

Vigilancia de la calidad del aire



Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM: vigilancia de la composición atmosférica y cuantificación de las fuentes y de los sumideros de los contaminantes atmosféricos
Foto: Ian Britton/FreeFoto.com

Por A. Eliassen¹, Ø. Hov² y L. Barrie³

La calidad del aire en el pasado

Con la industrialización y la urbanización llegaron los problemas de la calidad del aire exterior. La población se estableció alrededor de las industrias. La industria solía traer consigo emisiones contaminantes y humo, y los hogares quemaban carbón y madera para cocinar y calentarse. En muchas zonas densamente pobladas

e industrializadas la contaminación atmosférica disminuyó la esperanza de vida de la población. La malnutrición y las malas prácticas higiénicas fueron otros factores importantes.

La concienciación pública del beneficio de un aire limpio no surgió hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando, en ocasiones, la calidad del aire durante el invierno en algunas ciudades se deterioraba hasta el extremo de que se producía un número importante de fallecimientos. Por ejemplo, en diciembre de 1952 una mezcla densa de niebla y de humo de carbón (esmog) descendió sobre Londres. Murieron más de 2 000 personas por la exposición a los contaminantes atmosféricos durante una semana. Anteriormente se habían producido en Londres episodios de esmog aún peores pero la población ya no estaba dispuesta a aceptar la situación y en la posterior Ley de Aire Limpio, se permitió que las entidades locales crearan “zonas libres de humo”. La concentración de partículas de humo y de dióxido de azufre podía alcanzar varios miligramos por metro cúbico (mg/m^3) de aire durante estos episodios, lo que corresponde a multiplicar por 10 los niveles de situaciones actuales de esmog en Londres.

Hace 50 años, en una ciudad más pequeña, Oslo, situada en el brazo de un fiordo y rodeada de colinas con alturas comprendidas entre 300 y 500 m y con días de invierno muy fríos y estables, la contaminación atmosférica por la combustión de carbón y madera para las calefacciones domésticas era tan alta que a menudo la luz del sol no llegaba a la ciudad. Durante la Segunda Guerra Mundial, los domingos se colocaron carteles en la estación central de metro para atraer a la gente a esquiar a las

colinas: “sol más arriba”. Los niveles de dióxido de azufre y de partículas alcanzaron máximos de mg/m^3 . Hoy en día, las emisiones de Oslo procedentes de fuentes estacionarias son mucho más bajas y el tipo “clásico” de contaminación atmosférica ha desaparecido, a la vez que han aumentado las emisiones relacionadas con el transporte, que pueden ocasionar algunas pérdidas de visibilidad y problemas de salud, en particular los días secos y estables de invierno.

Antes de finales de la década de 1940, en Europa y en América del Norte la contaminación atmosférica estaba ligada a las emisiones locales de contaminantes en las ciudades y/o en las industrias cercanas. Si se atendían los problemas, el Servicio Meteorológico Nacional no solía estar implicado de manera importante; las autoridades sanitarias desarrollaron de manera gradual ramas especializadas para ocuparse de las emisiones subyacentes y, finalmente, para introducir normativas o medidas de precaución.

En las décadas de 1950 y 1960 florecieron la industria y el uso de combustibles fósiles por parte del transporte sin apenas restricciones, excepto las medidas adoptadas para elevar la altura de las chimeneas de las fábricas y para situar los focos contaminantes a sotavento de zonas pobladas. Esta manera de afrontar el problema basada en que “la solución a la contaminación es la dilución” se suplantó en los años setenta y ochenta por una concienciación generalizada de que la contaminación local transportada a otras zonas contribuía a la lluvia ácida regional y a los problemas mundiales de calentamiento por efecto invernadero. Fue en ese momento cuando los Servicios Meteorológicos Nacionales, con redes de vigilancia y herramientas de modelización, comenzaron a desempeñar un papel activo para tratar la calidad del aire, el agotamiento del ozono, la deposición ácida y los problemas relativos al calentamiento climático.

¹ A. Eliassen, Instituto de Meteorología de Noruega, Representante Permanente de Noruega ante la OMM y presidente de la Comisión de Ciencias Atmosféricas de la OMM

² Ø. Hov, Instituto de Meteorología de Noruega

³ L. Barrie, Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente de la OMM

La química atmosférica se convierte en una subdisciplina de la meteorología

En el período que transcurre entre las dos Guerras Mundiales, la investigación meteorológica evolucionó a subdisciplinas tales como la dinámica de fluidos, la física de nubes y la radiación, poniendo de relieve que hacía falta una especialización para hacer avanzar la base científica. Después de la Segunda Guerra Mundial la química atmosférica empezó a surgir como disciplina. Con la excepción del ozono estratosférico, que estaba en el programa de trabajo meteorológico desde la década de 1930, el acoplamiento de la calidad del aire con la meteorología ortodoxa no se hizo importante hasta alrededor de 1960. La atención estaba centrada en el ácido sulfúrico y en el dióxido de azufre, que acidificaban la lluvia y la nieve.

