el sistema de calibración de los Brewer es similar al de los Dobson, ni los resultados de estas calibraciones ni la metodología empleada son publicados regularmente por lo que existe cierta reticencia en la comunidad científica en utilizar los datos obtenidos por los Brewer. A pesar de que cada vez son mas lo Brewer en operación frente a los Dobson, y a pesar de que el Brewer es un instrumento técnicamente superior y de muchas mayores prestaciones, son los Dobson los que hasta ahora siguen siendo la referencia en la medida de ozono a nivel mundial. Para solucionar esta problemática, el comité de expertos de ozono (Ozone Scientific Advisory Group) de la OMM recomendó en 2003 la creación de un centro de calibración regional de espectrofotómetros Brewer para Europa (región VI de la OMM) en el Observatorio Atmosférico de Izaña. En Europa existen actualmente cincuenta espectrofotómetros Brewer en operación, pero sólo veinticuatro proporcionan datos de calidad al Centro Mundial de Datos de Ozono (Figura 4). Este Centro, y el ya existente en Canadá, se encargarán de mantener el control de calidad de los espectrofotómetros Brewer de Europa y América del Norte, regiones que acaparan la mayor parte de los Brewer existentes en el mundo y apoyarán las observaciones de ozono en Sudamérica y África.

Pero, ¿por qué se crea este centro de calibración en el Observatorio de Izaña? El cielo de Izaña presenta condiciones ideales para realizar calibraciones absolutas. Izaña se encuentra a



2370 m. sobre el nivel del mar, en el área circundante al Parque Nacional del Teide. Su altitud proporciona al observatorio una gran transparencia del cielo, que lo convierte en un magnífico lugar para la obtención de medidas radiométricas solares. Este hecho, junto a la situación subtropical del archipiélago, caracterizado por una concentración relativamente baja de ozono, con escasa variabilidad diaria y anual, hace que la calibración solar de los espectrofotómetros sea óptima desde un punto de vista atmosférico. Por otro lado, se ha valorado la experiencia científico-técnica del equipo humano del observatorio en la operación y calibración de espectrofotómetros Brewer, y en la organización de campañas internacionales. Sin embargo estos dos aspectos no han sido los únicos que han propiciado la elección del Observatorio Atmosférico de Izaña por parte de los expertos internacionales. Las importantes inversiones realizadas por el Ministerio de Medio Ambiente en la renovación y modernización del Observatorio de Izaña y sus infraestructuras, así como el decidido apoyo mos-

Sobre el espectrofotómetro Brewer, el sistema de calibración viajero. Este sistema circula por todas las estaciones Brewer de la red una vez al año para garantizar la calidad de las medidas.



Figura 6: Espectrofotómetros Brewer en la terraza del OAI durante la calibración de 2003.

trado por la Dirección General del INM en este programa de la OMM, con la aportación de costoso equipamiento científico, han sido determinantes en la elección frente a otras opciones europeas con más tradición científica.

En el Observatorio de Izaña se encuentra instalado el espectrofotómetro Brewer de doble monocromador nº 157 que ha sido designado patrón absoluto europeo. La calibración de este instrumento se mantiene gracias a complejas y numerosas observaciones a sol directo durante todo el año. El método de transferencia utilizado en el Centro de Calibración de Espectrofotómetros Brewer imita la filosofía de los Dobson. La calibración se realizará mediante intercomparaciones de instrumentos que se llevará a cabo tanto en el Observatorio de Izaña como en centros asociados a los que se desplazan los instrumentos que se desean calibrar. Para ello el Observatorio cuenta con un segundo espectrofotómetro Brewer de doble monocromador nº 183 que es el instrumento de referencia viajero que transfiere las calibraciones del patrón absoluto al resto de los instrumentos

de la red europea durante las intercomparaciones (Figura 6) de los Brewer. Pero las campañas de calibración no son solo simples calibraciones instrumentales. Son igualmente importantes las actividades paralelas que tienen lugar al coincidir los operadores y responsables de los instrumentos, realizándose actividades de formación, unificando criterios y metodologías, tanto en la operación del instrumento como en la evaluación de datos. El Observatorio de Izaña cuenta, además, con un laboratorio de óptica donde se realizan calibraciones con lámparas externas, ajustes ópticos y electrónicos de los equipos.

El INM tiene previsto en los próximos años dotar al Centro de Calibración del Observatorio de Izaña con otros dos espectrofotómetros Brewer de doble monocromador con el fin de que finalmente exista una tríada como patrón absoluto y un cuarto equipo viajero de referencia, tal y como está configurado el Centro de Calibración del SMC en Toronto.

COMITÉ DE EXPERTOS

El Centro de Calibración regional se encuentra bajo la continua supervisión de un comité de expertos europeos en ozono que asesora en la metodología de la operación y calibración de los instrumentos y que dirige la investigación de nuevas técnicas de medida, coordinando las actividades con otros centros de calibración de ozono y radiación ultravioleta del mundo. El Centro de Calibración se articula sobre tres ejes:

1. El Centro de Calibración en el Observatorio de Izaña donde se encuentra el instrumento patrón (Brewer nº 157) y el instrumento viajero (Brewer nº 183). En este centro se realiza la transferencia de la calibración desde la tríada patrón mundial de Toronto. Sin embargo, este valor se mantiene, entre comparaciones con el patrón mundial, de forma independiente a cualquier otro equipo mediante la calibración absoluta, que emplea el sol como referencia.

