

## Día Mundial del Medio Ambiente **PLANEAR** para el **PLANETA**

Texto: Emilio Cuevas  
Director del Observatorio Atmosférico de Izaña  
(Dirección General del Instituto Nacional de  
Meteorología).



# E

l 5 de junio se celebró en el Observatorio de Izaña (Tenerife), dependiente de

la Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología, el Día Mundial del Medio Ambiente con la presencia de la Ministra de Medio Ambiente y la del Secretario General de la Organización Meteorológica Mundial, entre otras personalidades. El tema seleccionado para esta edición de 2005 fue el de Ciudades Verdes, y el

slogan el de ¡Planear para el Planeta!

La elección de este tema obedece al hecho de que estamos asistiendo a un proceso muy rápido de urbanización a nivel mundial. Hoy, cerca de la mitad de la población mundial es urbana, elevándose este porcentaje en Europa a aproximadamente un 80%. La población mundial tiende a abandonar el entorno rural para concentrarse en pueblos y ciudades. Este fenómeno, unido al del rápido aumento demográfico

está generando importantes problemas medioambientales que podrían ser insostenibles para sus habitantes en pocas décadas si no se planifica con suficiente antelación una adecuada gestión de las ciudades en la que se prioricen los aspectos medioambientales. Por otro lado, las ciudades se han convertido en hábitats mucho más vulnerables ante los riesgos esperables derivados de los nuevos escenarios de cambio climático.

## Las ciudades: un problema medioambiental creciente

Actualmente existen problemas medioambientales muy graves asociados a las zonas urbanas como el ruido y la creciente contaminación del aire. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, 1,5 billones de habitantes de zonas urbanas soportan niveles de contaminación del aire que superan los máximos recomendados. Aproximadamente un millón de muertes al año a nivel mundial pueden ser atribuidas exclusivamente a la contaminación por partículas, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre, gran parte de ellos originados por los vehículos.

En los países industrializados se desperdicia una cuarta parte del agua potable en su transporte a las ciudades y en su distribución interior. Este porcentaje se sitúa entre un 40% y un 60% en los países en vías de desarrollo. Esto constituye un problema insostenible si tenemos en cuenta que la dificultad para conseguir recursos hídricos se agravará en el futuro, pudiendo originar conflictos armados, tal y como apunta un informe del Pentágono de los Estados Unidos.

El proceso de urbanización lleva asociado un aumento en el consumo de recursos y el consecuente aumento en la generación de residuos. Los habitantes de las ciudades del mundo desarrollado producen hasta 6 veces la cantidad de residuos que generan los países en desarrollo. La acumulación de los residuos y un deficiente sistema para su eliminación y reciclado intensifican, además, los procesos de contaminación. Estos aspectos medioambientales se traducen inmediatamente en costes económicos. Las ciudades pueden gastar hasta el 30% del presupuesto en la gestión de residuos, principalmente en su transporte y almacenamiento. Esta cifra se eleva al 50% en ciudades de países en vías de desarrollo.

Las grandes ciudades configuran su propio "microclima". La temperatura del aire en éstas puede ser hasta 5<sup>o</sup> C más alta que en las zonas circundantes ya que la cubierta natural, normalmente con vegetación, es sustituida por asfalto y cemento.

En muchas zonas, principalmente en Europa y Estados Unidos, los ciudadanos abandonan las ciudades y aglomeraciones con el fin de evitar los problemas anteriormente mencionados y se instalan en la periferia. Sin embargo esta dispersión genera un mayor nivel de tráfico y los problemas

se agudizan recíprocamente. El centro de gravedad de la actividad se traslada a la periferia. En la medida en que los pueblos y ciudades se desarrollan, crece también su dependencia de recursos más lejanos, así como su impacto ambiental, lo que se conoce como huella ecológica.

Será necesario que la planificación de las ciudades contemple de forma prioritaria estos aspectos. Será necesaria la implantación inmediata de políticas que optimicen los sistemas de distribución de agua y la planificación de los sistemas de recogida, transporte y almacenamiento de residuos y su posterior tratamiento y reciclaje.