Después de la década de 1950 se desarrolló una red internacional de vigilancia regional para la contaminación atmosférica acidificante en Europa, cuando la red de vigilancia de la precipitación de Suecia, supervisada por el Instituto de Meteorología de Estocolmo, se amplió a numerosos países bajo el nombre de Red Europea de Química Atmosférica (EACN). Estaban implicadas unas 100 estaciones. En la década de 1960 las observaciones señalaban una zona cada vez mayor de Europa sujeta a una precipitación altamente ácida (con pH entre 3 y 4) y apoyaban la existencia de una relación con la acidificación observada en ríos y lagos y la desaparición de peces (p. ej., Odén, 1968).

En ese momento, el Profesor Junge, del Instituto Max Planck de Mainz, en Alemania, publicó el libro histórico *Atmospheric Chemistry and Radioactivity [Química Atmosférica y Radioactividad]*, que significó la mayoría de edad de la química atmosférica. La química atmosférica se definió no solo como el estudio de las

reacciones químicas que tienen lugar en la atmósfera, sino más bien como el estudio de los procesos implicados en el ciclo de las sustancias químicas de la atmósfera a medida que se mueven desde la fuente, por transporte y transformaciones químicas y físicas, hasta la interacción con las nubes y la eliminación final por destrucción química, precipitación o intercambio entre el aire y la superficie. Esta definición incluía muchas disciplinas de la meteorología.

La tecnología permite observaciones de regionales a mundiales

A principios de la década de 1970 se dispuso de instrumentación que permitía una evaluación más amplia de la composición atmosférica a partir de las redes de superficie. Los compuestos químicos a los que se prestó mayor atención fueron el ozono, el dióxido de nitrógeno, el ácido nítrico, el monóxido de carbono, el dióxido de carbono (desde 1957), el metano y otros compuestos orgánicos volátiles, los aerosoles de sulfato y nitrato, el amoníaco, el amonio en aerosoles y los compuestos halogenados como los clorofluorocarbonos.

Las observaciones en zonas rurales, en particular en Europa y en América del Norte, han evidenciado que la contaminación atmosférica se transporta a grandes distancias y tiene contribuciones importantes que no son locales. Se estableció una colaboración internacional auspiciada por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) que, en 1972, puso en marcha un estudio. En su informe final de 1977 (OCDE, 1978) se concluía que el transporte transfronterizo de azufre en Europa era importante y podría ser el factor contribuyente dominante de la deposición de ácidos en los ecosistemas en regiones situadas en la dirección del viento de las principales fuentes de emisión, como Escandinavia respecto al Reino Unido y la Europa

continental. También se confirmaron el transporte y los efectos regionales en América del Norte y, en la década de 1990, en el Sureste de Asia.

Resolver el problema de la acidificación regional de lagos y corrientes implicaba conocer los ciclos atmosféricos del azufre y del nitrógeno mediante observaciones y modelización del transporte a gran distancia. Esto hizo que se derrumbaran las barreras entre los colectivos de la meteorología ortodoxa y de la química atmosférica.

El transporte a gran distancia de la contaminación atmosférica se produce en las mismas escalas espaciales y temporales de las que se ocupan los meteorólogos en la predicción del tiempo. Por ejemplo, los sistemas meteorológicos de latitudes medias septentrionales se desarrollan y maduran en unos pocos días, a la vez que las emisiones contaminantes se mezclan en ellos sobre las Islas Británicas y la Europa continental. Unos pocos días más tarde, la precipitación deposita estos contaminantes o sus productos por transformación química en ecosistemas de la región que sean sensibles al ácido o en regiones que se encuentren en la dirección del viento. Con tiempo bueno y seco, la exposición directa a contaminantes gaseosos como el ozono, el dióxido de nitrógeno o el monóxido de carbono, que se originan por emisiones al menos unos días antes a barlovento, pueden afectar a los seres humanos y a los ecosistemas.

Cartografiado y análisis del transporte a gran distancia de la contaminación atmosférica

El transporte a gran distancia de contaminantes significa que las emisiones de un país afectan a la calidad del aire y a la deposición en los ecosistemas de otro país. En 1968, con C. C. Wallén a la cabeza, la OMM creó la Red de

Control de la Contaminación General Atmosférica (BAPMoN) mundial. Lo hizo para ofrecer información continua sobre la composición química cambiante y las características físicas asociadas de la atmósfera.

La BAPMoN y el Sistema Mundial de Observación del Ozono (SMOO₃) de la OMM se convirtieron en parte del programa de la Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la OMM, creado en 1989. La misión de la VAG es vigilar la composición de la atmósfera de manera sistemática, analizar y evaluar los resultados como apoyo a las normativas internacionales y desarrollar una capacidad de predicción para la calidad del aire y el clima.

La vigilancia de la VAG se centra en coordinar la garantía de calidad y las redes mundiales de ozono estratosférico, ozono troposférico, radiación ultravioleta (UV), gases de efecto invernadero, aerosoles (también conocidos como materia formado por partículas en suspensión), gases reactivos seleccionados (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y dióxido de azufre) y química de la precipitación. Además, fomenta un enfoque integrado para las medidas de contaminación atmosférica urbana, la modelización y la gestión a través del Proyecto de la VAG de Investigación Meteorológica y sobre el Medio Ambiente Urbano (GURME). El ozono, los gases de efecto invernadero y los aerosoles están reconocidos por el Sistema Mundial de Observación del Clima (SMOC) y, por lo tanto, por el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, como Variables Esenciales del Clima. La VAG es un programa principal del SMOC.