2. Los centros asociados en el continente europeo y africano a donde se traslada el patrón viajero y los instrumentos de la red cercanos para su calibración. Actualmente se contempla la creación de tres centros que cubren el norte, centro y sur de Euro-

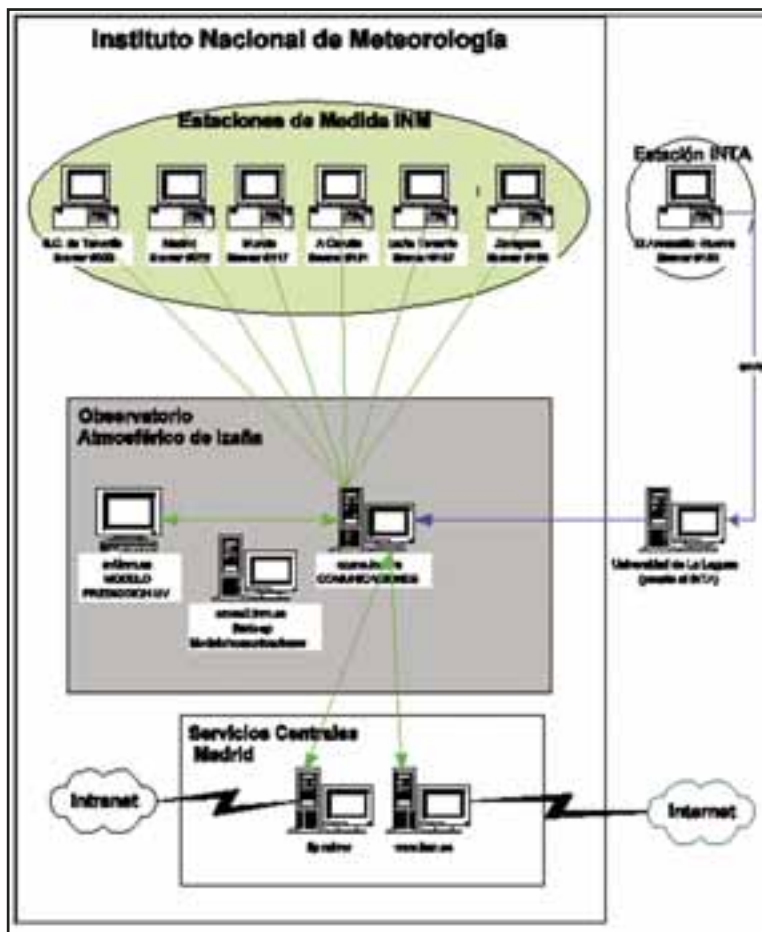
pa, situados en algún lugar de los países escandinavos (aun por determinar), Arosa (Suiza) y El Arenosillo (Huelva), respectivamente.

3. El centro de documentación y asesoramiento, situado también en el Observatorio de Izaña, en colaboración con WOUDC, que se encarga de registrar el historial de los instrumentos para determinar la calidad de sus medidas. Además, realizará labores de asesoramiento en la calibración y evaluación de datos.

La instalación del Centro de Calibración en el Observatorio de Izaña es, además, una excelente plataforma para lanzar nuevos proyectos de desarrollo, tanto en el campo instrumental como en el de la investigación atmosférica. Este Centro podrá ser gestionado por los miembros del Comité de expertos europeos a través de Internet. Podrán tener información en tiempo real de los instrumentos, y también programar tareas de trabajo de forma remota.

Un ejemplo claro de I+D es el desarrollo de algoritmos que permiten la realización de nuevas medidas con los espectrofotómetros Brewer, como son las de espesor óptico de aerosoles, que convertirá a la red nacional de espectrofotómetros Brewer en una red operativa para la detección y vigilancia de aerosoles atmosféricos, jugando un papel muy importante en el campo de la calidad del aire y facilitando la tarea de los predictores del INM en el seguimiento de las intrusiones de masas de aire africanas sobre España.

El Centro de Calibración incorporará parte de las actividades que se llevan a cabo en el programa de ozono y radiación UV que desarrolla el INM conjuntamente con el INTA desde finales de 1999 en la Antártida con el fin de vigilar y analizar el vórtice polar y los episodios de destrucción de ozono durante la primavera antártica. Gracias a dos proyectos coordinados consecutivos financiados por el Plan de I+D del Ministerio de Ciencia y Tecnología se ha podido implantar y mantener una red de medidas en las estaciones argentinas de Ushuaia, Marambio y Belgrano en colaboración con la Dirección Nacional del Antártico (DNA; Argentina), el CADIC (Centro Austral de Investigaciones Científicas; Argentina) y el Finnish Meteorological Institute



Esquema de comunicaciones de la Red de Observación Brewer del INM-INTA.

(FMI; Finlandia). Se puede consultar abundante información de este proyecto en www.inm.es/mar. El Centro de Calibración desarrollará las tareas de calibración y control de calidad de los radiómetros multicanal NILU-UV6 así como de los espectrómetros EVA empleados en la Antártida.

Este centro está llamado a jugar un papel fundamental a nivel internacional en el desarrollo de sensores a bordo de satélites, como lugar de calibración y validación de datos. El Observatorio de Izaña posee ya experiencia en validación de sensores atmosféricos a bordo de varios satélites de la Agencia Espacial Europea: GOME (satélite ERS2), GOMOS, SCIAMACHY y MIPAS (satélite ENVISAT), realizados a través de proyectos financiados por la Comisión Europea. Entre sus proyectos actuales esta en la validación de ozono proporcionada por uno de los canales del satélite MSG (Meteosat Segunda Generación) de EUMETSAT, y del nuevo instrumento Ozone Monitoring Instrument (OMI) de la misión AURA que será puesto en órbita a lo largo del presente año.