

EL TIEMPO,  
EL CLIMA  
Y EL AIRE QUE  
**RESPIRAMOS**



Organización  
Meteorológica  
Mundial

Tiempo • Clima • Agua

OMM-N° 1035

EL TIEMPO,  
EL CLIMA  
Y EL AIRE QUE  
**RESPIRAMOS**

OMM-N° 1035

© **Organización Meteorológica Mundial, 2009**

La OMM se reserva el derecho de publicación en forma impresa, electrónica o de otro tipo y en cualquier idioma. Pueden reproducirse pasajes breves de las publicaciones de la OMM sin autorización siempre que se indique claramente la fuente completa. La correspondencia editorial, así como todas las solicitudes para publicar, reproducir o traducir la presente publicación parcial o totalmente deberán dirigirse al:

Presidente de la Junta de publicaciones  
Organización Meteorológica Mundial (OMM)  
7 *bis* avenue de la Paix  
Case postale N° 2300  
CH-1211 Ginebra 2, Suiza

Tel.: +41 22 730 8403  
Fax: +41 22 730 8040  
Correo electrónico: [publications@wmo.int](mailto:publications@wmo.int)

ISBN 978-92-63-31035-4

#### NOTA

Las denominaciones empleadas en las publicaciones de la OMM y la forma en que aparecen presentados los datos que contienen no entrañan, de parte de la Secretaría de la Organización, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países, territorios, ciudades o zonas citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones expresadas en las publicaciones de la OMM son las de los autores y no reflejan necesariamente las de la Organización. La mención de determinados productos o sociedades mercantiles no implica que la OMM los favorezca o recomiende con preferencia a otros análogos que no se mencionan ni se anuncian.

# ÍNDICE

<b>Prólogo</b> .....	<b>5</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>7</b>
<b>Evolución de los cielos</b> .....	<b>9</b>
<b>Tiempo y clima: cambiar el aire que respiramos</b> .....	<b>17</b>
<b>El aire que respiramos: cambiar nuestro tiempo y nuestro clima</b> .....	<b>25</b>
<b>Investigación intersectorial: tormentas de arena y de polvo</b> .....	<b>31</b>
<b>Una buena inversión</b> .....	<b>35</b>



# PRÓLOGO



*Michel Jarraud, Secretario General*

**En 1873, cuando el Primer Congreso Meteorológico Internacional se reunió en Viena (Austria) para crear la Organización Meteorológica Internacional, predecesora de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), su finalidad principal consistía en establecer redes de estaciones de observación meteorológica. Éstas se hallaban debidamente enlazadas gracias al telégrafo, invento reciente de Samuel Morse, con el fin de mejorar la predicción meteorológica y contribuir así a la seguridad y la eficiencia de las actividades relativas a la navegación.**

Con el transcurso de los años la variedad de servicios meteorológicos aumentó de manera sorprendente y las necesidades se volvieron más imperiosas, sobre todo debido al vertiginoso surgimiento y desarrollo de la aviación. No obstante, la función principal de las predicciones y las estadísticas meteorológicas que pronto dieron lugar a una nueva e interesante disciplina, a saber, la climatología, era contribuir a la eficiencia y la seguridad de las actividades realizadas en el medio ambiente, en lugar de velar por la protección de dicho medio.

El 23 de marzo de 1950, la OMI se convirtió en la OMM y posteriormente se decidió que ésta y la comunidad me-

teorológica internacional celebrarían en esa fecha todos los años el Día Meteorológico Mundial con la elección de un tema oportuno. Durante su 59ª reunión (Ginebra, mayo de 2007), el Consejo Ejecutivo de la OMM decidió que, en 2009, el tema del Día Meteorológico Mundial sería “El tiempo, el clima y el aire que respiramos”, en reconocimiento al logro de la integración de las cuestiones medioambientales en el marco de las actividades de la OMM.

Resulta especialmente alentador comprobar que los meteorólogos acumularon y almacenaron gran cantidad de datos relativos a la composición de nuestra atmósfera aún cuando no estaban claras las potenciales aplicaciones de los mismos. Por ejemplo, mucho antes de que el agujero de ozono fuera un problema, los meteorólogos venían usando espectrofotómetros Dobson en los estudios sobre la circulación estratosférica, lo cual permitió que la OMM desempeñara una función clave en el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono y en su histórico Protocolo de Montreal, así como en la Cumbre para la Tierra de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (Río de Janeiro, junio de 1992).

Confío en que esta publicación sea especialmente del agrado de quienes buscan una toma de contacto con la relación cada vez más importante entre la composición de nuestra atmósfera, el tiempo y el clima, sobre todo, después de la publicación del Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, copatrocinado por la OMM, que recibió el prestigioso Premio Nobel de la Paz en 2007.

Por último, deseo felicitar a todos los Miembros de la OMM con motivo del Día Meteorológico Mundial de 2009.

(M. Jarraud)  
Secretario General



# INTRODUCCIÓN

**El aire que respiramos cambia constantemente. Tanto el desarrollo urbano como la modificación de la superficie de la tierra y el cambio climático, fenómenos derivados de una explosión demográfica mundial, están alterando la composición de nuestro aire. Esos cambios pueden afectar drásticamente al tiempo y al clima y, por ende, a nuestra salud y a la de nuestros ecosistemas.**

Numerosos estudios científicos vinculan la contaminación del aire a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, el cáncer, trastornos del sistema nervioso, así como a enfermedades transmitidas por el aire e inducidas por el calor. La atmósfera deposita contaminantes en los cursos de agua y en nuestra tierra, lo que perjudica no solamente a las personas sino también a los animales y las plantas del ecosistema. Algunos de esos problemas ambientales son la erosión, la acidificación de los océanos, lagos, ríos y bosques y la acumulación de componentes tóxicos en las plantas y en la fauna salvaje. La emisión de gases y aerosoles en la atmósfera también repercute en el cambio climático a largo plazo. Los meteorólogos, hidrólogos y climatólogos ofrecen información y servicios de un valor inestimable para ayudar a atenuar estos problemas relativos a la salud y al medio ambiente.

A medida que los científicos recopilan más datos sobre nuestro aire, que se caracteriza por sus cambios constantes, se percatan cada vez más de lo estrecho que es el vínculo entre la calidad del aire y el sistema tiempo-clima. El viento, la lluvia, la nieve, la luz solar y las variaciones de la temperatura controlan con-

juntamente el transporte y la duración de los agentes contaminantes en todo el mundo. Cuanto mejor entiendan los científicos el sistema tiempo-clima, mejor podrán predecir la distribución de partículas y gases atmosféricos que pueden ser nocivos. Al mismo tiempo, los propios contaminantes repercuten en nuestro sistema tiempo-clima. Por ejemplo, las partículas y los gases presentes en la atmósfera pueden modificar la manera en la que el planeta absorbe o refleja el calor y puede hacer demorar o propiciar la precipitación. El hecho de entender la composición de la atmósfera permite que los científicos estén mucho más capacitados para efectuar predicciones meteorológicas a corto plazo así como predicciones climáticas a largo plazo.

La interdependencia del sistema tiempo-clima y la contaminación mundial es un tema de estudio crucial para el siglo XXI. Los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales (SMHN) de los Miembros de la OMM y sus asociados están a la vanguardia de esta labor. Al observar los cambios de la atmósfera y analizar la relación que existe entre los contaminantes y el sistema tiempo-clima para luego efectuar predicciones acerca de la calidad del aire y el clima, los SMHN están ofreciendo información vital a las instancias normativas y al público. Al colaborar con los servicios medioambientales y de salud pública de carácter nacional, regional e internacional, están ayudando a reducir el riesgo de muertes y lesiones inducidas por la contaminación con lo cual nos protegen a nosotros y a nuestro planeta.



# EVOLUCIÓN DE LOS CIELOS

**Durante miles de años la humanidad ha dejado su huella en la atmósfera al llenar los cielos de gases, polvo y demás partículas. En 1661 John Evelyn reparó en los vapores “impuros y densos” que “corrompían” los pulmones de los habitantes de Londres. La situación sería aun peor al cabo de doscientos cincuenta años. La intensificación de la industrialización a principios del siglo XX cambió radicalmente el aire que respiramos.**

La Revolución Industrial trajo nuevas formas de contaminación atmosférica. La combustión generalizada de carbón desprendía una combinación tóxica de partículas de humo y dióxido de azufre en el aire. A menudo, las nieblas espesas retenían estos contaminantes, lo que provocaba que se acumularan en grandes cantidades para así formar el llamado “smog”. La peligrosa combinación formaba además gotas de ácido de azufre corrosivo que podían irritar las vías respiratorias de las personas y causar un amplio deterioro del medio ambiente.

Así como el crecimiento demográfico se fue intensificando desde principios del siglo XX, también aumentó el nivel de contaminación del aire. Las poblaciones que experimentan un crecimiento rápido están fomentando el desarrollo de megaciudades en todo el mundo: aproximadamente la mitad de los 6.000 millones de personas que pueblan la Tierra viven ahora en ciudades. El crecimiento demográfico ha dado lugar a un aumento considerable de la utilización de vehículos y de la demanda de electricidad, circunstancias que suponen un abundante consumo de combustibles fósiles, lo que provoca la emisión de gases reactivos en la atmósfera.

Desde mediados del siglo XX, los vehículos, así como los procesos industriales, han venido liberando monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y la denominada “materia de partículas” en la atmósfera. Los óxidos de nitrógeno y otras sustancias llamadas “componentes orgánicos volátiles” se mezclan con la luz solar para crear el ozono de superficie, que tiene un efecto manifiesto en la salud respiratoria. Hoy en día, el término “smog” se refiere principalmente a esta combinación de luz solar y gases reactivos, es decir, el llamado “smog” fotoquímico en vez del que se observaba en Londres a principios de siglo. Los automóviles y las industrias también emiten gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de

carbono, que al cabo del tiempo modifican el clima, lo cual afecta a la gente de diversas maneras debido a que cambia el tiempo, aumenta el nivel del mar, se derriten los glaciares y las capas de hielo, aumenta la vulnerabilidad a los desastres naturales y se modifican los ciclos del agua y de los alimentos, entre otras cosas. Otras fuentes que producen actualmente contaminación generada por el hombre abarcan la quema de bosques y de vegetación y la incineración de basura. Estas formas diversas de contaminación plantean nuevos retos en lo que respecta a la protección de la salud humana.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que cada año perecen prematuramente 2 millones de personas debido a la contaminación del aire. Los principales responsables de ello son el ozono al nivel del suelo y los contaminantes conexos causantes del “smog”, las partículas, el dióxido de azufre y el monóxido de carbono. Estos contaminantes provocan numerosas víctimas mortales y lesiones debido a enfermedades respiratorias y cardíacas, sobre todo en los países en desarrollo. Incluso concentraciones relativamente bajas de estos contaminantes pueden acarrear una serie de efectos adversos para la salud. Afortunadamente, los adelantos científicos y tecnológicos, concretamente en el campo de las predicciones de la calidad del aire, nos han brindado nuevas oportunidades para reducir los riesgos que representa la contaminación del aire.