Para cada variable del grupo objetivo de la VAG hay instalaciones y mecanismos de normas mundiales de referencia, calibración, garantía de calidad, formación profesional, archivo y análisis de datos mundiales y de supervisión científica.

El objetivo es garantizar conjuntos de datos mundiales de calidad conocida, adecuados para el fin que se pretenden y con relaciones claras con los productos y los servicios.

La VAG es el único programa mundial con un sistema operativo integral para la vigilancia superficial (in situ, con globos y por teledetección) de la composición química mundial de la atmósfera. Lo logra mediante una red de estaciones mundiales (véase la Figura 1), regionales y asociadas. Muchas estaciones sirven a varios fines, lo que significa que la contribución a la VAG únicamente representa un coste adicional.

La naturaleza de las asociaciones que constituyen una red mundial de la VAG depende de la variable que se mide. Por ejemplo, las redes regionales constituyen actualmente elementos esenciales de la red mundial de química de la precipitación, química de aerosoles y ozono en superficie. Entre ellas se incluyen el Programa Europeo de Vigilancia y Evaluación (EMEP: www.emep.int), la Red de Vigilancia de la Deposición Ácida en el Este de Asia (EANET: www.eanet.cc) y las redes de América del Norte (el Programa Nacional de Deposición Atmosférica de los EE.UU.

(nadp.sws.uiuc.edu) y la Red de Vigilancia del Aire y la Precipitación de Canadá (www.msc.ec.gc.ca/capmon). Para la masa de aerosoles, el ozono y el dióxido de azufre, estas y otras redes regionales como la red IMPROVE de los EE.UU., seguirán siendo importantes para llevar a buen puerto los esfuerzos mundiales. Para el ozono total, los perfiles de ozono medidos con globosondas y los gases de efecto invernadero, la red mundial consta sobre todo de los esfuerzos de los Miembros de la VAG en asociación con otros programas mundiales o con esfuerzos nacionales individuales, como el programa de globosondas de los trópicos SHADOZ de la NASA, la Red para la Detección del Cambio Estratosférico, y AERONET, dirigido por la NASA, para la profundidad óptica de la atmósfera.

Uno de los cinco Centros Mundiales de Datos de la VAG es el de Gases de Efecto Invernadero (CMDGEI), con sede en la Agencia Meteorológica de Japón. Este centro recoge todos los datos mundiales, los facilita de manera gratuita y publica productos de análisis útiles como el diagrama mundial en forma de "alfombra voladora" (Figura 2), que muestra las concentraciones medias mensuales de CH₄ promediadas zonalmente durante el período de 20 años de



Figura 1 — Observatorios mundiales de superficie de química atmosférica de la VAG

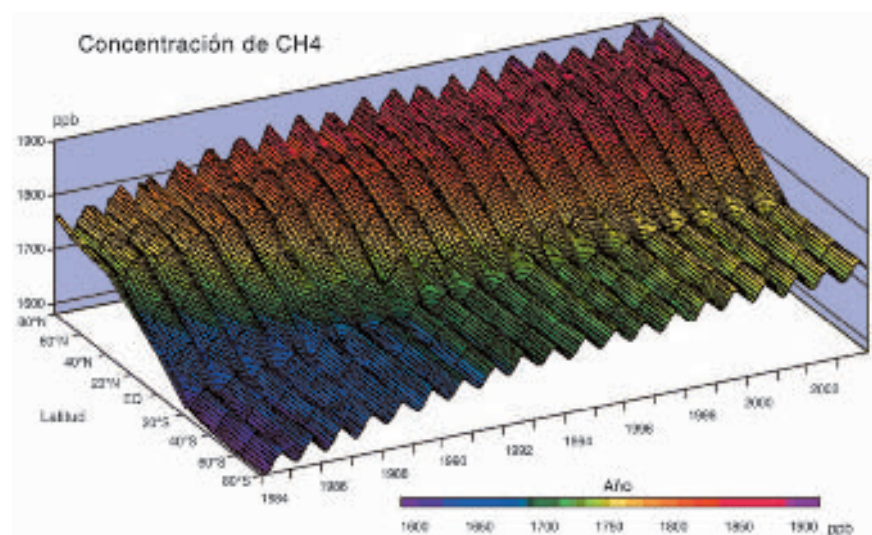


Figura 2 — Concentraciones de metano medias mensuales observadas y promediadas zonalmente en función de la latitud entre 1984 y 2004, en ppb (CMDGEI, VAG de la OMM, 2005)

1984 a 2004. El metano, con un tiempo de permanencia en la atmósfera de 9 a 10 años, presenta un mínimo en verano y un máximo en invierno, lo que refleja principalmente la variación estacional en el principal sumidero del gas, a saber, su destrucción por reacción con radicales OH formados en la atmósfera a partir de la fotólisis del ozono forzada por la luz UV y la reacción posterior de átomos de oxígeno en estado excitado con vapor de agua. Los cambios estacionales y multianuales en el metano no son regulares (para obtener más cifras y referencias, véase CMDGEI de la OMM (2005) o <http://gaw.kishou.go.jp/vdcdgg.html>). En 1991, por ejemplo, después de la erupción del Monte Pinatubo, hubo un gran incremento de metano que se cree que fue debido a la reducción de la concentración del radical hidroxilo como consecuencia de la mayor carga de aerosoles en la atmósfera. La disminución de 1992 fue causada, probablemente, por una reducción de la biomasa que ardió en latitudes bajas. El análisis de los registros del monzón señalaba un descenso en las emisiones de los humedales y de los campos de arroz debido a las bajas temperaturas.

