

producidos por la misma reducción de una tonelada en centrales térmicas de carbón. Por otra parte, cambiar las centrales térmicas de carbón por las de gas natural tiene mayores beneficios desde el punto de vista de la salud que del clima, mientras que pasar de centrales térmicas de carbón a centrales hidroeléctricas produce el mismo porcentaje de reducción tanto en las consecuencias para la salud como en las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se pueden adoptar varias medidas para ayudar a reducir las consecuencias medioambientales del desarrollo en Asia. Aunque ninguna simple acción aislada sería suficiente, la diversidad de Asia ofrece un importante potencial de mejora si se centran las estrategias en temas como combustibles adecuados, tecnologías, sectores económicos, fuentes de emisión y ecosistemas ecológicamente sensibles. El crecimiento y la sustitución de la infraes-

tructura energética que serán necesarios para alcanzar el desarrollo asiático previsto, ofrecen también una gran oportunidad para ejecutar estas estrategias. Además, la diferencia en la rentabilidad de la reducción de emisiones en Asia (p. ej., 3 600 \$ EE.UU. por tonelada de SO<sub>2</sub> reducida en Japón, frente a entre 400 y 500 \$ EE.UU. por tonelada en China) ofrecen también un mecanismo de actuación para la región en conjunto, coordinando estrategias de control de emisiones.

El medio ambiente urbano en Asia es claramente un área crítica desde el punto de vista medioambiental. Los servicios meteorológicos tienen un importante papel que jugar en el estudio y gestión del medio ambiente urbano en Asia. En consecuencia, a los SMHN se les presentan en este área en desarrollo, por una parte, grandes desafíos, y por otra, también grandes oportunidades.

## *Moscú — estado y perspectivas de desarrollo de un sistema de información hidrometeorológica para la megalópolis*



373

Por A. A. VASILIEV \* y A. A. LIAKHOV \*

Al empezar el siglo XXI, los problemas del medio ambiente urbano se están volviendo una preocupación importante para la sociedad. Más del 30 por ciento de la población del mundo vive ahora en las ciudades. La urbanización está aumentando y ciudades grandes y pequeñas se están convirtiendo en enormes regiones densamente construidas. Están surgiendo así muchos y complejos problemas que implican no sólo problemas de planificación de las ciudades, sino también la evolución del medio ambiente urbano. Por una parte, ese medio ambiente está evolucionando bajo la influencia del hombre y de la naturaleza y, por otra, está a su vez empezando a tener un efecto importante tanto sobre las vidas y las actividades de la gente como sobre los procesos naturales.

La gestión del medio ambiente urbano se está convirtiendo en una preocupación importante para los países y para organizaciones internacionales, in-

cluida la OMM. El Decimotercer Congreso Meteorológico Mundial (Ginebra, mayo de 1999) creó un Programa de Investigación Meteorológica del Medio Ambiente Urbano (GURME) para guiar a los servicios hidrometeorológicos nacionales que juegan un papel crucial en el estudio y el uso racional del medio ambiente urbano.

Con el apoyo de la OMM y de la administración municipal de Moscú, el Servicio Federal Ruso de Hidrometeorología y Vigilancia Medioambiental (Roshydromet), como parte de su plan de desarrollo, celebró un seminario internacional científico y técnico del 9 al 11 de diciembre de 1999 en Moscú, titulado "Aspectos Meteorológicos del Medio Ambiente Urbano". Tomaron parte más de 100 científicos y especialistas de nueve países, se presentaron 36 comunicaciones y se trataron temas como: tiempo y clima en las grandes ciudades como un elemento del medio ambiente urbano; vigilancia hidrometeorológica del estado del medio ambiente urbano y sistemas de medida, valoración y análisis; las necesidades de los servicios

\* Oficina Hidrometeorológica para Moscú y para el Moscú Oblast, Roshydromet, Federación Rusa

municipales y de las poblaciones de las grandes ciudades respecto a los servicios hidrometeorológicos; la influencia de los factores meteorológicos en la calidad del aire en las grandes ciudades; el tiempo y la salud de las poblaciones urbanas; los servicios hidrometeorológicos para las instituciones y organizaciones municipales, las empresas y la población de las ciudades; y la mejora de los métodos de predicción hidrometeorológica, tomando en cuenta las particularidades del medio ambiente y los modelos de evaluación y la predicción de la calidad del aire.

Roshydromet tiene un proyecto de demostración titulado "Servicio Meteorológico para el Desarrollo Sostenible de la Megalópolis de Moscú". El concepto que subyace bajo este proyecto se presentó y se trató en el seminario.