## Mejorar las perspectivas

Los Juegos Olímpicos congregan a los mejores atletas del mundo. En la pasada década, tuvieron además un efecto secundario beneficioso, ya que sirvieron de marco para proponer iniciativas destinadas a reducir



*El “Gran Smog” que afectó a Londres en diciembre de 1952 impulsó inicialmente la adopción de medidas.*

la contaminación del aire durante los juegos y a crear una mayor concienciación sobre los problemas de la calidad del aire. Para las Olimpiadas de 1996 celebradas en Atlanta, Georgia (Estados Unidos), la ciudad aplicó una serie de medidas para reducir el tráfico y disminuir los niveles de ozono y otros contaminantes nocivos. La estrategia consistió en utilizar nuevas formas de transporte público, con la incorporación de 1.000 autobuses a la flota existente, el cambio de los horarios de reparto, el cierre de las calles de la ciudad a los vehículos privados y el fomento de horarios de trabajo flexibles así como del teletrabajo. Según estudios médicos, estas medidas se tradujeron en una reducción drástica del asma durante los juegos. Para los Juegos Olímpicos de Verano, celebrados en Sydney en el año 2000 y los Juegos Olímpicos de Verano de Pekín en 2008, se introdujeron medidas similares adaptadas a cada zona con el fin de mantener una mejor calidad del aire para los atletas y los turistas. Estos esfuerzos han dejado un legado en cada lugar, a saber, una mejor calidad del aire y un público consciente de los beneficios de una mejor calidad del aire.

Los Juegos Olímpicos son sólo un ejemplo de las muchas maneras en las que una mejor comprensión de los problemas relativos a la calidad del aire y una mayor sensibilización hacia los mismos puede traducirse en una mejor protección de la salud humana. Desde mediados del siglo XX, los gobiernos de todo el mundo han venido adoptando medidas, de mayor o menor alcance, para reducir el riesgo de lesión o muerte por la contaminación del aire. El "Gran Smog" que afectó a Londres en diciembre de 1952 impulsó inicialmente esas medidas. Fallecieron más de 4.000 personas, lo cual llevó a promulgar, en 1956, la Ley para el Aire Limpio, destinada a controlar las emisiones de humo procedentes del carbón. La ley surtió efecto ya que cuando se produjo un fenómeno de "smog" parecido, en 1962, murieron 750 personas, menos del 20 por ciento con respecto a la cifra registrada en 1952. Poco a poco, los niveles de "smog" fueron disminuyendo, lo cual permitió que la luz solar en invierno aumentara en más de un 70 por ciento entre 1956 y la década de 1980. Esta ley del Reino Unido dio lugar a leyes parecidas en otros países. En los Estados Unidos, las leyes para fomentar el aire limpio permitieron reducir considerablemente el número de días de "smog" nocivo en Los Ángeles y entre 1970 y 1999, los días del año afectados por el ozono malo en esa ciudad disminuyeron de 200 a 41.

Ante una población mundial creciente, sobre todo en los países en desarrollo, las ciudades se enfrentan cada vez más a las consecuencias de un mayor tráfico automotor. Muchas ciudades están abordando el problema con un criterio amplio para atenuar las repercusiones. Por ejemplo, en Ciudad de México, se introdujo recientemente un programa con una normativa más estricta para los vehículos, la prohibición de circular en los días en que la calidad del aire es mala y la mejora de las condiciones de las fábricas. El programa, junto a la presencia de vientos excepcionalmente fuertes, contribuyó a mantener unos niveles de contaminación bajos en el año 2000, el primer año en una década sin alertas por el "smog" en la ciudad.

Los científicos de los SMHN y los organismos asociados contribuyen a la adopción de todas estas medidas destinadas a reducir la contaminación del aire. Desempeñan un papel crucial a la hora de observar, analizar y predecir las condiciones de la calidad del aire para informar a las instancias normativas y al público. Sin estos servicios, las ciudades estarían infradotadas para evaluar los retos y estimar la eficacia de las políticas para encararlos.

### Observar nuestro aire

Prácticamente todos los sitios del planeta están cerca de algún sistema de observación destinado a recopilar



*Fotómetro solar para caracterizar aerosoles en la estación de la VAG de Ryori (Japón), que mide la cantidad total de aerosoles atmosféricos.*



## Capas de aire

El aire que respiramos se encuentra en la capa más baja de la atmósfera, denominada troposfera. Derivada de la palabra griega que significa "cambio", la troposfera es dónde se producen la mayoría de los fenómenos meteorológicos. La troposfera, que tiene un espesor de unos 10 kilómetros, alberga diversos gases, sobre todo nitrógeno y oxígeno, así como una menor proporción de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano.

Al combinarse con el vapor de agua invisible, que es un gas de efecto invernadero natural, y un conjunto de potentes procesos de mezcla en el que intervienen las nubes, los relámpagos y la formación de lluvia y nieve, la troposfera se convierte en la protagonista de los cambios atmosféricos. Cabe destacar que las interacciones de la troposfera y la superficie y la troposfera y la estratosfera, situada en una capa atmosférica inmediatamente superior, pueden cambiar el curso de los contaminantes atmosféricos.

información sobre el aire que respiramos. En una noche de cielo despejado, es posible divisar satélites que transmiten a la Tierra datos sobre algún incendio forestal. En los días claros pueden verse aviones o globos comerciales o de investigación que evalúan la calidad del aire. Cerca del mar, puede haber algún barco que haga un muestreo de la composición del aire por encima y por debajo del océano. Cada día, más de 10.000 estaciones meteorológicas de superficie automáticas y dotadas de personal, más de 1.000 estaciones en altitud, unos 3.000 aviones comerciales, más de 1.000 buques, 1.000 boyas oceánicas a la deriva, 3.000 boyas perfiladoras oceánicas y centenares de radares meteorológicos efectúan mediciones de la atmósfera, la superficie de la tierra y los océanos. A éstas se suman las observaciones del estado químico de la atmósfera. Así pues, las observaciones de la composición meteorológica y química debidamente coordinadas permiten a los científicos entender y predecir con mayor precisión el tiempo, el clima y la calidad del aire.

El WIGOS (Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM) funciona como un marco de coordinación para las observaciones mundiales respaldadas por los SMHN y sus asociados. El objetivo del WIGOS es mantener un alto nivel de calidad de los datos en todos esos Servicios. Además de ofrecer sistemas de observación básicos, el WIGOS brinda su apoyo a varias iniciativas internacionales destinadas a mejorar la calidad de los datos atmosféricos y a intensificar la comunicación de datos.

El WIGOS abarca muchas redes de observación. En tierra, las estaciones meteorológicas miden la velocidad y dirección del viento, la temperatura del aire, la precipitación y la humedad. Cada uno de los factores meteorológicos desempeña un papel importante en lo que respecta a la calidad del aire. Por ejemplo, en general, cuanto mayor sea la velocidad del viento, menor será la concentración de un contaminante. Cuando el viento sopla con mayor intensidad, fundamentalmente disuelve el contaminante, lo que le permite dispersarse y disiparse más rápidamente.

Los datos relativos al viento también se recopilan a través de las plataformas de observación en altitud, entre las que figuran las radiosondas por globo y las aeronaves. Los perfiles de viento así obtenidos sirven a los científicos para percibir la estructura de la atmósfera. A las observaciones de superficie y en altura se suman los sensores oceánicos y satelitales. Los buques y boyas que se encuentran en el océano facilitan información importante acerca de la temperatura del mar, la altura de las olas y el período de las mismas.

Mientras tanto, muy por encima del aire que respiramos en la superficie de la Tierra, se están utilizando cada vez más los satélites para observar tanto los fenómenos meteorológicos como la contaminación del aire. Los instrumentos espaciales pueden captar la formación de una tormenta de arena, observar penachos en los incendios forestales, detectar la calima regional o medir los cambios en el hielo marino. Las aplicaciones son abundantes y van en aumento. Diversos tipos



## Volcanes y otras fuentes importantes de emisiones

El 15 de junio de 1991 hizo erupción el Monte Pinatubo en las Filipinas, despidiendo 20 millones de toneladas de dióxido de azufre hasta lo alto de la atmósfera, creando así una nube de 30 megatoneladas de partículas de ácido sulfúrico, también conocidas como aerosoles, en la atmósfera alta. Al cabo de tres semanas, la nube de aerosoles rodeaba el planeta y permaneció en la parte alta de la atmósfera (la estratosfera) durante dos años. Desde allí, hacía retornar la luz solar hacia el espacio, impidiendo así que ésta llegara al suelo, fenómeno que causó el enfriamiento mundial. Los científicos continúan estudiando este acontecimiento para entender mejor las repercusiones climáticas y meteorológicas de las erupciones volcánicas.

Las erupciones volcánicas son fenómenos absolutamente naturales, pero muchas otras fuentes de las sustancias químicas presentes en el aire se ven afectadas por las actividades humanas. Los científicos deben tener en cuenta todas las fuentes de contaminación en los modelos de predicción de la calidad del aire, el tiempo y el clima. Algunas de las principales fuentes de contaminantes que poseen un componente natural son las siguientes:

**Incendios:** los incendios que se producen en la zona tropical continental y en las regiones boreales tienen efectos de gran magnitud sobre la salud humana y el clima. Los incendios forestales, causados por los relámpagos, desprenden cantidades importantes de monóxido de carbono, componentes orgánicos volátiles y partículas. Los incendios pueden también tener origen humano y derivarse, por ejemplo, de actividades relativas a la producción agrícola y de carbón. Las condiciones más calurosas y más secas, que se asocian con el cambio climático, fomentan la frecuencia de los incendios.

**Plantas y árboles:** la vegetación produce componentes orgánicos volátiles y polen, que causan asma y reacciones alérgicas. El isopreno es un componente orgánico volátil común que emite la vegetación; es sumamente reactivo y puede contribuir considerablemente a una fuerte conta-

minación del aire estival. Algunas plantas producen contaminantes más reactivos que otras. Las prácticas forestales pueden modificar las emisiones naturales.

**Otras actividades biológicas:** la actividad microbiana emite dióxido de carbono, metano, óxidos de nitrógeno y gases de azufre en la atmósfera. Las vacas y otros animales rumiantes desprenden metano a través sus singulares aparatos digestivos. Un aumento en la cantidad de rumiantes necesarios para satisfacer a una población mundial creciente ha contribuido a intensificar las consecuencias de los gases de efecto invernadero.

**Relámpagos:** las descargas eléctricas que se producen en las tormentas generan elevados niveles de óxidos de nitrógeno y provocan incendios forestales. En consecuencia, los relámpagos contribuyen directamente a la formación del ozono atmosférico. Se han utilizado satélites para observar el ozono causado por relámpagos en la zona tropical del Océano Atlántico. El cambio climático puede influir en la aparición de tormentas de gran intensidad en todo el mundo.

**Tormentas de arena y de polvo:** las tormentas de arena y de polvo producen gran cantidad de partículas que, a menudo, viajan hasta lugares distantes de donde se originan. Pueden tener repercusiones sobre el tiempo, el clima, la salud respiratoria, las epidemias y, posiblemente, la formación de huracanes. Pueden verse afectadas por las actividades humanas como la modificación de la superficie de la tierra y las prácticas agrícolas.