La OMM es el “propietario” y la fuerza motora de la VAG, gracias a las contribuciones de numerosas instituciones e individuos. En muchos países los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Nacionales han ampliado su programa de trabajo más allá de la predicción meteorológica y han asumido competencias para crear y poner en funcionamiento estaciones de observación y tareas de infraestructura dentro de la VAG. A menudo, la financiación nacional para las actividades centrales de la meteorología, como el funcionamiento de una red de observación de la precipitación o de proceso de datos, equipos de almacenamiento y recuperación, actividades de control y garantía de calidad u otras funciones genéricas, puede ampliarse para servir a la VAG con un coste adicional limitado.

La OMM ha desarrollado excelentes cualidades para fomentar la VAG estimulando a los países Miembros a que reconozcan que la VAG supone un valor añadido para su actividad central. La OMM tiene que jugar un papel importante en el desarrollo de mecanismos para obtener valor añadido a partir de las actividades meteorológicas centrales operativas en los países Miembros, ya

que los episodios meteorológicos suelen ser parte de los desafíos medioambientales de la sociedad moderna (“mitigación de desastres”) con consecuencias para sectores específicos de la misma como el transporte, la agricultura o el turismo.

Las emisiones de dióxido de azufre en Europa y en América del Norte están disminuyendo de manera importante (véase la Figura 3), como respuesta a las medidas de reducción de emisiones acordadas dentro del Convenio sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Gran Distancia (CCATGD) de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas y también debido a los cambios forzados de manera independiente por factores económicos y tecnológicos. Las redes de observación regional como la EMEP ofrecen información técnica importante a la hora de fijar objetivos de reducción de emisiones.

La Figura 3 muestra que, para los óxidos de nitrógeno, la reducción de las emisiones en Europa y en América del Norte es lenta, ya que las emisiones de óxidos de nitrógeno surgen en gran medida de las fuentes de transporte. A lo largo de los próximos años se espera que las emisiones de NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) y de SO_2 en América del Norte y en Europa sigan bajando, mientras que las emisiones de China y del resto del Este y del Sur de Asia están creciendo y se espera que sigan haciéndolo. Para 2020 cabe esperar que el 50 por ciento de las emisiones de NO_x en las regiones que se muestran en la Figura 3 provengan de China y del resto de Asia Meridional y Oriental (en la actualidad, representan hasta un 33 por ciento, más o menos) mientras que, respecto al SO_2 , se espera que la proporción de 2020 sea superior al 50 por ciento (en la actualidad también es de hasta un 33 por ciento).

La Figura 3 muestra el “teñido de gris del hemisferio norte” (Grennfelt y Hov, 2005). En el pasado, dominaban las emisiones de Europa y de América del

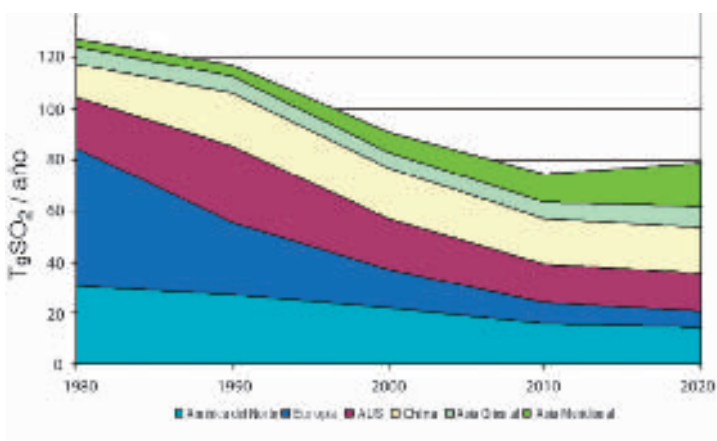
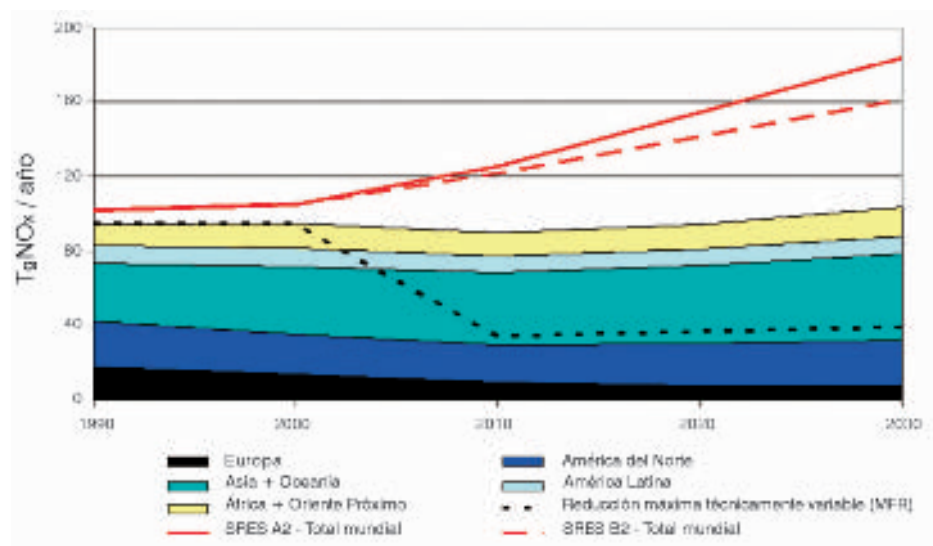