Desde el punto de vista atmosférico será necesario implantar políticas tendentes a la disminución de los niveles de contaminación del aire, sobre todo de partículas en suspensión, aspecto éste por ahora obviado y de creciente preocupación entre la comunidad científica por su gran impacto negativo sobre los ciudadanos. Para conseguir ciudades sostenibles serán absolutamente necesarias políticas encaminadas a una limitación drástica del tráfico privado y a una promoción intensiva del transporte colectivo limpio (basado en propulsión eléctrica o en hidrógeno). Por otro lado se tendrán que contemplar planes urbanísticos que tiendan a mitigar el problema de "isla de calor" preservando o creando espacios verdes en las ciudades. Este problema, y también el de la mala calidad del aire pueden ser claramente mejorados si se optimizan los sistemas de ventilación natural de las ciudades edificando adecuadamente teniendo en cuenta los vientos dominantes en las mismas. Este aspecto es especialmente claro en ciudades costeras sometidas a un permanente régimen de brisas mar-tierra.

Estos problemas "locales" no son los únicos que generan las ciudades. Éstas, y principalmente las del mundo desarrollado, son responsables hoy de la mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, que son originadas principalmente por los automóviles y por la gran demanda eléctrica que las zonas urbanas requieren. Los gases de efecto invernadero, y principalmente el dióxido de carbono, son los responsables del procesos de cambio climático en el que nos encontramos ya inmersos. La emisión de estos gases, por las necesidades de las ciudades, se elevará en un 60% hacia el primer cuarto del próximo siglo. Las ciudades no sólo constituyen un problema medioambiental grave con repercusiones directas en la salud de sus

**El Día Mundial  
del Medio  
Ambiente 2005  
se ha celebrado  
bajo el lema  
¡Planear para  
el Planeta!  
y el tema  
seleccionado  
ha sido el  
de Ciudades  
Verdes**

habitantes sino que contribuyen de forma importante a un problema medioambiental de ámbito global, como es el calentamiento de la atmósfera, es decir, al cambio climático a nivel global.

## Las ciudades: sistemas vulnerables en los nuevos escenarios del cambio climático

Curiosamente, las ciudades serán los entornos humanos más vulnerables al cambio climático al que ellas mismas contribuyen. Existen numerosos riesgos para las ciudades y sus habitantes en los nuevos escenarios previstos de cambio climático y alguno de ellos se están ya poniendo de manifiesto. No tenemos que olvidar que el proceso creciente de urbanización tiene lugar en zonas costeras, siendo especialmente importante en España. Las ciudades costeras, sus puertos e infraestructuras deberán planificarse de acuerdo a un previsible aumento del nivel medio del mar, entre 8 y 88 cm para finales de este siglo. La salinización de los acuíferos en las zonas periféricas de las ciudades costeras constituye también un riesgo notable.

Se espera que el número e intensidad de fenómenos meteorológicos adversos aumente en las próximas décadas. De hecho, un estudio reciente muestra que el número de grandes catástrofes naturales se ha triplicado en el periodo 1960-1990, y lo que es más importante, la mayor parte de ellas están directamente relacionadas con el calentamiento global. Efectivamente, el aumento de precipitaciones intensas con inundaciones, y los periodos prolongados de sequía se cebarán principalmente en ambientes urbanos. Los trabajos de rescate, los daños materiales y humanos causados por estas catástrofes, los problemas de abastecimiento de agua, y el deterioro de la calidad de ésta son especialmente importantes y costosos en zonas urbanas.

Las olas de frío y de calor, cada vez más frecuentes, suponen riesgos añadidos para las poblaciones urbanas, que además deberán afrontar el coste de un consumo energético creciente derivado del funcionamiento de sistemas de calefacción y aire acondicionado.

El aumento de riesgos naturales en países subdesarrollados

y en vías de desarrollo tendrá un impacto directo en zonas urbanas de estos países y en las de los países desarrollados con la creciente emigración de población rural en busca de trabajo. Este hecho supondrá un considerable coste económico y social

En definitiva las ciudades se sitúan en el epicentro de los cambios que podemos observar en nuestro medio ambiente, tanto por su enorme capacidad para generarlos como por su no menor vulnerabilidad para sufrir sus consecuencias.