**Otros:** los contaminantes de interior comprenden partículas y polvo, esporas de moho y gases procedentes de los combustibles para cocinar o de los materiales de construcción. Muchas personas pasan más tiempo en espacios cerrados que al aire libre, pero los graves riesgos relacionados con la calidad del aire interior no son el tema principal de este folleto.

de satélites, es decir, los de órbita polar, los geoestacionarios operativos para el estudio de la meteorología y los de observación del medio ambiente para la investigación y el desarrollo, ofrecen conjuntamente una amplia variedad de parámetros adicionales como perfiles de la química atmosférica, imágenes de nubes visibles y en infrarrojo, imágenes del vapor de agua e indicadores de la estructura del viento. Lo que posibilita estos análisis es la "teledetección pasiva" que fundamentalmente mide la radiación electromagnética natural débil emitida por el sol, las moléculas de aire y los objetos calientes. Los satélites geoestacionarios recopilan simultáneamente datos sobre aerosoles, la nubosidad global, las temperaturas oceánicas y atmosféricas y otra información importante.

Las observaciones terrestres, oceánicas, aéreas y espaciales proporcionan la fuente de información básica necesaria para las evaluaciones y predicciones del tiempo, el clima y la calidad del aire. La OMM ha venido coordinando y recopilando información sobre la calidad del aire desde los años cincuenta. La mayor parte de la información sobre la composición química de la atmósfera proviene simultáneamente de varias fuentes: estaciones de superficie que miden el aire que respiramos o teledetectan la composición atmosférica presente por encima de la superficie mediante espectrómetros que efectúan un seguimiento del sol e instrumentos instalados en globos y que funcionan con láser. Estos se complementan con observaciones de aeronaves y de satélites.

La OMM, a través de su programa de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG), coordina una red de observación de la composición atmosférica global formada por 24 estaciones en todo el mundo, como el Observatorio de Alert en Nunavut (Canadá), el Observatorio de Mauna Loa en Hawai, el Observatorio del Monte Kenya en África y el Observatorio de Ushuaia en Argentina. Estas estaciones mundiales, así como las estaciones regionales y contribuyentes, recopilan datos clave sobre la calidad del aire que permiten entender las tendencias y los procesos químicos que están cambiando nuestro aire.

Más de 65 países albergan estaciones de superficie de la VAG. Cinco Centros de Datos Mundiales de la VAG coordinan la comunicación de datos entre estos observatorios para fomentar el estudio del ozono, la radiación ultravioleta y solar, los gases de

efecto invernadero y las partículas procedentes de la combustión de biomasa y las tormentas de arena. En el siguiente sitio web puede consultarse información más detallada sobre las estaciones de la VAG: <http://www.wmo.int/gaw>.

En conjunto, los sistemas de observación del tiempo, el clima y la calidad del aire permiten estudiar de manera ordenada los cambios constantes de nuestros cielos. La OMM respalda a los SMHN de sus Miembros mediante el establecimiento de normas internacionales y de un sistema para intercambiar observaciones e información. La cobertura de la red de observación de todo el mundo no está distribuida de forma uniforme. Así pues, una mayor inversión en los sistemas de observación de la composición atmosférica puede colmar las lagunas que existen en esa cobertura y ofrecer un panorama todavía más preciso de la atmósfera.

### **Predecir la calidad del aire**

En las primeras horas de un día estival despejado, puede resultar evidente que al menos la mañana será soleada; sin embargo, es más incierto saber cómo será el día en lo que respecta a los diversos contaminantes. Afortunadamente, en los últimos años han mejorado los datos de la observación mundial y regional, lo cual ha aumentado la capacidad para predecir las condiciones de la calidad del aire. En muchos lugares del mundo, se ofrece diariamente una predicción de la calidad del aire junto con la predicción meteorológica. Dicha predicción podría ser: "Hoy tendremos un día soleado y caluroso, con niveles de ozono elevados, así que, si es posible, permanezcan en ambientes cerrados". Elaborar una predicción de este tipo, aunque transmita un mensaje simple, no es una tarea fácil. Durante décadas, los meteorólogos han venido trabajando con los científicos en muchas disciplinas a fin de mejorar las predicciones locales y regionales de la calidad del aire y convertir esos datos en información útil para el público.

En los años setenta, cuando los científicos comenzaron a estudiar detenidamente el fenómeno de la lluvia ácida, se produjo un cambio radical en cuanto a la predicción de la calidad del aire. Era la primera vez que se admitía mundialmente que la contaminación del aire era un problema regional que requería una cooperación transfronteriza. La lluvia transportaba

azufre y nitrógeno a los lagos y a los suelos, lo que causaba daños en el ecosistema. Por primera vez, los científicos podían establecer firmemente que el problema se debía al transporte de contaminantes hasta lugares situados a cientos o miles de kilómetros del punto de origen. Este estudio sentó las bases en 1979 de la Convención sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia de las Naciones Unidas, que estableció las directrices relativas a las emisiones y los medios de cooperación para, en definitiva, reducir la cantidad de lluvia ácida en todo el mundo. La labor de evaluación también formó la piedra angular de las predicciones de la calidad del aire que se efectúan hoy en día.

Al percatarse de que los contaminantes podían permanecer en la atmósfera durante largos períodos y recorrer largas distancias, resultaba urgente encontrar maneras de predecir la calidad del aire. Los meteorólogos ya poseían métodos para predecir el tiempo y los científicos especialistas en el medio ambiente disponían de métodos para estudiar los contaminantes en el punto donde se emitían los mismos, pero no existía un sistema para unificar ambas partes. A raíz del convenio de 1979, ambas partes comenzaron a colaborar más estrechamente y se transformaron los procedimientos relativos a la predicción de la calidad del aire. Gracias a



*Ejemplo del daño causado a las hojas de una sandía por el ozono a nivel del suelo: muchos cultivos comerciales son vulnerables al ozono.*

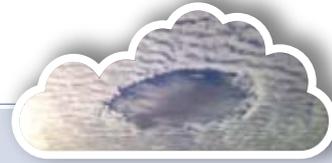
una mejor capacidad de modelización numérica era posible crear predicciones regionales de la calidad del aire coordinadas a través de todos los continentes. Desde entonces, los científicos han venido esforzándose por ofrecer las mejores predicciones urbanas, regionales y mundiales de la calidad del aire.

La elaboración de predicciones exactas y oportunas tropieza con muchas dificultades. Ante todo, los científicos necesitan disponer de los datos relativos a las emisiones. Necesitan saber exactamente cuáles son los gases y las partículas que emiten las industrias. En un principio, era voluntario facilitar esa información, pero gracias al Convenio de 1979, así como a protocolos complementarios y leyes regionales, aumentó la disponibilidad de datos. Los científicos tienen que combinar información sobre las emisiones y otros datos químicos con los datos meteorológicos: la presión, el viento, la humedad, la temperatura, la nubosidad y la precipitación.

Para encarar grandes dificultades, los SMHN ofrecen diversos productos destinados a la predicción de la calidad del aire. Muchos de ellos han tomado sus modelos y datos de predicción y han creado índices de la calidad del aire, es decir, una predicción de la calidad del aire utilizable cotidianamente que resume las concentraciones de diversos contaminantes. Frecuentemente, a los índices se les atribuye un código de colores que representan las categorías de riesgo de los contaminantes del aire, que, generalmente, se calculan a partir de un promedio estadístico de los contaminantes que más prevalecen.

Muchos países del mundo establecen en la actualidad índices de calidad del aire. En cada región varía la manera en la que se difunden los índices y las predicciones, es decir, algunos pueden utilizar colores, mientras que otros usan palabras para indicar el riesgo; algunos pueden ser diarios mientras que otros son semanales o menos frecuentes; y algunos se concentran en muchas partículas y gases mientras que otros en un contaminante solamente.

Los índices pueden dar lugar a advertencias sobre la calidad del aire que se transmiten de común acuerdo con las autoridades locales encargadas de la salud y el medio ambiente cuando los niveles de la contaminación del aire exceden los niveles nacionales. Esas advertencias pueden ofrecer consejos sobre las medidas preventivas



## Ozono: el bueno y el malo

Ya para todos es conocido el agujero de ozono situado por encima de las regiones polares. Desde los años ochenta, los estudios científicos, las campañas educativas y las iniciativas legislativas han grabado en nuestras mentes la imagen de una rasgadura cada vez mayor en la capa de ozono estratosférica protectora que nos expone a una radiación ultravioleta perjudicial. Se descubrió que la actividad humana, sobre todo, la utilización de los componentes de clorofluorocarbono (CFC), estaba erosionando la capa de ozono, que se encuentra a una distancia de entre 15 y 35 kilómetros de altitud. Tras tentativas mundiales para prohibir los CFC y las sustancias conexas que reducían la capa de ozono en virtud del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono (1985) y el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono (1989), las concentraciones atmosféricas de estos gases han empezado a disminuir paulatinamente. Se espera que la capa de ozono estratosférica vuelva a su estado normal entre 2050 y 2065, lo cual permitirá que ofrezca de nuevo una protección contra la radiación ultravioleta perjudicial.

Pero esto no es todo lo referente al ozono. Si bien la capa de ozono de la estratosfera situada muy por encima de la superficie de la Tierra, presta un servicio al hombre y al planeta, el ozono que se encuentra cerca del suelo (ozono al nivel del suelo) tiene un efecto más funesto. Este ozono, formado a partir de fuentes tanto naturales como contaminadas - una combinación de óxidos de nitrógeno, componentes orgánicos volátiles y luz solar - actúa como gas de efecto invernadero. Como consecuencia de las emisiones procedentes de vehículos e industrias, este ozono "malo" y los oxidantes conexas crean el "smog" fotoquímico que invade muchas zonas urbanas, lo cual crea problemas respiratorios y cardiovasculares. En las regiones pobladas, la contaminación por el ozono tiende a alcanzar su máximo nivel durante el verano debido a la luz solar y al calor adicionales que interactúan con las emisiones industriales y urbanas. Este ozono malo no solamente presenta riesgos para la salud humana, sino que también es nocivo para los árboles, las cosechas y la fauna salvaje. Además, puede adoptar la forma de materia de partículas dañina y repercutir de forma significativa en la producción agrícola.

para la salud humana dadas las condiciones de la calidad del aire. Para la coordinación de las predicciones y las advertencias a través de las fronteras es necesaria la normalización de medidas y umbrales.

Las predicciones y los índices de la calidad del aire que se dirigen al público son importantes, no sólo para la salud humana sino también para la agricultura y la ordenación de los bosques. La exposición al ozono puede dañar las células de los árboles y las plantas, estropeando sus hojas y disminuyendo el ritmo de crecimiento. Los niveles de ozono ascendientes, especialmente en algunas partes de Asia, están haciendo peligrar el suministro de alimentos. Algunos estudios prevén rendimientos más bajos en las cosechas en las próximas décadas como consecuencia del incremento de los niveles de ozono. Los índices del ozono pueden ayudar a los agricultores a anticipar los días en los que el ozono al nivel del suelo puede poner sus cultivos en peligro.