Figura 3 — Emisiones históricas y previstas de óxidos de nitrógeno (arriba) (SRES A2 y B2: escenarios A2 y B2 del Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones del IPCC) y de dióxido de azufre (abajo) (Grennfelt y Hov, 2005) (AUS: Antigua Unión Soviética)

Norte de NO_x y de SO_2 mientras que otras regiones se están aproximando ahora a los mismos niveles.

En la década de 1970 y a principios de la de 1980, la OMM ofreció la orientación y el liderazgo internacionales en la observación del ozono estratosférico, la evaluación de los datos y la obtención del fundamento técnico para el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, firmado hace 20 años, en 1985. En la segunda mitad de la década de 1970 se vio por primera vez que las

emisiones antropogénicas de NO_x de las aeronaves y de los clorofluorocarbonos utilizados como refrigerantes y propulsores de los botes de pulverizadores incrementaban el ritmo de destrucción del ozono estratosférico.

El agujero de ozono antártico empezó a aparecer alrededor de 1980 y, desde la primavera antártica de 1985, la región del agujero de ozono (definida como la zona con una columna de ozono inferior a 220 unidades Dobson) se ha extendido hasta alcanzar entre 0,9 y 2 veces

Problemas relacionados con la calidad del aire y la salud

- Transporte a gran distancia de oxidantes fotoquímicos
- Lluvia ácida
- Fertilización de ecosistemas terrestres y acuáticos asociada en particular a óxidos de nitrógeno, amoníaco y sus productos de reacción transportados por el viento
- Metales pesados, incluido el mercurio
- Contaminantes orgánicos persistentes
- Partículas en suspensión
- Sustancias que agotan la capa de ozono y gases de efecto invernadero

la superficie del continente antártico (OMM, 2003). En la Antártida, las cantidades totales de ozono en los meses de primavera están entre un 40 y un 50 por ciento por debajo de los valores anteriores a la aparición del agujero, mientras que en la región polar ártica la pérdida máxima de ozono total en primavera es de alrededor del 30 por ciento. Promediado mundialmente, entre 1997 y 2001 había aproximadamente un 3 por ciento menos de ozono en la atmósfera que durante los años anteriores a 1980, con un 3-6 por ciento menos en las latitudes medias septentrionales (35°N-60°N) (OMM, 2003).

Mediante la VAG, la OMM apoya la Red para la Detección del Cambio Estratosférico (NDSC). En algunos países, la actividad de la NDSC la lleva a cabo el Servicio Meteorológico Nacional; en otros, otras ramas del sector gubernamental o asociaciones de los sectores público y privado. La teledetección espacial lleva midiendo ozono total desde 1978 (el NIMBUS-7 de la NASA, con su sistema de vigilancia del ozono total). Ahora se realizan, de manera rutinaria, cada vez más mediciones

de satélite en cuatro dimensiones (tres dimensiones espaciales más el tiempo) de componentes atmosféricos menores, lo que aporta una mejora importante en el cartografiado de la composición atmosférica y en los datos de observación para la asimilación en modelos atmosféricos dinámicos.

Modos de desarrollo político y tecnológico en la sociedad

En los 10-20 últimos años ha aumentado de manera importante la concienciación pública de los problemas medioambientales relacionados con la contaminación atmosférica y de su alto coste para la sociedad (véase el cuadro adjunto). La contaminación atmosférica está íntimamente ligada a los problemas de salud, el daño a los cultivos y a los ecosistemas, el deterioro de materiales, los cambios UV y el cambio climático. Estos problemas proceden de actividades que resultan vitales para la sociedad: el transporte, la producción y el consumo de energía, la agricultura y la industria. Debido a los problemas de contaminación atmosférica, se están desarrollando legislaciones nacionales e internacionales para mantener ciertos temas bajo control. Para vigilar el cumplimiento y para seguir desarrollando el conocimiento que afiance las normativas, existen en funcionamiento sistemas de observación de la composición química de la atmósfera en muchos ámbitos: en ciudades, gestionados por las autoridades locales; a lo largo de carreteras, por las autoridades viarias; la industria vigila sus propias emisiones; problemas transfronterizos, por las autoridades nacionales (en algunos casos por el Servicio Meteorológico Nacional, con un papel estratégico y coordinador de la OMM).