## El sistema de Vigilancia Atmosférica Mundial

En este contexto de profundos y rápidos cambios medioambientales al que estamos asistiendo, muchos de ellos poco comprendidos, parece necesario disponer de sistemas de observación y alerta que nos permita estimar qué escenarios vamos a encontrarnos, cuáles son sus causas y qué debemos hacer para evitarlas.

En pocas palabras, para proteger nues-



*El 5 de junio se celebró, en el Observatorio de Izaña (Tenerife), el Día Mundial del Medio Ambiente.*

*El Observatorio de Izaña tiene gran importancia mundial debido a su estratégica y privilegiada posición geográfica.*



tro medio ambiente es necesario primero conocerlo. De los múltiples problemas medioambientales que afectan a nuestro planeta, unos de los más importantes son aquellos que observamos en la atmósfera, y cuyo máximo exponente lo encontramos hoy día en su calentamiento.

Para entender estos cambios la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha implantado y coordinado desde 1957 diferentes programas de vigilancia e investigación. Actualmente el Programa de Vigilancia Atmosférica Global (VAG; "Global Atmospheric Watch" –GAW– en sus siglas en inglés), establecido en 1989, es el que permite conocer cuál es la evolución de los componentes químicos y parámetros físicos atmosféricos que intervienen en el cambio climático, en la destrucción de la capa de ozono y en la calidad del aire de nuestro planeta.

Últimamente, y en el marco de la VAG se está desarrollando un nuevo programa, denominado GURME ("WMO GAW Urban Research Meteorology and Environment", en sus siglas en inglés). El proyecto de la VAG de investigación meteorológica sobre el medio ambiente urbano fue establecido en 1999 en respuesta de las solicitudes de los servicios meteorológicos e hidrológicos de los diferentes países que desempeñan un importante papel en el estudio y la gestión del medio ambiente urbano.

### **El Observatorio de Izaña: pieza importante del sistema de Vigilancia Atmosférica Mundial**

El Observatorio de Izaña juega un papel muy importante en el sistema VAG por su condición de estación de medida de las condiciones de fondo atmosférico en troposfera libre. Existen apenas una veintena de estaciones en todo el mundo que pertenezcan a este programa, y solamente seis de ellas miden en condiciones de troposfera libre, que son las que proporcionan observaciones representativas de grandes regiones de la Tierra. Estas estaciones son las de Mauna-Loa en Hawái (Estados Unidos), Zugspitze (Alemania), Izaña (España), Monte Waliguan (China), Monte Kenya (Kenya) y Assekrem (Argelia). Sin embargo, sólo las cuatro primeras han logrado desarrollar por ahora un programa de medidas lo suficientemente extenso y de la suficiente calidad para ofrecer resultados interesantes a la comunidad científica internacional. Esto pone de manifiesto las enormes limitaciones del sistema de observación internacional para conocer y entender los cambios

que se están produciendo en la atmósfera. De ahí la importancia internacional del Observatorio de Izaña.

En los últimos años se están intentando potenciar no sólo los programas de observación de éstas estaciones sino también de plataformas de observación complementarias cercanas, ligadas a éstas, pero que midan en condiciones medioambientales muy diferentes. Sólo de esta manera es posible entender los procesos atmosféricos en diferentes regiones de la atmósfera y las inter-relaciones entre las mismas. Sin embargo es tremendamente difícil encontrar lugares muy próximos entre sí (menos de 50 km) que puedan ser representativos de condiciones atmosféricas y medioambientales muy diferentes. Únicamente se han logrado establecer a nivel mundial tres sistemas de observación de estas características. El sistema de estaciones Zugspitze (en troposfera libre) – Hohenpeissenberg (en la capa de mezcla continental contaminada) en Alemania, el Observatorio de Mauna-Loa con cuatro estaciones de medida a diferentes alturas y Hilo como estación urbana, en Hawái (Estados Unidos), y el sistema de vigilancia atmosférica del Observatorio Atmosférico de Izaña con el Observatorio de Izaña (IZO) en la troposfera libre, la estación de Santa Cruz (SCO) a nivel del mar en un ambiente urbano y la estación del faro de Punta del Hidalgo (HPO) en un ambiente limpio representativo de la capa de mezcla oceánica subtropical. Estos "sistemas de observación multi-estación" son los únicos que pueden observar y estudiar, entre otros aspectos, cómo los procesos de contaminación urbanos afectan a la troposfera libre, y cómo los procesos a gran escala pueden afectar a la calidad del aire de zonas urbanas.