Mientras que los científicos de todo el mundo continúan fomentando sus capacidades de predicción, la OMM sigue respaldando a los SMHN en su labor de transmitir al público información sobre la calidad del aire. Uno de los objetivos primordiales de la OMM es ayudar a las personas a entender las predicciones y los índices que se les facilitan. Los productos deberían comunicar de manera efectiva los niveles de contaminantes que suponen un riesgo para las personas y para el medio ambiente y los motivos por los que los contaminantes son peligrosos. Asimismo, los SMHN deberían colaborar con otros servicios públicos que informan a los ciudadanos de las medidas preventivas para los días en los que la calidad del aire es mala. Los cursillos de formación, las normas y las directrices así como la movilización de recursos que respalda la OMM contribuyen en su conjunto a mejorar la capacidad de predicción de la calidad del aire de los SMHN.



# TIEMPO Y CLIMA: CAMBIAR EL AIRE QUE RESPIRAMOS

**Grandes cantidades de asfalto, numerosísimos rascacielos y otros edificios, industrias y obras de construcción, millones de personas y millares de automóviles, camiones y autobuses: ésta es la receta perfecta para preparar la contaminación urbana. El asfalto y los edificios generan una gran cantidad de calor al absorber la radiación, que retienen dentro de la ciudad durante el día y liberan durante la noche. Las ciudades tienden a alcanzar temperaturas de entre 0,5 y 6° C más calurosas que las zonas suburbanas adyacentes y las zonas rurales. Este calor adicional puede intensificar la producción de ozono al nivel del suelo. Los edificios consumen altos niveles de aire acondicionado para enfriarse o grandes cantidades de calor para calentarse, lo cual genera más calor y contaminación atmosférica en la ciudad y sus alrededores. El consumo de energía aumenta, lo cual, a su vez, incrementa las emisiones de dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre de las centrales eléctricas aledañas. Los vehículos, especialmente cuando avanzan de manera intermitente, desprenden más dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas.**

La calidad del aire de una ciudad puede depender considerablemente de su ubicación. En las latitudes más bajas, las altas temperaturas del verano llevan a utilizar más el aire acondicionado, lo cual agrava la contaminación. En las altas latitudes, el invierno puede ocasionar neblinas de humo provocadas por un proceso denominado inversión del calor, o de la temperatura, que retiene el aire frío cerca del suelo, donde queda estancado, atrapando a los contaminantes. La topografía también influye. Una ciudad situada en un valle experimentará los efectos de la inversión del calor, dado que los contaminantes quedan retenidos en la cuenca, por la falta de vientos suficientemente fuertes que les permitan pasar sobre el terreno montañoso. Sin embargo, en las inmediaciones de un gran lago o de un océano, las brisas constantes pueden hacer que los contaminantes desaparezcan sin demora.

El hecho de que el viento, la temperatura, las precipitaciones y otros factores meteorológicos desempeñen un papel determinante en la contaminación del aire no es ninguna novedad. Lo que sí lo es, es la sensibilización creciente hacia la complejidad que rodea a esos factores y la relación entre la contaminación del aire y el tiempo. En los últimos años, se ha vuelto es-

pecialmente importante comprender estas relaciones debido a que hay más ciudades con más de 10 millones de habitantes. Estas megaciudades se encuentran en todas partes: Bombai, India; Buenos Aires, Argentina; Karachi, Pakistán, Lagos, Nigeria; Ciudad de México; Nueva York, Estados Unidos de América; París, Francia; y Tokio, Japón, entre otras. En todo el mundo, las ciudades están creciendo porque las personas están eligiendo más que nunca la vida urbana, y se prevé que esta tendencia continúe. El Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-HABITAT) estima que para el año 2030, tres de cada cinco personas – 4.900 millones de personas – vivirán en ciudades.

Este crecimiento rápido de la población urbana está exponiendo a un mayor número de personas a los riesgos de la contaminación. La OMS observa que



MIKE KEMP

*Los índices de la calidad del aire están contribuyendo a intensificar la sensibilización con respecto a la contaminación atmosférica urbana.*



## Materia de partículas atmosféricas

La materia de partículas atmosféricas, o aerosoles, es el término que se utiliza para describir las partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire. Cuando se trata de su repercusión en la salud, el tamaño de dichas partículas es importante. La dimensión de la materia de partículas es un factor primordial de las repercusiones sobre la salud humana, a la que afectarán a través de infecciones respiratorias, asma y presión en los pulmones y el corazón. En consecuencia, las normas locales, nacionales, regionales e internacionales aplicables a la calidad del aire contaminado de partículas se establecen en función del tamaño. La masa total de partículas en las partículas más pequeñas, de menos de 10 micrómetros de diámetro, es decir, una séptima parte del espesor de un cabello humano, conocidas como  $PM_{10}$ , son una norma estándar. Las partículas  $PM_{10}$  provienen de diversas fuentes como explotaciones agrícolas, industrias, vehículos, la combustión de biomasa y las centrales eléctricas. La mayor parte de las partículas  $PM_{10}$  actúan sobre la nariz, la garganta y las vías respiratorias altas.

Un subconjunto de  $PM_{10}$ , a saber, esas partículas de un ancho inferior a los 2,5 micrómetros, cono-

cidas, en general, como  $PM_{2,5}$  son suficientemente pequeñas para penetrar en la nariz y en las vías respiratorias altas y llegar incluso hasta los pulmones. Estas partículas más finas provienen de la conversión de gases a partículas en la atmósfera y están formadas por sulfatos, componentes orgánicos, hollín, así como de componentes orgánicos tóxicos y metales pesados. Estas partículas son peligrosas porque, a diferencia de las partículas que componen las  $PM_{10}$ , llegan hasta los pulmones y van más allá del mecanismo natural de expulsión de los cilios y las mucosidades del cuerpo humano y, por consiguiente, es más probable que permanezcan en el cuerpo.

Las distintas partículas no sólo difieren entre sí por el tamaño, las causas, la composición y los efectos de las mismas sino también por la manera en la que viajan por el aire. Las partículas de mayor tamaño pueden durar en el aire entre minutos y horas, mientras que la de las  $PM_{2,5}$  más pequeñas pueden durar entre días y varias semanas, dependiendo de la cantidad de lluvia o nieve con la que se encuentren.

muchas ciudades no efectúan un monitoreo de la contaminación atmosférica, lo cual dificulta evaluar esa contaminación a escala mundial. Al mismo tiempo, la OMS estima que la contaminación atmosférica es especialmente elevada en varias ciudades de rápido crecimiento en los países en desarrollo. De los 2 millones de personas que perecen cada año debido a los efectos de la contaminación, aproximadamente la mitad pertenecen a países en desarrollo. En dichos países, resulta particularmente difícil movilizar recursos y establecer directrices para monitorizar y controlar la contaminación del aire. Incluso en los países desarrollados, donde los niveles de contaminantes son considerablemente inferiores, persiste un riesgo importante para la salud humana, debido, en concreto, a las partículas y al ozono.

Los niños, los ancianos y las personas que ya padecen de enfermedades cardíacas y respiratorias, son los más afectadas por las partículas y el ozono. En 2006, la OMS indicó que la reducción de partículas inhalables en ciudades afectadas gravemente podía disminuir el número de las muertes inducidas por la contaminación en un 15 por ciento. Aun cuando en muchas ciudades las industrias han logrado reducir con éxito sus emisiones al cabo de los años, los vehículos de las ciudades que están creciendo continúan desprendiendo niveles elevados de partículas, junto a los precursores químicos del ozono. De hecho, en un estudio reciente de la Agencia Europea de Medio Ambiente se afirma que el transporte automotor es la fuente principal de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y algunos componentes orgánicos volátiles

y la segunda fuente más abundante de partículas en gran parte de Europa.

Los índices de la calidad del aire, establecidos por los SMHN junto con sus asociados, están contribuyendo a intensificar la sensibilización con respecto a la contaminación atmosférica urbana. Al advertir a la población de los días con niveles de contaminantes altamente peligrosos, los índices pueden ayudar a las personas a planificar el tiempo que pasarán al aire libre, con lo cual protegerán su salud. Algunos estudios han atribuido la disminución de los casos atendidos en los hospitales pediátricos a las advertencias sobre la calidad del aire.

Con el fin de fomentar las capacidades de los SMHN para estudiar y predecir los aspectos meteorológicos de la contaminación urbana, la OMM estableció el Proyecto de la VAG sobre la meteorología y el medio ambiente urbano (GURME). Junto con el Programa Mundial de Investigación Meteorológica, este proyecto tiene por objeto ayudar a los SMHN a prestar servicios de predicción de la contaminación urbana al público así como especificar las mediciones meteorológicas y de la calidad del aire. El GURME se lleva a

cabo en colaboración con otros programas de la OMM, la OMS y organizaciones especializadas en el medio ambiente, y, en la actualidad, posee varios proyectos piloto para la demostración de diversos instrumentos aplicables a la contaminación urbana.

El primer proyecto piloto está estudiando las causas de la formación de la contaminación en la atmósfera de Pekín (China). Está coordinado por la Administración Meteorológica de China para ayudar a los meteorólogos a crear sistemas perfeccionados destinados a monitorear, predecir y prevenir fenómenos de contaminación atmosférica. También en China, el proyecto del GURME de Shanghai ha puesto en funcionamiento un sistema de advertencia sobre el ozono y se ocupa de comprender mejor la química atmosférica.

En Moscú (Federación de Rusia), un proyecto piloto, coordinado por el Servicio Federal Ruso para el monitoreo hidrometeorológico y ambiental, se encarga de la medición y la realización de modelos de los vínculos entre el tiempo, la calidad del aire y el clima. Otro proyecto piloto, que se lleva a cabo en colaboración con la Administración Nacional del Océano y de la Atmósfera de los Estados Unidos de América, tiene



CHINA DAILY

*El proyecto del Programa Mundial de Investigación Meteorológica de la OMM para los Juegos Olímpicos de Pekín en 2008 se puso en marcha para apoyar la 29ª edición de los Juegos Olímpicos y la 13ª edición de los Juegos Paralímpicos celebrados en Pekín (China).*

por finalidad ampliar la capacidad de monitorear los contaminantes “de fondo”. Estos contaminantes no se derivan directamente de fuentes de contaminación concretas sino que están en el “fondo” y, a menudo, su monitoreo se efectúa en zonas alejadas del desarrollo urbano.

El proyecto piloto del GURME en América Latina se concentra en ciudades, tales como Santiago de Chile y São Paulo en Brasil, con el fin de desarrollar en la región capacidades para prestar servicios relativos a la calidad del aire. Los cursillos de formación, los estudios y las directrices de carácter regional que respalda el GURME están promoviendo una mayor sensibilización hacia los problemas de la contaminación atmosférica y creando la capacidad para que los SMHN los puedan resolver.

En el siglo XXI, la contaminación urbana es una grave amenaza para todos los países. La labor conjunta de los meteorólogos, los hidrólogos, los químicos atmosféricos y los científicos especializados en el medio ambiente permite entender la manera en que se produce la contaminación urbana y ayuda a fomentar nuestra capacidad para reaccionar adecuadamente. En muchos casos, esa labor puede llegar a estudiar la contaminación por doquier y no solamente en las zonas urbanas. La mayoría de los procesos meteorológicos que se producen en la contaminación urbana son aplicables a cualquier fenómeno de contaminación atmosférica. Además, a menudo, la contaminación urbana puede extenderse a las zonas rurales y viceversa, por lo que es necesario una buena modelización y cooperación entre las disciplinas de investigación. La OMM mantiene su empeño en respaldar estos esfuerzos en sus países Miembros, con el fin de mejorar la calidad del aire en todo el mundo.