Un enfoque al sistema de la Tierra

A medida que madura el conocimiento científico de los problemas medioambientales individuales, se detectan

muchos mecanismos de acoplamientos y de retroalimentación entre aquellos, algunos de los cuales son fundamentales. El transporte a gran distancia, por ejemplo, contribuye de manera importante a los niveles medios anuales de partículas en suspensión en las ciudades. El cambio climático y el ozono estratosférico están fuertemente acoplados. A medida que se reduzcan las emisiones de partículas en suspensión y de sus precursores por razones de sus efectos sobre la salud, se incrementará el calentamiento del sistema Tierra-atmósfera, ya que los aerosoles reflejan radiación solar que, de otra manera, sería absorbida por la superficie terrestre. La contaminación atmosférica variará con el cambio climático, incluso si las emisiones son estables. La presencia de aerosoles puede modificar las configuraciones meteorológicas sinópticas (ejemplo en Tompkins y otros, 2005).

Para tratar los mecanismos de retroalimentación entre los distintos problemas medioambientales se admite de manera generalizada la necesidad de que las observaciones, la modelización y sus requisitos de datos sean interdisciplinarias. El enfoque disciplinario de las normativas legales también está llegando a su fin. Este ya fue el caso del protocolo de varios contaminantes y de efectos múltiples del CCATGD para la reducción de las emisiones en Europa de SO_2 , NO_x y compuestos orgánicos volátiles, adoptado en 1999. Los objetivos de reducción de este protocolo se calcularon para obtener una disminución acordada en la diferencia entre las cargas de contaminante del año de referencia y lo que se espera que los ecosistemas sean capaces de soportar (la carga y el nivel críticos) de manera rentable.

Para reducir las emisiones con objeto de proteger el clima, la capa de ozono estratosférico, las cosechas, los ecosistemas terrestres y acuáticos y la salud pública, se necesita concebir el sistema terrestre con una perspectiva orientada a alcanzar

soluciones que optimicen el beneficio de las normativas (como los impuestos de emisión) y de las inversiones en recambios tecnológicos. Con una visión de futuro que sitúe la ciencia en una posición de vanguardia, cabe esperar importantes activos de la predicción meteorológica. El beneficio de incluir variables seleccionadas de contaminación atmosférica, tales como los aerosoles, en los modelos de predicción, mejorará, sin duda, las predicciones meteorológicas mediante mejores descripciones del forzamiento radiativo y de la simulación de nubes y precipitación.

La transformación de la investigación de algo “dentro de las disciplinas” a algo “entre disciplinas” implica problemas de frontera y de interconexión que requieren una atención cuidadosa. Estamos en el momento de empezar a desarrollar la colaboración. En la investigación de hoy en día existe un desequilibrio importante entre la financiación de la investigación fundamental (que está infravalorada) y la de la aplicada o investigación orientada a los resultados. Esto desplaza los recursos intelectuales y financieros a las aplicaciones, en lugar de al desarrollo de la base científica para el acoplamiento necesario de disciplinas. El peligro está en que las aplicaciones entre disciplinas costosas emprendidas prematuramente solo con un conocimiento rudimentario de los problemas de interconexión pueden llevar a un asesoramiento científico que dé lugar a decisiones políticas desacertadas.

Cuando las demandas “deductivas” se encuentran con tradiciones “inductivas”

El progreso en la interdisciplinariedad beneficiará al conocimiento científico, debido a las relaciones de causa y efecto entre las disciplinas y a las capacidades de observación con las que los satélites y las estaciones de superficie con instrumentos o infraestructuras pueden servir