Las instituciones de Roshydromet ofrecen, principalmente, los servicios hidrometeorológicos para la megalópolis de Moscú; proporcionando a las distintas organizaciones económicas de la ciudad y a su población predicciones, avisos meteorológicos y distintos tipos de información climática, ecológica y heliogeofísica. El principal vínculo de este sistema es la Oficina Hidrometeorológica para Moscú y el Moscú Oblast, que se creó en 1999 gracias a los esfuerzos conjuntos de Roshydromet, las autoridades municipales de Moscú y la administración del Moscú Oblast.

Los servicios hidrometeorológicos que funcionan normalmente en las megalópolis necesitan mejorar. En una zona densamente poblada, económicamente activa, con un tráfico rodado creciente, están aumentando las pérdidas por sucesos hidrometeorológicos no previstos, y hay una amenaza creciente para la vida humana. La toma de decisiones correctas para las industrias de la ciudad y la asignación adecuada de recursos cuando se producen desastres naturales y emergencias de origen técnico dependen de la calidad de la información ofrecida.

En el plan de desarrollo de la aglomeración de Moscú se debe tener en cuenta el cambio climático mundial y las variaciones climáticas a corto plazo asociadas que pueden producirse. En cuanto al suministro de alimentos, entran en juego las condiciones agrometeorológicas dominantes en las zonas agrícolas cercanas. Para asegurar un suministro racional de agua, son esenciales las previsiones de afluencia de pantanos, los niveles de los ríos durante las inundaciones de primavera y otros datos hidrológicos.

A la inversa, una gran ciudad, con sus numerosos edificios y calles, su consumo de energía y sus sistemas de transporte tiene un efecto importante sobre el clima y el tiempo, tanto dentro como más allá de los límites de la ciudad.

Los artículos presentados por los participantes en el seminario demostraron que las necesidades hidrometeorológicas de la megalópolis de Moscú y el efecto de la ciudad sobre el medio ambiente son similares, de muchas maneras, a los encontrados en otras ciudades rusas importantes y en grandes ciudades de Armenia, Bielorrusia, Bulgaria, Israel, Ucrania y Uzbekistán.

Obviamente, para satisfacer estas necesidades crecientes y para tratar otros problemas relacionados con el medio ambiente urbano, los esfuerzos, solos, de los servicios hidrometeorológicos nacionales serían insuficientes. Los participantes en el seminario hicieron ver que es necesario que todos los especialistas que trabajan en campos relacionados con el medio ambiente urbano se impliquen en una asociación de trabajo activa para alcanzar un conocimiento claro de los problemas encontrados y para encontrar soluciones oportunas. En primer lugar, se necesita cooperación para definir e integrar las distintas necesidades de los usuarios en cuanto a información hidrometeorológica.

Las predicciones y los datos de observaciones de los Servicios Meteorológicos nacionales se usan para distintos fines. En cada caso, los requerimientos específicos se mandan generalmente en documentos oficiales. Por ejemplo, los requerimientos para las autopistas, la ingeniería de la energía, la salud y otros servicios municipales difieren respecto a la distribución temporal y espacial de los datos, la precisión de las predicciones, los tipos de parámetros cubiertos y la necesidad de información sobre calidad del aire y del agua. Las necesidades de los usuarios son a menudo bastante específicas y requieren el desarrollo de sistemas especializados y de técnicas de observación y de predicción.

Desarrollar sistemas de observación e integrarlos para un uso de múltiples finalidades necesitará de varios esfuerzos serios. Las actuales redes de observación terrestre y por satélite del Roshydromet pueden detectar y seguir la evolución de las perturbaciones atmosféricas con una escala sinóptica horizontal de varios cientos de kilómetros y una vida típica de más de un día. Tales redes pueden detectar sólo de forma estocástica perturbaciones mesoescalares o microescalares horizontales de menos de 10 km y con una vida de sólo unas pocas horas, o menos, si llegan a detectarlas. Sin embargo, éstas son las perturbaciones a las que con más frecuencia se deben los fenómenos desastrosos que afectan de forma adversa a la industria y a la población de la ciudad. Por lo tanto, se debe desarrollar una red con gran resolución para la distancia (1-3 km) y para el tiempo (5-10 minutos) usando nuevas técnicas tales como radar y estaciones de tiempo automáticas.

La experiencia de la Federación Rusa y de otros países (incluidos Bulgaria, Israel y Uzbekistán) ha demostrado que, para asegurar la vigilancia global del medio ambiente urbano, es esencial perfeccionar los sistemas de observación de la calidad del aire y del agua y de otros parámetros. Se deben desarrollar todos los sistemas de observación en estrecha coordinación, para alcanzar la mejor combinación posible de herramientas de observación y para maximizar su uso. Es crucial crear la infraestructura para una red de observación integrada y trazar una estrategia para su desarrollo.