### Un viaje por todo el mundo

Cada invierno y cada primavera, el Ártico se convierte en el centro de un torbellino de contaminantes. Una calima de color marrón rojizo rodea a la región y buena parte de Eurasia septentrional, invadiendo los hábitat de la latitud norte con una mezcla de sustancias tóxicas. Los fuertes vientos transportan contaminantes desde Europa y Asia hacia las zonas septentrionales en una masa de aire estable, en la que permanecerán dichos contaminantes durante el



NOAA

*Calima ártica en Brooks Range, Alaska (Estados Unidos de América)*

invierno mientras recorren lentamente las masas térmicas del Ártico.

La consiguiente “calima ártica” dista mucho de ser un simple incordio ya que reduce la visibilidad, deposita contaminantes perjudiciales en los océanos y en el suelo y contribuye al calentamiento de la región. Este es un ejemplo muy ilustrativo de la manera en la que el transporte atmosférico a gran distancia puede producir contaminación atmosférica mundial a partir de emisiones industriales y urbanas. El aire seco y frío del Ártico propicia poco las nevadas y permite que los contaminantes persistan en la región durante todo el invierno. En latitudes más bajas, a menudo, la lluvia se lleva los contaminantes de la atmósfera mientras que en el Ártico los contaminantes persisten durante el invierno hasta la llegada de la lluvia primaveral tardía.

Estos tipos de fenómenos no se limitan al Ártico. Muchos factores meteorológicos pueden contribuir a transportar contaminantes a gran distancia por todo el mundo. Uno de los mayores problemas medioambientales de los años setenta y ochenta estribaba en el depósito de ácido en nuestros sistemas de agua dulce. La lluvia ácida se convirtió en el tema de estudio más destacado en relación con el transporte de contaminantes a larga distancia. Las emisiones de azufre y óxidos de nitrógeno provocadas por las actividades humanas mediante la combustión de fósiles dan lugar a los precursores químicos necesarios para acidificar la lluvia. Posteriormente, la precipitación transporta el agua con elevado nivel de acidez a largas distancias. Si ésta se deposita en lagos, puede causar



## Abrir camino: el seguimiento de los incendios forestales

En 1997, se produjeron incendios forestales por vastas zonas del Sudeste asiático. Estos incendios, incitados por la sequía, abarcaron un área de más de 45.000 kilómetros cuadrados y causaron más de 20 millones de casos de problemas de salud relacionados con el "smog". Tan sólo en Malasia, durante los incendios, las consultas ambulatorias debido a enfermedades respiratorias aumentaron entre el doble y el triple. El mismo año, los incendios que se produjeron en la Alta Foresta de Brasil incrementaron 20 veces las consultas ambulatorias por enfermedades respiratorias. Y en el verano de 2003, el incendio de Heyman en Colorado (Estados Unidos de América) llevó a un aumento de las enfermedades respiratorias que persistieron durante el otoño.

Estos ejemplos son sólo una muestra de los graves riesgos que suponen los incendios para la salud. Al ser controlados por el viento, la humedad, la precipitación y la temperatura, los incendios pueden considerarse como fenómenos meteorológicos propiamente dichos. Sin embargo, son provocados por una serie de factores que los excluyen de la esfera de la meteorología, ya que, a menudo, el hombre quema la vegetación con el fin de preparar la tierra para fines agrícolas y otras modificaciones del terreno, y también quema madera para usarla como combustible doméstico. A veces, los incendios se deben más bien a causas climáticas, como cuando los propicia la sequía. Los incendios provocados por cualquiera de estas fuentes,

que en conjunto se designan como combustión de biomasa, puede producirse en cualquier lugar. Los científicos estiman que el hombre es responsable de un 90 por ciento de la combustión de biomasa, mientras que el porcentaje restante se debe a los incendios naturales. Cuando se producen incendios, los meteorólogos proporcionan a las instancias normativas y al público datos meteorológicos sobre su desplazamiento probable.

Tras los incendios ocurridos en 1997 en el Sudeste asiático, los esfuerzos de los miembros de la Asociación de Naciones del Asia Sudoriental permitieron establecer un Centro Meteorológico Regional Especializado en Singapur, dedicado a la predicción de incendios forestales y fenómenos conexos, que cuenta con el respaldo de la OMM. El centro facilita imágenes satelitales e información al público que permiten observar directamente la localización y la extensión de los incendios importantes y de los penachos de humo y determinar los contaminantes que se están emitiendo. En cooperación con la OMS y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la OMM ha establecido directrices para indicar a las instancias normativas las medidas que se pueden adoptar en respuesta a los incendios. Los SMHN y sus asociados en todas partes del mundo utilizan de manera similar las imágenes satelitales y demás datos para respaldar las labores de respuesta de emergencia a los incendios forestales.

la muerte de cardúmenes de peces mientras que en el suelo puede perjudicar a los cultivos y los árboles y erosionar edificios e infraestructuras.

Con la ayuda de la OMM y otras organizaciones internacionales, el Convenio de 1979 sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a gran distancia logró profundizar la sensibilización del público con respecto a la lluvia ácida y los fenómenos conexos. El Convenio, que cuenta con 51 Partes, también condujo

a una disminución tangible de las emisiones de dióxido de azufre y dio lugar a una serie de asociaciones y protocolos para reducir el transporte de la contaminación atmosférica a gran distancia. Los protocolos se centran no solamente en la lluvia ácida sino también en el ozono a nivel del suelo, los contaminantes orgánicos persistentes, los metales pesados (tales como el mercurio) y las partículas.



*Incendio forestal en tierra firme en una isla en el río Columbia, en el Estado de Washington (Estados Unidos): el humo negro y el polvo interactúan con las gotitas de los rápidos en la nube formada en lo alto.*

Desde 1980, tan sólo en Europa, las emisiones de dióxido de azufre disminuyeron más de un 70 por ciento y las de óxido de nitrógeno más de un 35 por ciento. En los Estados Unidos de América, a pesar del aumento de la población, del consumo de energía y de la utilización de vehículos, las emisiones de óxidos de nitrógeno se han reducido en más de un 25 por ciento desde 1970 y los componentes orgánicos volátiles han disminuido más de un 50 por ciento. El Asia Central es relativamente una recién llegada al Convenio, ya que Kazajstán y Kirguistán se adhirieron recientemente, y otros países están mostrando interés en el mismo. Actualmente, los problemas causados por la lluvia ácida en el Asia Central son de una gravedad similar a los que se enfrentaban América del Norte y Escandinavia en los años sesenta y setenta. Aun

queda por realizar una labor extensa para reducir las emisiones de estos contaminantes, sobre todo debido al crecimiento considerable de la población mundial. Los efectos del transporte de contaminación atmosférica a gran distancia todavía son perceptibles en nuestros lagos, mares y océanos, por ejemplo en el Mar Negro, en Europa del Este, cuya biodiversidad y estado general han venido sufriendo las graves consecuencias de la contaminación atmosférica desde los años sesenta.

Gracias a una mayor capacidad para realizar modelos, respaldada por la colaboración entre meteorólogos y físicos y químicos atmosféricos, es posible ir comprendiendo mejor los procesos que controlan el transporte de contaminantes a gran distancia. Dado que los problemas que plantea dicho transporte no son solamente interdisciplinarios sino también transfronterizos, es necesaria una colaboración internacional del más alto nivel. Con frecuencia, la contaminación que se produce en un país se depositará en otro. Para esos países es importante establecer acuerdos y normas que permitan transmitir información, como los índices y las advertencias sobre la calidad del aire, a sus habitantes. La OMM facilita dicha cooperación entre los SMHN de sus Miembros, en un marco de actividades que se ajustan a protocolos y asociaciones mundiales.

### Respuesta en casos de emergencia ambiental

**Escenario:** Un tren que transporta 80.000 litros de amoníaco descarrila. De inmediato, el gas frío, licuado se desborda y evapora. Se forma una nube inmensa de gas pesado que choca contra el suelo y poco a poco comienza a rodar cuesta abajo hacia una ciudad. La exposición directa al amoníaco puede causar congelación y quemaduras graves en la piel, así como irritación en la boca, la garganta, los pulmones y los ojos. Inmediatamente, las autoridades hacen una llamada importante y se comunican con el Servicio Meteorológico. Sus científicos poseen la pericia necesaria para impedir que ocurra un desastre mayor.

A partir del momento del accidente, los factores meteorológicos iban controlando cada aspecto de la peligrosa nube, es decir, desde la rapidez con la que se formaba hasta el lugar al que se desplazaba. En conjunto, la velocidad y la dirección del viento, la turbulencia, la

humedad, las nubes, la precipitación y otras condiciones atmosféricas influyen en la extensión, dispersión y dilución de un contaminante. La experiencia de los meteorólogos para interpretar el movimiento y la química del aire les aporta un conocimiento inestimable del funcionamiento de las condiciones atmosféricas. La información obtenida de sus modelos numéricos de la atmósfera, en colaboración con la competencia de los expertos de la salud pública y los servicios de respuesta de emergencia, ayudan a las autoridades a manejar la situación y proteger a la población.

La situación descrita podría ocurrir en cualquier lugar del mundo. Cada año, los SMHN responden a casos de emergencia ambiental de este tipo. Siempre que los contaminantes entran inesperadamente en la atmósfera, ya sea por un derrame de sustancias químicas, una explosión industrial o un accidente en una central nuclear, los meteorólogos pueden monitorear y predecir el movimiento, la dispersión y las concentraciones de toxinas. En estos casos se aplican los mismos principios que rigen los modelos cotidianos empleados en la predicción del tiempo y de la calidad del aire.

El programa de Actividades de Respuesta de Emergencia de la OMM facilita a los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales la utilización de modelos numéricos para el seguimiento y predicción de la dispersión de los contaminantes transportados por el viento en casos de emergencia ambiental. El programa de colaboración se estableció después de un desastre trágico, es decir, el accidente de la central nuclear de Chernobyl en 1986, que provocó un incremento en los casos de cáncer de los habitantes de la región. Así pues, el objetivo inicial del programa de respuesta de emergencia era atenuar los efectos de los accidentes nucleares, pero el programa también comprende servicios de respuesta de emergencia para los casos en los se producen humo e incendios, erupciones volcánicas y emisiones de productos químicos debido a accidentes industriales.

En lo que a accidentes nucleares se refiere, la OMM, en colaboración con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) está a cargo de tres centros de modelización numérica llamados Centros Meteorológicos Regionales Especializados (CMRE), que realizan simulaciones atmosféricas para predecir el movimiento de sustancias radioactivas a gran distancia. Los CMRE, situados en Australia, Canadá, China, Francia, Japón, la Federación de Rusia, el Reino Unido y los Estados Unidos de América, ofrecen una cobertura mundial ininterrumpida. En el plazo de tres horas, pueden facilitar información relativa a respuestas de emergencia en tiempo real al OIEA y a la OMM.