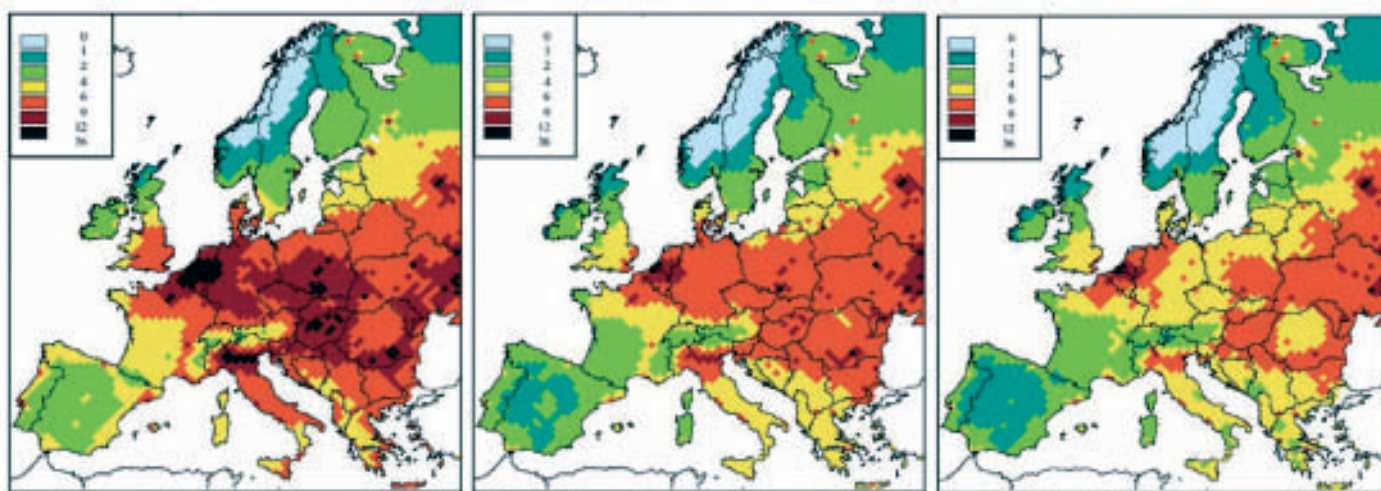


Figura 4 — Pérdida de la esperanza de vida estadística que puede atribuirse a las contribuciones antropogénicas identificadas por partículas en suspensión con un diámetro inferior a 2,5 mm (en meses), para las emisiones del año 2000 (mapa de la izquierda); las emisiones del “escenario sin políticas climáticas adicionales” para 2010 (mapa central) y para 2020 (mapa de la derecha). Media de cálculos para cuatro años meteorológicos (1997, 1999, 2000 y 2003) (Amann y otros, 2005)

a muchos fines. La OMM juega aquí un papel importante conectando las necesidades y los recursos nacionales de tal manera que los problemas en estudio se tratan con las escalas espaciales y temporales adecuadas y esto se aplica tanto a la vigilancia y el desarrollo de modelos como al desarrollo de infraestructuras para cuidar las necesidades, la disponibilidad y la calidad de los datos. La OMM también tiene que desempeñar un papel para garantizar que las implicaciones de los hallazgos científicos para mejorar la calidad de las actividades operativas de los servicios meteorológicos en los países miembros se desarrollan e incorporan al trabajo rutinario.

A medida que surgen problemas medioambientales de importancia política, las necesidades “deductivas” desafían al modelo tradicional de trabajo disciplinario. Los resultados de la Figura 4, que muestran la relación de la esperanza de vida con los niveles de concentraciones de masa de partículas respirables (es decir, aerosoles con un diámetro inferior a 2,5 mm), constituyen un ejemplo de los descubrimientos que entran de manera rápida en la discusión política. La mitigación de desastres se encuentra en

un lugar prioritario de la agenda política, y hacen falta mejoras en la predicción del tiempo y de la calidad del aire y de otros cambios atmosféricos, en muchas escalas espaciales y temporales, y teniendo en cuenta muchos temas.

La VAG de la OMM se encarga de implantar las IGACO (Observaciones Integradas de la Química Atmosférica Mundial) (véase la Figura 5). Las IGACO constituyen el tema de química atmosférica de la Estrategia Integrada de Observación Mundial (EIOM) (IGACO, 2004). Las IGACO incrementarán el apoyo a los programas existentes de observación y llenarán los huecos en la integración y síntesis de datos y en la aplicación de resultados, servicios y productos para atender las necesidades de la Red Mundial de Sistemas de Observación de la Tierra (GEOSS). Las IGACO servirán a muchos de los temas de beneficio social especificados en el plan de implantación a 10 años del GEOSS (véase el cuadro adjunto y http://earthobservations.org/docs/IPTT_201-1web.pdf). La OMM juega un papel destacado financiando la Secretaría del GEOSS.

Las IGACO son una estrategia muy focalizada con unas componentes bien definidas diseñadas para reunir las observaciones terrestres, de aeronaves y de satélites de 13 grupos químicos objetivo en la atmósfera a fin de abordar los problemas socioeconómicos relacionados con el cambio climático, el agotamiento del ozono y el aumento de la UV, y la calidad del aire.

Dentro del GEOSS, que se espera que adquiera velocidad gracias a la presión “deductiva” porque está “orientado a las soluciones”, hay esperanzas políticas de “obtener más por menos” y de identificar redundancias a medida que se fusionen las disciplinas. Para mantener la calidad científica, es urgente destacar las necesidades de investigación y de recursos requeridas para tender puentes entre las escalas, los flujos de datos y los sistemas de calidad, los archivos de datos, los sistemas de modelos, incluidos los datos de entrada (meteorología, emisiones, etc.); y para evaluar y cuantificar las incertidumbres acumulativas.