El principal objetivo de la investigación del medio ambiente urbano es estudiar el clima mesoescalar y microescalar de la ciudad y de su área suburbana y evaluar las posibles influencias de los cambios climáticos mundiales.

Las condiciones climáticas de las ciudades y de sus áreas suburbanas varían. Por ejemplo, las temperaturas medias anuales de Minsk, Gomel, Brest y Vitebsk (en Bielorrusia) son entre 0,3 y 0,6°C más altas que la temperatura de las afueras. En Minsk, la diferencia de temperatura entre la ciudad y los suburbios aumenta aproximadamente 0,1°C cada 10 años. En los últimos 50 años, la diferencia de la precipitación anual observada en Minsk y en sus suburbios ha aumentado en más de 80 mm. En Ereván (Armenia), la formación de niebla se acelera en invierno, hasta el extremo de que en la ciudad hay entre tres y cuatro veces más días de nieblas que en los suburbios. En Kazan (en la Federación Rusa), la temperatura media anual del aire ha aumentado 2,06°C en los últimos 172 años; el aumento de temperatura ha sido de 1,2°C cada 100 años en la ciudad mientras que fuera ha sido de 0,5°C. El área del centro es, de media, entre 0,6 y 1,0°C más caliente y entre un 4 y un 5 por ciento más seca que los suburbios. En Moscú, la temperatura es, en promedio, más alta que en la zona suburbana, elevada entre 200 y 300 m. En la superficie, la diferencia de temperatura puede llegar hasta 8-10°C durante las distintas estaciones y las horas del día.

Las propias ciudades importantes influyen en la estructura mesoescalar y microescalar de los fenómenos meteorológicos adversos. Por ejemplo, las zonas urbanas construidas alteran el flujo del aire y distorsionan también de esta forma los campos de movimiento vertical, tanto sobre la ciudad como a importantes distancias de ella. Esto, a su vez, tiene consecuencias sobre la intensidad de la convección, la cubierta de nubes y la intensidad y distribución de la precipitación. Es necesario investigar esa modificación de los fenómenos meteorológicos que introducen las ciudades. Los resultados de dicha investigación deberían usarse para diseñar modelos y predicciones hidrodinámicos mesoescalares.

La predicción en tiempo real es vital para los servicios hidrometeorológicos de las ciudades. Los objetivos de la predicción pueden dividirse en tres categorías principales, que se pueden distinguir por intervalo, contenido y métodos de predicción:

- Predicciones de tiempo para 0-72 horas, incluidas predicciones de fenómenos extremos.
- Predicciones a medio plazo y predicciones de características meteorológicas de alcance menor al mes.
- Predicciones a largo plazo (estacionales y de mayor intervalo) de fluctuaciones de circulación atmosférica que originen anomalías meteorológicas regionales importantes tales como sequía, heladas generalizadas, grandes precipitaciones de verano, etc.

Entre los otros tipos de predicciones que son importantes para el desarrollo a largo plazo de la megalópolis de Moscú, son de especial importancia las siguientes:

- Predicciones de la calidad del aire y de la contaminación.
- Predicciones de desplazamiento de trayectoria, difusión y precipitación en el caso de accidentes químicos o nucleares.
- Predicciones de cursos fluviales, inundaciones y agua potable.
- Predicciones de las cosechas de los principales cultivos agrícolas.
- Predicciones especializadas hechas a medida para satisfacer las necesidades de usuarios específicos.

Los servicios hidrometeorológicos sólo pueden ser eficaces si la información necesaria llega a los usuarios rápidamente y a tiempo. Los avisos de tiempo peligroso tienen que transmitirse lo más rápidamente posible. Debería diseñarse un plan intersectorial de gestión de datos y se debería desarrollar una base de datos distribuida. Como hicieron ver los participantes en el seminario de Armenia, Bielorrusia, la Federación Rusa y Ucrania, se debe prestar especial atención a la preparación de los datos para los medios de comunicación.

Los participantes del seminario trataron una gran gama de cuestiones relacionadas con la naturaleza específica del medio ambiente urbano. En particular, destacaron las siguientes:

- La adopción por parte de la OMM del proyecto GURME era un paso importante para iniciar el estudio meteorológico, hidrológico y de otros aspectos del medio ambiente urbano con el fin de asegurar el desarrollo sostenible de los principales centros urbanos.

- El proyecto GURME y otros programas de la OMM estaban estrechamente interrelacionados y, por lo tanto, la OMM debería coordinar la ejecución del proyecto.
- El seminario de Moscú se celebró en el momento preciso, ya que eran necesarios un intercambio de experiencias y la mejora de los servicios hidrometeorológicos para grandes ciudades y la investigación en meteorología y medio ambiente urbano.
- Los servicios meteorológicos nacionales estaban muy interesados en una mayor cooperación en el campo de la meteorología urbana y del medio ambiente urbano, en el desarrollo de proyectos de demostración y en celebrar actos conjuntos.