Cuando las emergencias no se tratan de accidentes nucleares, tales como el caso del derrame de amoníaco, el alcance de los servicios de respuesta depende de la predicción numérica del tiempo y los servicios de apoyo operacional disponibles. La OMM se ha venido esforzando por ampliar el alcance de este apoyo al fomentar la cooperación entre los SMHN, sus asociados, y los servicios operativos regionales. Los datos, la información y las predicciones meteorológicas no sólo contribuyen a la respuesta de emergencia sino que también pueden reducir el riesgo de incidentes mediante la adopción de medidas preventivas, por ejemplo, la elección del lugar idóneo para construir una central nuclear. Entre la información que facilitan los SMHN tras producirse una situación de emergencia, se encuentra la de las trayectorias que van siguiendo las sustancias en el aire. Al igual que los mapas de las trayectorias de los huracanes, esas trayectorias indican de dónde vienen y hacia dónde van las sustancias, lo que permite bosquejar un posible trayecto de su movimiento. La coordinación entre la OMM, su red de SMHN y otras organizaciones internacionales garantiza el máximo nivel de protección para la población mundial durante y después de un caso de emergencia medioambiental.



HIGH ALTITUDE RESEARCH STATION JUNGFRAUJOCH  
COURTESY OF THE JUNGFRAUBAHN, INTERLAKEN

# EL AIRE QUE RESPIRAMOS: CAMBIAR NUESTRO TIEMPO Y NUESTRO CLIMA

**Desde finales de la década de 1960 hasta comienzos la de 1980, la sequía de la región del Sahel africano dio lugar a una hambruna devastadora que se cobró la vida de más de un millón de personas y afectó a muchos millones más. La cantidad de lluvia descendió a niveles de entre un 20 y un 49 por ciento inferiores a los de la primera mitad del siglo XX. A miles de kilómetros hacia el este, la precipitación iba aumentando a través de vastas zonas de Australia. Algunos investigadores piensan que ambos fenómenos están relacionados, debido a la contaminación atmosférica.**

Históricamente, la región semiárida del Sahel, que limita con el Sahara al norte, las regiones más fértiles de África al sur, el Océano Atlántico al oeste y el Mar Rojo al este, ha sido propensa a la sequía por varios motivos, entre los que cabe mencionar el uso de la tierra y la variabilidad climática natural. No obstante, algunos científicos han indicado que el azufre y otras pequeñas partículas también han intervenido en ello. Los contaminantes, que se emiten en grandes cantidades sobre Asia a consecuencia de la contaminación urbana y los incendios, cambian la composición de las nubes, haciéndolas más duraderas y luminosas. Así pues, las nubes reflejan más luz solar y enfrían el suelo. En opinión de algunos científicos, este efecto puede haber debilitado el cinturón de lluvia tropical en el hemisferio norte y haberlo desplazado hacia el sur, despojando así al Sahel de esa precipitación tan necesaria pero inundando Australia y otras regiones del hemisferio sur.



NASA

*La combustión de biomasa emite grandes cantidades de partículas y de gases de efecto invernadero.*

Aunque la proporción exacta en la que los contaminantes del aire contribuyeron a la sequía del Sahel y al aumento de la precipitación en Australia durante la segunda mitad del siglo XX es algo incierta, investigaciones recientes, confirmadas en el Cuarto Informe de Evaluación (2007) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), han dejado claro que la contaminación atmosférica es una de los protagonistas de las variaciones climáticas mundiales y del clima. Los principales responsables de estos fenómenos son los gases de efecto invernadero, el ozono y los aerosoles, es decir, pequeñas partículas suspendidas en el aire, también conocidas como materia de partículas.

La mayoría de los aerosoles del aire están presentes en forma de calima. Antes de que la lluvia se los lleve, pueden afectar a la meteorología. En las partes altas de la atmósfera, los aerosoles pueden persistir durante períodos de tiempo prolongados, lo cual modifica el clima a largo plazo también. El efecto más directo de los aerosoles en el tiempo y el clima es que tienden a alterar la cantidad de luz del sol que llega a la tierra. Asimismo, los aerosoles pueden modificar las propiedades de las nubes y la precipitación.

Se sigue investigando la gran variedad de maneras en las que los aerosoles pueden afectar a las nubes y a la precipitación, pero está claro que los aerosoles pueden cambiar y, de hecho, cambian las nubes, y, en consecuencia, pueden modificar el ciclo de la precipitación en una zona determinada. Un estudio científico reciente copatrocinado por la OMM sobre los efectos de la contaminación por aerosoles en las precipitaciones que caen en el suelo, *Aerosol Pollution Impact on Precipitation: A Scientific Review*, examina los numerosos y diversos efectos de los aerosoles en las precipitaciones y confirma que los aerosoles constituyen variables climáticas esenciales, junto con las variables meteorológicas clásicas tales como la velocidad del viento, la presión, la temperatura y la humedad.

## Ahumar la atmósfera incide en el cambio climático

En el verano de 2004, en un hecho sin precedentes, una extensión de 25.000 kilómetros cuadrados del interior de Alaska y otros 30.000 kilómetros cuadrados del oeste de Canadá ardieron en numerosos in-

## Medidas contra el calor extremo

Tanto las infecciones bacterianas, como la deshidratación, los dolores de cabeza, los calambres, los golpes de calor, los edemas inducidos por el calor pueden resultar de un solo fenómeno: una ola de calor. En Dinamarca, se considera que hay una ola de calor si la temperatura excede los 28° C durante tres días consecutivos. En Sudáfrica, la temperatura tendría que ascender algunos grados más antes de que la situación revistiera peligro. El clima del lugar en el que crecemos y en el que vivimos en el presente es uno de los factores más importantes de los dependen esos fenómenos mortales, pues lo que puede parecer un calor opresivo para alguien acostumbrado a un clima templado, podría resultar agradable para alguien acostumbrado a un clima tropical. Sin embargo, dado que las temperaturas experimentan un ascenso en todo el mundo, muchos científicos prevén que la gente encontrará cada vez menos lugares para evitar niveles de calor sumamente peligrosos.

El concepto de ola de calor es relativamente fácil de comprender, es decir: un período de elevadas temperaturas, a menudo acompañadas de mucha humedad, invade una región durante varios días o semanas. Sin embargo, los datos específicos del fenómeno son más complejos. Una vez más, el lugar en el que vive una persona determina cuándo una temperatura cálida se vuelve demasiado calurosa. Según la definición de la OMM, se produce una ola de calor cuando, durante más de cinco días consecutivos, la temperatura máxima diaria excede en cinco grados Celsius a la temperatura máxima media. Esas temperaturas extremas pueden producirse en cualquier lugar, debido a varias condiciones meteorológicas. Los sistemas de altas presiones, la dirección del viento, la nubosidad, la humedad y, obviamente, la luz solar y la radiación influyen de manera directa en la aparición y frecuencia de las olas de calor. Cuando éstas se producen, pueden conducir rápidamente a incrementar las tasas de la mortalidad debida a enfermedades cardíacas y respiratorias. Los sectores más vulnerables de la sociedad son los ancianos, los niños pequeños, los enfermos y las personas que realizan actividades al aire libre.

Según ha observado el IPCC, durante los últimos 50 años, ha aumentado el número de las olas de calor. Se prevé que esta tendencia persista en el siglo XXI, por lo que se verán amenazadas las vidas de millones de personas. Generalmente, las personas que corren el mayor riesgo son las que viven en lugares donde el clima es menos propenso a experimentar fenómenos relacionados con el calor, ya que tienen menos capacidad de adaptación al calor excesivo.

Con el fin de encarar esta incipiente amenaza, la OMM y la OMS han establecido conjuntamente directrices relativas al funcionamiento de los sistemas de alerta temprana en caso de olas de calor. El objetivo consiste en aunar a los encargados de los asuntos relativos al clima, la salud, la respuesta en casos de emergencia y a las instancias normativas para abordar el tema del calor como un riesgo para la salud. Se están planificando varios proyectos de demostración, que contribuirán a ofrecer un asesoramiento práctico aplicable regionalmente para poner en marcha sistemas de alerta temprana.

Actualmente, la OMM está examinando los sistemas que en el presente facilitan alertas tempranas ante olas de calor, como por ejemplo, el sistema de vigilancia y aviso para prevenir problemas de salud inducidos por el calor, establecido en Francia. Dicho sistema, que se puso en marcha en 2004, constituyó una respuesta directa a la ola de calor mortal que azotó a Europa en 2003, la cual se cobró 70.000 víctimas mortales en todo el continente. Generalmente, Francia goza de un clima moderado y, por lo tanto, el país no estaba preparado para enfrentarse al calor extremo del verano de 2003. Así pues, fue necesario adoptar medidas de inmediato. El sistema francés de vigilancia y aviso para prevenir problemas de salud inducidos por el calor activa ahora un plan de acción nacional tan pronto como asciende el índice de calor. El Instituto Nacional de prevención de la salud y Météo-France realizan una labor conjunta para suministrar datos sobre la salud y las condi-



ciones meteorológicas en tiempo real que pueden ayudar al público a mantenerse a salvo durante las olas de calor. La OMM espera que se intensifiquen los esfuerzos conjuntos de este tipo en otras partes del mundo.

En el futuro, podría ser posible compaginar esos sistemas de alerta temprana sobre los riesgos del calor con las advertencias y los índices relativos a la contaminación del aire. Por ejemplo, el exceso de calor tiende a generar más días con ozono malo en las zonas urbanas. Los efectos combinados de las olas de calor y los contaminantes atmosféricos, especialmente el ozono y la materia de partículas, incrementan la mortalidad. Una advertencia sobre el riesgo de altas temperaturas emitida conjuntamente con una advertencia sobre la elevada contaminación atmosférica protegería a los habitantes de una región y además haría comprender que el calor es un riesgo de múltiples facetas.

Las olas de calor también pueden suponer un riesgo para la salud cuando dan lugar a incendios forestales. En 2007, la ola de calor que azotó a Bulgaria intensificó la sequía prevaleciente, lo que provocó que se generalizaran los incendios forestales. En sólo cuatro días, se produjeron más de 1.500 incendios, que no solamente pusieron en peligro inmediato a las personas y la propiedad, sino que también emitieron en el aire partículas posiblemente perjudiciales tanto para la salud humana como para el clima regional.

Tal vez, las olas de calor constituyan uno de los peligros atmosféricos que más cuesta percibir como tales, a pesar de ser los más peligrosos. Comprender sus causas y efectos en el contexto de la calidad del aire, la meteorología y el clima a largo plazo afianzará nuestra capacidad colectiva para adaptarnos a condiciones más cálidas. En cooperación con los servicios de meteorología y de salud, las comunidades locales y regionales necesitan prepararse para estos acontecimientos inevitables a medida que nuestro clima continúa calentándose.

Incendios forestales, lo cual redujo la visibilidad y provocó la emisión de grandes cantidades de monóxido de carbono. Estos incendios también hicieron que aumentaran las cantidades de ozono a nivel del suelo en gran parte del hemisferio norte. Sin embargo, pueden resultar aún más sorprendentes los estudios según los cuáles dichos incendios enfriaron la superficie durante un período de entre varias semanas y meses seguidos. Las partículas de humo que están presentes en la atmósfera disminuyen la cantidad de radiación solar que llega al suelo. De acuerdo con algunos científicos, este efecto de enfriamiento podría ser suficiente para ralentizar el calentamiento de la Tierra en el Ártico en caso de que se intensificaran los incendios anuales en los bosques boreales.