El sistema de observación formado por tres estaciones que se ha establecido en Tenerife cobra aún mayor importancia mundial por su estratégica y privilegiada posición geográfica: es posible estudiar la contaminación de largo recorrido procedente de Norte América y Europa (contaminación transfronteriza y hemisférica), el transporte de contaminación natural (sobre todo polvo en suspensión) procedente de África, su incidencia en el forzamiento radiativo, y sus interacciones con los procesos de contaminación antrópica de zonas urbanas. Asimismo, en el Observatorio de Izaña es posible estudiar de manera casi única a nivel mundial los procesos de intercambio estratosfera-troposfera a través del chorro subtropical que se encuentra prácticamente en su ver-

**1,5 billones de habitantes de zonas urbanas soportan niveles de contaminación del aire que superan los máximos recomendados**

*Para conseguir ciudades sostenibles serán absolutamente necesarias políticas encaminadas a una limitación drástica del tráfico privado.*



tical, y los procesos de transporte a gran escala que tienen lugar en niveles estratosféricos entre el ecuador y latitudes medias, entre otros.

El programa de observación e investigación del Observatorio de Izaña es muy extenso. En él se realizan medidas continuas de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{O}_3$  superficial,  $\text{O}_3$  en columna, perfiles verticales de  $\text{O}_3$ , radiación, radiación ultravioleta espectral, aerosoles particulados in-situ, incluyendo pólenes y esporas, espesor óptico de aerosoles, perfiles verticales de aerosoles y más de una treintena de componentes químicos en la estratosfera. La mayor parte de estos programas están financiados por los presupuestos generales del Instituto Nacional de Meteorología, y otros se desarrollan en colaboración

con otras instituciones nacionales (Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, grupos de Física Atmosférica de las Universidades de La Laguna, Granada, Autónoma de Barcelona, Politécnica de Catalunya y Valladolid, y el Instituto de Ciencias de la Tierra "Jaume Almera" del CSIC) e internacionales (Universidad de Heidelberg, Servicio Meteorológico Alemán, NOAA-CMDL, Goddard Space Flight Center-NASA, Universidad de Miami, CNRS-Universidad de Lille, Instituto Meteorológico Finlandés y Centro Mundial de Radiación de Davos-Suiza).

Antes de finalizar 2005 se espera haber implementado en el Observatorio de Izaña nuevos programas de medida, como los de otros gases de efecto invernadero ( $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{SF}_6$ ), con los que se tendría monitorizados el 96% del forzamiento radiativo ocasionado por gases de efecto invernadero, gases

reactivos ( $\text{NO}$ - $\text{NO}_2$ - $\text{NO}_x$  y  $\text{SO}_2$ ) y un programa para la determinación del coeficiente de absorción de aerosoles troposféricos.

Una de las características más importantes de las estaciones similares a la de Izaña es que deben detectar determinados componentes químicos y parámetros físicos que se encuentran cercanos al límite de detección, o bien que las variaciones esperadas a lo largo del tiempo son muy lentas, lo cual hace necesario el empleo de instrumentación muy precisa. Un número importante de los instrumentos empleados son prototipos, y el resto consiste en instrumentos comerciales de gran precisión que son modificados y adaptados para poder medir en los niveles adecuados, y que son complementados con sistemas de calibración complejos. Medir óxidos de nitrógeno, por ejemplo, con valores por debajo de 30 pptv (30 moléculas en 10<sup>12</sup> moléculas de aire) o  $\text{SF}_6$  con concentraciones medias de 5 pptv no es sencillo. Requiere equipos precisos, sistemas de calibración y referencia adecuados (no siempre disponibles) aceptados internacionalmente para que las medidas sean intercomparables entre las diferentes estaciones, y metodologías de análisis, depuración y evaluación de datos establecidas internacionalmente. Por otro lado, los patrones de referencia mundial muestran, con mayor frecuencia de la deseada, derivas que obliga a constantes calibraciones y re-evaluaciones de datos si se quieren obtener tendencias aceptadas por la comunidad científica internacional. Por ejemplo, en estos momentos las series de monóxido de carbono están siendo reevaluadas y los patrones de referencia de cada estación VAG recalibrados, por problemas detectados en los patrones mundiales del laboratorio de referencia mundial, la NOAA-CMDL.