La OMM tiene a su alcance gran parte de la infraestructura y de la cobertura

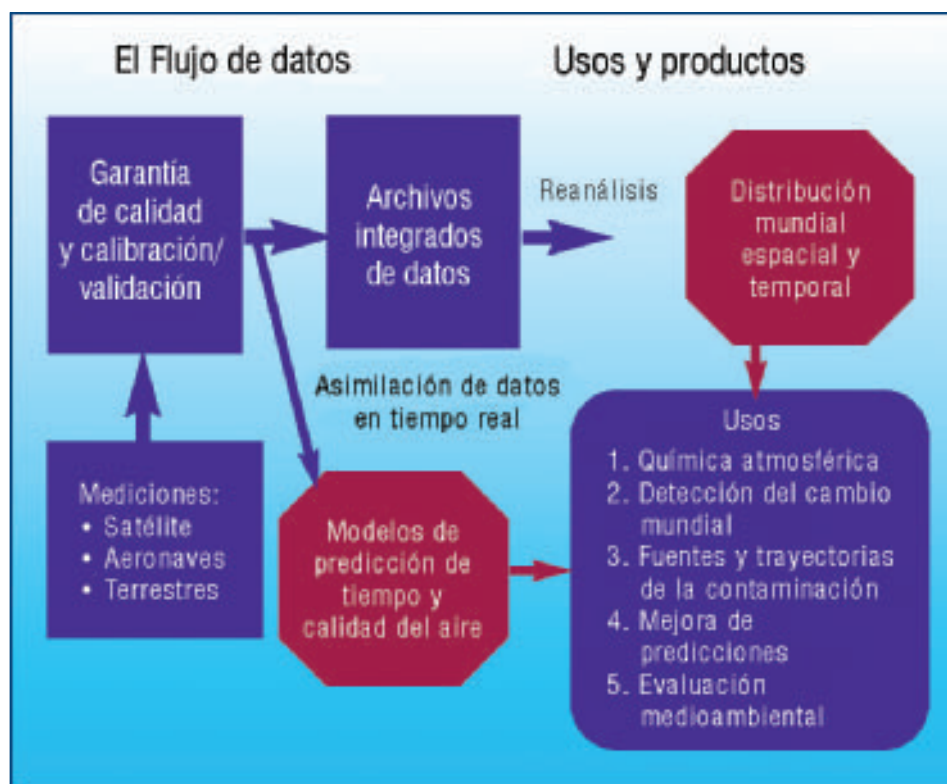


Figura 5 — Observaciones Integradas de la Química Atmosférica Mundial: componentes y usuarios de un sistema en cuya construcción son líderes organizaciones de las Naciones Unidas.

mundial necesarias para hacer evolucionar los actuales sistemas “inductivos” de cartografiado de la calidad del aire a sistemas que respondan a las nuevas demandas “deductivas.” Para la OMM supone otro desafío reunir capacidades interdisciplinarias de maneras importantes y mantener un gran centro de atención en los problemas de interconexión y de frontera sin ceder a la tentación de prometer demasiado y demasiado pronto y recordando que la OMM, en gran medida, se beneficia de los activos de las corrientes nacionales de financiación, en lugar de ser el centro de las mismas.

Referencias

- AMANN, M., I. BERTOK, J. COFALA, F. GYARFAS, C. HEYES, Z. KLIMONT, W. SCHÖPP y W. WINIWARTER, 2005. CAFE Scenario Analysis Report No.1. Informe final para la Dirección General de Medio Ambiente de la Comisión Europea. http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/activities/pdf/cafe_scenario_report_1.pdf.
- GRENNFELT, P. y Ø. HOV, 2005: Regional air pollution at a turning point. *Ambio* 34, 2-10.
- IGACO, 2004: The Changing Atmosphere. An integrated global atmospheric chemistry observation theme for the IGOS partnership. www.wmo.int/web/arep/gaw/gawreports.html.
- ODÉN, S., 1968: Nederbördens och luftens förorening, dess orsaker, förlopp och verkan i olika miljöer. [Acidificación de la precipitación y del aire, sus causas, desarrollo y efectos en distintos ambientes] Estocolmo, *Statens naturvetenskapliga forskningsråd, Ekologikommittén (Boletín del Comité de Investigación Ecológica)*. En sueco.
- OECD [OCDE], 1978: The OECD Programme on Long Range Transport of Air Pollution. Measurements and findings. París, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos.

Red Mundial de Sistemas de Observación de la Tierra: los nueve temas de beneficio social

- Reducción de las muertes y de la pérdida de propiedades por desastres naturales e inducidos por el hombre
- Conocimiento de los factores medioambientales que afectan a la salud y al bienestar de la población
- Mejora de la gestión de los recursos energéticos
- Conocimiento, evaluación, predicción, mitigación y adaptación a la variabilidad y al cambio del clima
- Mejora de la gestión de los recursos hídricos a través de un mejor conocimiento del ciclo hidrológico
- Mejora de la información, de la predicción y de las alertas meteorológicas
- Mejora de la gestión de los recursos hídricos y de la predicción de los ecosistemas terrestres, costeros y marinos
- Apoyo a la agricultura sostenible y lucha contra la desertificación
- Conocimiento, vigilancia y conservación de la biodiversidad

TOMPKINS, A. M., C. CARDINALI, J.-J. MORCRETTE y M. RODWELL, 2005: Influence of aerosol climatology on forecasts of the African Easterly Jet. Aparecerá en *Geophys. Res. Lett.*

WMO [OMM], 2003: Scientific assessment of ozone depletion: 2002. WMO Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 47, Ginebra.

WMO-GAW WDCGG [CMDGEI, VAG de la OMM], 2005: Global Atmospheric Watch, World Data Centre for Greenhouse Gases (2005). WDCGG Data summary, WDCGG No. 29, Japón, Japan Meteorological Agency. <http://gaw.kishou.go.jp/wdogg.html>.