Los estudios que examinan los efectos de las partículas de humo y otros aerosoles en el clima y el cambio climático son cada vez más pertinentes. Los científicos se están percatando de que tienen que tener en cuenta los aerosoles cuando establecen modelos para la atmósfera a fin de vaticinar adecuadamente los futuros escenarios climáticos. Aunque los aerosoles causan un enfriamiento general en la superficie situada por debajo de ellos, la cantidad exacta de energía solar que bloquean depende del espesor de las partículas, la luminosidad de la superficie del planeta y la intensidad solar, así como del lapso que los aerosoles permanecen en la atmósfera.

Los sensores terrestres y los satélites que miden la cantidad de luz solar que dispersan y absorben las partículas pueden captar directamente el fenómeno en su fase inicial y en su desplazamiento. Ello mejora la capacidad de los científicos para incluir aerosoles en sus modelos climáticos y meteorológicos. Actualmente, los modelos que incluyen los aerosoles producen resultados que se ajustan con mayor exactitud a los cambios ya observados en la atmósfera. Estos adelantos podrían también mejorar las predicciones meteorológicas locales y regionales. Cuanto mayor sea la capacidad de los científicos para captar lo que sucede en la atmósfera, mayor será la exactitud de sus predicciones.

Muchas de las fuentes de contaminación que producen aerosoles también generan gases de efecto invernadero, lo cual proporciona otro elemento importante para los estudios climáticos. Por ejemplo, la combustión de biomasa emite no solamente grandes cantidades



## Integración de la información climática en nuestras vidas: Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima

**Ginebra, Suiza, febrero de 1979:** como resultado de la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima, la OMM y el PNUMA crearon el IPCC, laureado con el Premio Nobel, y el Programa Mundial de Investigaciones Climáticas, copatrocinado por la OMM, lo cual impulsó nuevos esfuerzos por entender el cambio climático.

**Ginebra, Suiza, noviembre de 1990:** estos esfuerzos continuaron con la Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, precursora del Sistema Mundial de Observación del Clima y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

**Ginebra, Suiza, septiembre de 2009:** se espera que la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima refuerce los mecanismos de los servicios climáticos para que puedan predecir con mayor exactitud el cambio climático futuro e informar al respecto a las instancias normativas. La reunión, organizada por la OMM en cooperación con otras organizaciones de las Naciones Unidas, gobiernos y el sector privado, abordará la necesidad de integrar la información relativa al clima en la adopción de decisiones del día a día.

Es mucho lo que está en juego ya que nuestro clima afecta a prácticamente a cualquier aspecto de nuestra vida diaria. Tanto los alimentos que ingerimos como el agua que bebemos, las condiciones meteorológicas en las que vivimos y trabajamos y la calidad del aire que respiramos, dependen en parte del clima. Es muy probable que, en el futuro, se intensifiquen los fenómenos climáticos extremos, como las inundaciones y la sequía, por lo que las comunidades de todo el mundo quedarán más expuestas a los desastres. Para planificar mejor nuestro futuro, las instancias normativas y el público requieren la información climática más precisa y de mejor calidad disponible.

La Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima, que se celebrará del 31 de agosto al 4 de septiembre de 2009, partirá de los logros de las reuniones anteriores y abordará los adelantos científicos en cuanto a las predicciones climáticas estacionales, interanuales y multidecenales. Esta información ofrece un amplio abanico de oportunidades para las instancias normativas ya que, ayuda a mejorar la gestión de los recursos hídricos y la agricultura, la atenuación de los efectos de los desastres y la respuesta a los mismos, la planificación urbanística y la producción de energía, entre otras muchas aplicaciones. Al propiciar esos resultados, la Tercera Conferencia Mundial sobre el Clima reforzará las capacidades regionales y nacionales para hacer frente y adaptarse a la variabilidad y al cambio del clima en todos los niveles.



de gases de efecto invernadero y dióxido de carbono. Según algunas investigaciones, durante los últimos 100 años, la combustión de biomasa ha aumentado en todo el mundo, por lo que es sumamente importante incluirla en los modelos climáticos.

Los gases de efecto invernadero emitidos por la combustión de biomasa y por otros fenómenos que producen aerosoles tienden a provocar un efecto de calentamiento. Desde la Revolución Industrial, las actividades humanas han intensificado este efecto de invernadero. Se está estudiando el efecto combinado de los gases de efecto invernadero con los aerosoles. Sin embargo, la mayoría de los científicos que incorporan ambos efectos en sus modelos climáticos, concluyen que, en general, la Tierra tiende a experimentar un calentamiento.

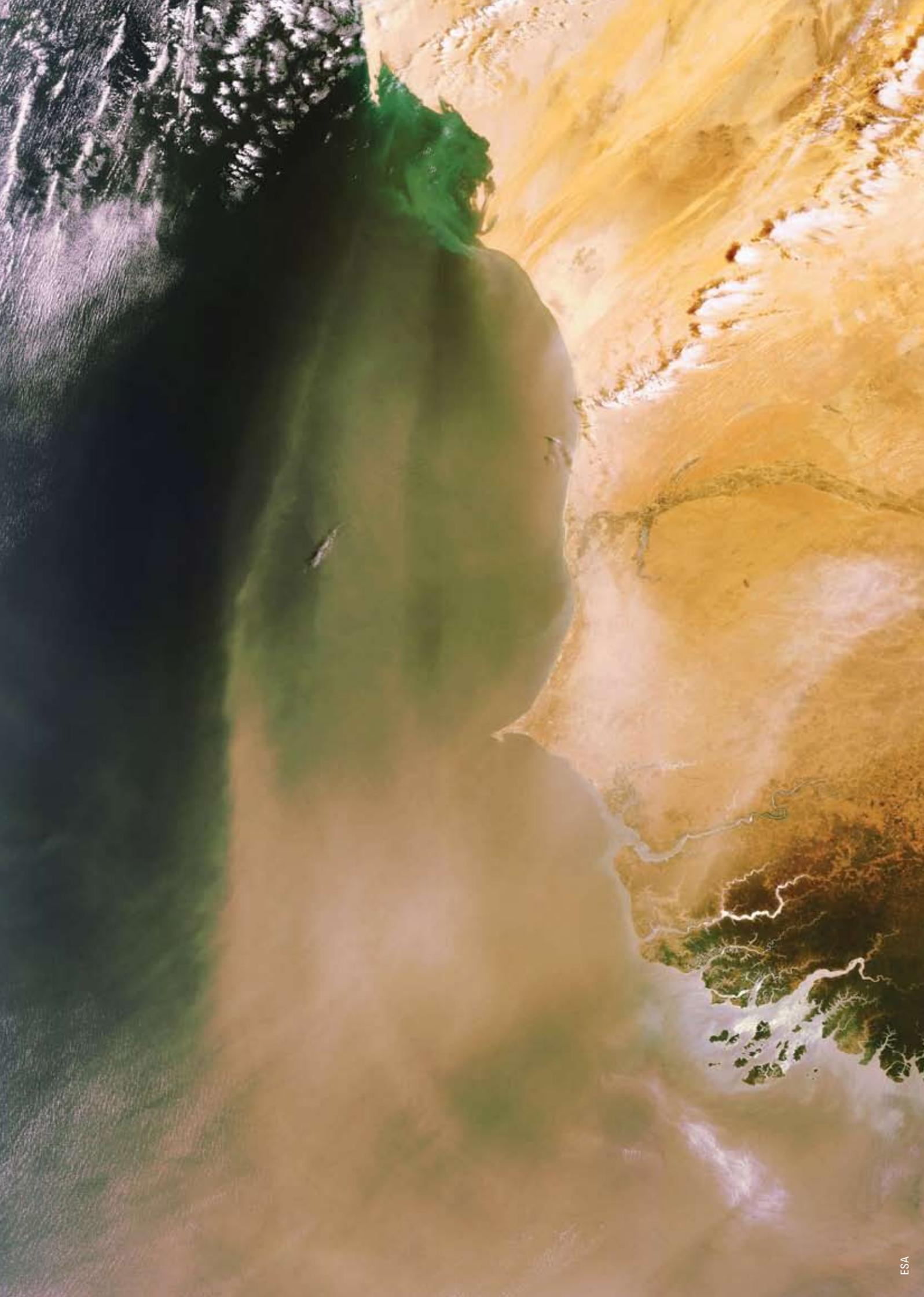
En realidad, a pesar del ligero efecto de enfriamiento causado por los extendidos aerosoles volcánicos emitidos por el Monte Pinatubo a principios del decenio de 1990, el IPCC concluye que la temperatura del aire en la superficie mundial ha ascendido aproximadamente 0,74° C entre 1905 y 2005. De acuerdo con el IPCC, probablemente, el ascenso registrado desde mediados del siglo XX, se deba en gran medida al aumento observado en las concentraciones de gases de efecto invernadero antropógenos. Dadas las condiciones actuales, el IPCC prevé que la temperatura de la superficie mundial subirá entre 1,1° C y 6,4° C durante el resto del siglo.

Un calentamiento del clima puede incrementar la contaminación atmosférica de diversas maneras. Se espera que el cambio climático provoque una mayor desertificación, lo cual aumentaría los riesgos que comportan

las tormentas de arena y de polvo. Asimismo acentuaría el riesgo de sequías, que pueden originar más incendios y, a su vez, más cantidad de aerosoles. Los modelos relativos al cambio climático indican que tanto la frecuencia como la intensidad de los incendios serán mayores debido al ascenso de las temperaturas mundiales. A escala más restringida, las altas temperaturas pueden reforzar el calentamiento de las zonas urbanas, lo que hará que se retengan más contaminantes dentro de las ciudades. De manera más general, el cambio climático puede propiciar fenómenos de contaminación inducida por el calor.

Debido a las enormes repercusiones que tienen en el sistema climático mundial, los gases de efecto invernadero a menudo se traducen en un mayor riesgo para la salud. Por ejemplo, el IPCC prevé que, debido al calentamiento del clima, las inundaciones, las sequías y otros riesgos naturales se producirán con mayor frecuencia e intensidad. Nuestra capacidad para atenuar estos riesgos y adaptarnos como sociedad depende de la habilidad de los científicos climáticos para entender la función de los gases de efecto invernadero y de sus emisiones en la atmósfera.

Los científicos pueden predecir con exactitud el estado futuro de nuestro clima solamente si tienen en cuenta la totalidad de las diversas emisiones que van a la atmósfera, ya sean naturales o derivadas de las actividades humanas, así como los aerosoles y los gases de efectos invernadero. Cada día, científicos especializados en cuestiones climáticas que trabajan con nuestros SMHN van mejorando las modelizaciones relativas al clima y las predicciones con el fin de ayudar a planificar nuestro futuro.