Todas estas características hacen que en la actividad diaria de los Observatorios del programa VAG sea imprescindible el concurso activo de personal investigador que trabaje en actividades de I+D tanto en el desarrollo y adaptación de equipos, como en el desarrollo de nuevos algoritmos y metodologías de evaluación de datos. Otra característica propia de las actividades desarrolladas en los observatorios del programa VAG es su

carácter multidisciplinar.

Desde hace relativamente poco tiempo la red VAG y la red EMEP ("European Monitoring Evaluation Programme"), ésta última enfocada a conocer y estudiar la calidad del aire en condiciones de fondo en Europa, se están uniendo para configurar una red única a nivel europeo con el doble propósito de estudiar y conocer la evolución de aquellos componentes químicos característicos de la calidad del aire (ozono superficial, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, VOC, partículas, química de la precipitación, etc.) y de aquellos componentes químicos y parámetros físicos de importancia climática (gases de efecto invernadero, ozono superficial, monóxido de carbono, aerosoles, óxidos de nitrógeno, VOC, radiación, espesor óptico de aerosoles, propiedades ópticas de los aerosoles, etc.). Hoy en día, y dada la enorme interacción entre factores climáticos y la química atmosférica, es ya difícil establecer un límite entre unos programas y otros. En este sentido, se ha propuesto al Observatorio de Izaña como una estación EMEP Nivel-3, tipo de estación de la red EMEP con programas especiales de medida enfocados a la investigación (principalmente para modelización).

En otro orden de cosas las estaciones del sistema VAG cumplen otro papel importante: son los encargados de verificar el cumplimiento de Convenios y Protocolos internacionales. Por ejemplo, estas estaciones, mediante los programas continuos de medida de CFC y ozono total en columna están verificando los progresos alcanzados con el Protocolo de Montreal relativo a la eliminación de sustancias que destruyen la capa de ozono. En un futuro próximo podrán confirmar o no si la entrada en vigor de medidas tendientes a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Protocolo de Kioto) han tenido efecto positivo en la evolución de la concentración de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero.


Los grandes retos en la observación e investigación atmosférica son importantes y complejos:

- Conocer más y mejor los procesos complejos que modulan la calidad del aire en la troposfera, es decir en la región de la atmósfera donde vivimos, debido al incremento del número de fuentes contaminantes y de su naturaleza.
- Saber más sobre la capacidad de oxidación de la atmósfera y poseer mayor capacidad para poderla simular con modelos. Para ello será

necesario monitorizar de forma continua más componentes atmosféricos que juegan un papel importante en los complejos procesos fotoquímicos.

- Conocer más sobre la química en la estratosfera, región atmosférica tremendamente estable por encima de 12 km aproximadamente, y donde se están produciendo cambios rápidos e intensos sin precedentes que pueden alterar las predicciones sobre la recuperación de la capa de ozono.

- Responder a una nueva y gran interrogante: ¿cómo interactuarán los cambios que se están produciendo en la química atmósfera y el cambio climático?

El Observatorio de Izaña podrá hacer frente a estos nuevos retos gracias al apoyo decidido del Ministerio de Medio Ambiente, a través del Instituto Nacional de Meteorología. Este apoyo ha supuesto que el Observatorio de Izaña disponga ahora de unas nuevas instalaciones con moderno equipamiento, y de una avanzada instrumentación científica con el que se ha podido aumentar notablemente sus capacidades de observación e investigación. 

*El aumento de precipitaciones intensas con inundaciones, y los periodos prolongados de sequía serán mayores en ambientes urbanos.*