# INVESTIGACIÓN INTERSECTORIAL: TORMENTAS DE ARENA Y DE POLVO

**De vez en cuando, una fuerte ráfaga de viento pasa por encima del desierto de Gobi, levantando arena y polvo y elevando las partículas a la alta atmósfera, a veces, a una distancia de un kilómetro. A menudo, los vientos pueden transportar las partículas a gran distancia, por lo que una tormenta local se convierte en un fenómeno mundial. En 2006, una tormenta de arena de ese tipo cubrió una octava parte de China y arrastró hasta Pekín aproximadamente 330.000 toneladas de arena en una sola noche. La calima limitaba la visibilidad en cinco ciudades de China a menos de 100 metros.**

El desierto de Gobi, que cubre más de un millón de kilómetros cuadrados en el norte de China y Mongolia, no es sino una de las principales fuentes de arena y polvo que transporta el viento en Asia y en todo el mundo. El desierto del Sáhara y otras regiones áridas de África, Asia y América del Norte también producen tormentas de arena y de polvo. Tan pronto como llegan, estas nubes de arena y de polvo representan un riesgo para la salud de las poblaciones y los ecosistemas locales. Las partículas perjudican al sistema respiratorio, reducen la visibilidad y causan daños en los cultivos. Asimismo, tienen repercusiones conside-

rables en el sistema tiempo-clima, puesto que cambian la cantidad de luz solar que llega al suelo. Esta serie de efectos convierte a las tormentas de arena y de polvo en temas de investigación intersectorial importantes para la meteorología, la química atmosférica y las ciencias del medio ambiente.

El Sistema de aviso y evaluación de tormentas de arena y de polvo de la OMM (SDS-WAS) facilita la investigación relativa a las tormentas de arena y de polvo en varias esferas, sobre todo en la predicción de fenómenos. Diariamente, unos 14 centros operativos o de investigación para la predicción del polvo elaboran predicciones relativas al polvo y la arena. Esta labor de predicción es posible debido a que las tormentas de polvo y de arena son fundamentalmente fenómenos meteorológicos, que dependen principalmente del viento. También intervienen otros factores meteorológicos tales como las precipitaciones. Por ejemplo, si en fecha reciente ha llovido en una región desértica, es menos probable que un viento fuerte desprenda las partículas del suelo. Por otra parte, la sequía puede propiciar las condiciones para que se produzcan tormentas de arena y de polvo.



SHUGGIE FISHER

*El desierto de Gobi es una de las principales fuentes de arena y polvo que transporta el viento en Asia y en todo el mundo.*



## Arena y polvo: ¿alimento para los océanos?

A menudo, el polvo y la arena llevan consigo ingredientes fundamentales para la vida de los océanos de todo el mundo, especialmente hierro, nitrógeno y fósforo. La presencia de estos nutrientes hace que florezcan algas, lo cual abastece a la cadena alimentaria oceánica. Se ha observado a través de imágenes satelitales que las tormentas de arena y de polvo pueden transportar partículas a miles de kilómetros del punto de origen. Actualmente, algunos científicos opinan que la gran prolifera-

ción de algas oceánicas puede estar relacionada con las tormentas de arena y de polvo. De acuerdo con estudios de investigación, las tormentas de arena que han afectado al África occidental en el pasado han fertilizado una enorme cantidad de plancton en el Atlántico oriental tropical. El efecto de estas algas en el intercambio de dióxido de carbono entre la atmósfera y los océanos también está siendo objeto de investigación.

Estos factores meteorológicos y climáticos permiten predecir cuándo y dónde aparecerán penachos de arena y de polvo y comunicar alertas tempranas a los gobiernos, las empresas y las comunidades. El SDS-WAS contribuye a garantizar que todas las poblaciones afectadas por tormentas de arena y de polvo tengan acceso a los productos de predicción.

Cuanto más capacitados estén los SMHN para predecir las tormentas de arena y de polvo y advertir al respecto, mejor podrá protegerse a la sociedad de los efectos nocivos de las partículas que transportan. Según algunos estudios, las infecciones respiratorias agudas que afectan a los niños, a las que contribuyen las tormentas de arena y de polvo, son unas de las causas principales de mortalidad en los países en desarrollo.



FINBARR O'REILLY

*Niños corriendo hacia sus casas al acercarse una tormenta de polvo en la zona oriental del Chad.*

Hay varias líneas de investigación abiertas en lo que respecta a las tormentas de arena y de polvo. Por ejemplo, los científicos investigan si dichas tormentas pueden influir en la aparición de ciclones tropicales. De acuerdo con un estudio reciente, en los años en los que hubo más arena en la atmósfera de la costa africana se produjeron menos huracanes en el Atlántico occidental. Se están elaborando modelos de predicción meteorológica que incorporan los efectos de la arena y del polvo en la dinámica atmosférica y oceánica tropical. Estos permitirán entender mejor el desarrollo de los ciclones tropicales y facilitarán la planificación de sus posibles repercusiones y la respuesta a las mismas.

Otra esfera de investigación abierta es la relación que existe entre las tormentas de arena y de polvo y las enfermedades transmitidas por el aire, como la meningitis. En opinión de algunos profesionales de la medicina, las partículas provocan en el tracto respiratorio superior infecciones que vuelven a las

personas más vulnerables a las bacterias causantes de la meningitis, pero es necesario continuar la investigación sobre este tema.

La disponibilidad de mejores datos de observación sobre las tormentas de arena y de polvo está ayudando a las tareas de investigación en todos estos campos. Recientemente, se han añadido al conjunto de instrumentos de observación de la arena y el polvo unos sistemas de superficie y LIDAR (detección y localización por ondas luminosas) satelita-

les, que miden el perfil vertical de los aerosoles de acuerdo con la manera en que reflejan y absorben la luz. Entre otros instrumentos de observación figuran los fotómetros de superficie para el seguimiento del sol, así como instrumentos satelitales. El programa de la VAG de la OMM desempeña una función clave en la coordinación de las observaciones mundiales de las tormentas de arena y de polvo. El SDS-WAS continuará utilizando éstas y otras redes de observación para entender mejor la génesis, la evolución y los efectos de dichas tormentas.



# UNA BUENA INVERSIÓN

**El tiempo, el clima y el aire que respiramos están estrechamente relacionados. Cuanto más aprenden los científicos sobre nuestra atmósfera, más descubren una gran variedad de ciclos de realimentación que controlan nuestro aire, ya que si bien las condiciones meteorológicas pueden crear o controlar la contaminación del aire, los contaminantes atmosféricos pueden también modificar el tiempo de cada día y el clima a largo plazo. Al observar estos fenómenos, evaluar sus repercusiones y elaborar predicciones y**

**directrices destinadas a las instancias normativas y al público, los SMHN y sus asociados nacionales ofrecen productos de un valor inestimable para proteger mejor la salud humana y el medio ambiente.**

Gracias a los esfuerzos conjuntos de la OMM, sus Miembros y sus asociados, los servicios relativos a la calidad de aire disponibles están aumentando anualmente en todo el mundo. Para mejorar dichos servicios y perfeccionar las predicciones meteorológicas



## El panorama visto desde la OMM

Es asombrosa la interacción entre la geografía, el tiempo y la contaminación atmosférica que puede observarse desde el último piso de la sede de la OMM en Ginebra, Suiza. A un lado del edificio, se encuentra el Lago Lemán y, a lo lejos, se divisa la cordillera del Jura mientras que desde el otro lado se pueden ver los Alpes. En un día ventoso de invierno, cuando sobre el lago sopla la *bise*, viento fuerte y frío procedente del noreste, que se escurre través de las montañas hasta el valle del lago Lemán, es fácil comprender por qué el cielo puede mantenerse despejado durante tantos días. Este viento puede disolver muchos contaminantes y llevárselos de la ciudad. Otros días, una capa fina de calima reposa sobre el lago, lo que indica que la arena y el polvo del Sahara, así como la contaminación atmosférica procedente de otras partes de Europa, pueden recorrer miles de kilómetros.

Cada ciudad, cada región tiene una calidad de aire con características propias que obedecen a las interacciones entre el tiempo, el clima y la contaminación atmosférica. La OMM y sus Miembros esperan exponer esos casos carac-

terísticos al mundo e intensificar los esfuerzos coordinados y compartidos mundialmente para mejorar la calidad del aire que respiramos.

La OMM es el portavoz autorizado de las Naciones Unidas acerca del estado y el comportamiento de la atmósfera terrestre, su interacción con los océanos, el clima que produce y la distribución resultante de los recursos hídricos. La OMM cuenta con 188 Estados y Territorios. Su predecesora, la Organización Meteorológica Internacional (OMI), se fundó en 1873. La OMM se creó en 1950 y se convirtió en el organismo especializado de las Naciones Unidas para la meteorología (tiempo y clima), la hidrología operativa y las ciencias geofísicas conexas en 1951.

Al igual que el tiempo, el clima y el ciclo del agua, la contaminación atmosférica no conoce fronteras nacionales. La cooperación internacional a escala mundial es esencial para el desarrollo de las predicciones y aplicaciones. La OMM proporciona el marco y el apoyo necesarios para esa cooperación internacional.

lógicas y climáticas, es necesario invertir continuamente en la investigación sobre la calidad del aire mundial, las observaciones y predicciones y las herramientas para el análisis de datos. Los SMHN de algunos Miembros de la OMM aún carecen de plataformas de observación completas para estudiar los aerosoles, el ozono y los gases de efecto invernadero; otros Miembros no disponen de la capacidad de modelización y simulación para mantener índices de la calidad del aire diarios, semanales o mensuales mientras que otros pueden necesitar ayuda para combinar sus datos meteorológicos con datos relativos a la calidad del aire. Todos se benefician de los adelantos continuados de la ciencia y la tecnología logrados mediante labores de investigación que permiten mejorar las observaciones, las predicciones y la comunicación de datos. Sin los productos relativos a la calidad del aire, es probable que las instancias normativas estén mal equipadas para adoptar decisiones sobre la manera de reducir la contaminación atmosférica en sus regiones y de contribuir, en general, a atenuar los efectos del cambio climático y a adaptarse al mismo.

Junto a los esfuerzos para fomentar las capacidades de predicción y observación, se necesitan amplias campañas educativas para promover una mayor concienciación que permita contemplar la calidad del aire como un asunto de interés local, nacional, regional e internacional que afecta a la salud humana, los ecosistemas, el tiempo y el clima. Los meteorólogos representan sólo un grupo de los importantes colaboradores dentro de este aspecto. En su labor deben participar otros científicos atmosféricos, expertos en salud pública, científicos especializados en el medio ambiente y profesionales de la medicina, entre otros. En ese sentido, la gente tiene que llegar a confiar en todos estos recursos para despejar sus dudas acerca de la calidad de su aire. La OMM continuará respaldando la colaboración entre estos grupos a todos los niveles. Tanto la formación como los cursos, las conferencias, las normas y directrices, así como la tecnología tienen por objeto lograr la comunicación de datos y la cooperación a escala internacional.

Para más información, diríjase a:  
**Organización Meteorológica Mundial**

**Oficina de comunicación y de relaciones públicas**

Tel.: +41 (0) 22 730 83 14 – Fax: +41 (0) 22 730 80 27

Correo electrónico: [cpa@wmo.int](mailto:cpa@wmo.int)

7 bis, avenue de la Paix – Case postale 2300 -CH-1211 Ginebra 2, Suiza

[www.wmo.int](http://www.wmo.int)