Los participantes en el seminario también hicieron ver que las actividades de los servicios hidrometeorológicos nacionales para la meteorología urbana y para el medio ambiente urbano deberían centrarse en lo siguiente:

- Definir, especificar e integrar las necesidades de información hidrometeorológica de las autoridades municipales y las de las organizaciones de la ciudad.
- Desarrollar un sistema de observación para distintos parámetros del medio ambiente urbano usando técnicas y tecnologías modernas.
- Integrar los sistemas de observación medioambientales y de vigilancia que existen en las grandes ciudades.
- Estudiar la influencia de las ciudades en la evolución de los procesos hidrometeorológicos y de los fenómenos meteorológicos, y estudiar con mayor detalle el clima mesoescalar y microescalar de las ciudades.
- Valorar el efecto medioambiental urbano y el posible efecto del cambio climático mundial sobre el ecosistema de las principales ciudades, y llevar a cabo investigaciones sobre la influencia de los procesos atmosféricos en la salud de la población.
- Mejorar los métodos de predicción hidrometeorológica con distintos intervalos, tomando en cuenta las características particulares del medio ambiente humano y mejorar los modelos de calidad del aire y de contaminación del aire.
- Crear un sistema hidrometeorológico integrado para usuarios de distintos tipos de datos.
- Organizar actos de estudio para intercambiar experiencia al ofrecer predicciones hidrometeorológicas especializadas y otra información a las distintas industrias y poblaciones de las ciudades.

En el seminario se trató con detalle el concepto del proyecto de demostración "Servicio Meteorológico

para el Desarrollo Sostenible de la Megalópolis de Moscú" del Roshydromet diseñado por la Oficina Hidrometeorológica para Moscú y el Moscú Oblast, que incluye las prioridades mencionadas arriba para la mejora de los servicios hidrometeorológicos. El seminario mostró su apoyo al concepto de tal proyecto y recomendó que sea presentado a la OMM como un proyecto de demostración GURME.

En el seminario se hizo ver que la organización y la ejecución del trabajo bajo el proyecto necesitarían de la cooperación entre departamentos y el desarrollo de un plan de ejecución integrado que comprenda el trabajo realizado por las distintas organizaciones de Moscú y del Moscú Oblast, y que además habría que consultar a especialistas de otros países que estén llevando a cabo proyectos similares.

En sus distintas etapas de ejecución, más allá de los organismos del Roshydromet (el Centro Hidrometeorológico de la Federación Rusa, el Centro Principal de Computación, el Instituto de Clima Mundial y Ecología, el Instituto de Geofísica Aplicada, el Centro de Moscú de Hidrometeorología y Vigilancia Medioambiental y el Observatorio Aerológico Central), el proyecto de demostración involucrará también a otras instituciones de Moscú, además de a la Universidad Estatal de Moscú. En general, habría que financiar el trabajo a través de distintas fuentes de la Federación Rusa, pero también se están buscando fuentes de financiación adicionales.

El plan pide que se ejecute el proyecto a través de los siguientes subprogramas, bajo la coordinación general del comité científico y técnico del proyecto:

- Integración y definición de las necesidades de información hidrometeorológica.
- Desarrollo de sistemas de observación y su integración.
- Estudio de la influencia de la megalópolis de Moscú sobre los procesos y los episodios meteorológicos.
- Desarrollo de modelos y métodos de predicción del tiempo.
- Desarrollo de sistemas de análisis y predicción para las condiciones meteorológicas que afecten a la contaminación del aire.
- Desarrollo de sistemas de predicción de los niveles de contaminación del aire y notificación de avisos periódicos de alta contaminación en Moscú.
- Mejora de los datos hidrológicos y agrometeorológicos y del sistema de información de la predicción.
- Estudio de las particularidades del clima mesoescalar y microescalar de la megalópolis de Moscú.

- Integración de los sistemas de recogida, proceso y cartografiado de información hidrometeorológica.
- Desarrollo de un sistema de información integrado para los usuarios.
- Cambio climático mundial y valoración de sus efectos.

- Valoración de la influencia de los procesos atmosféricos en la salud de la población.

En mayo de 2000, se presentó al Consejo Ejecutivo el proyecto "Servicio Meteorológico para el Desarrollo Sostenible de la Megalópolis de Moscú" y la OMM lo adoptó como proyecto de demostración.

## *Servicios meteorológicos para el público en capitales australianas: una perspectiva*



Por Len BROADBRIDGE \*

### **Introducción**

Este artículo se basa en cuatro décadas de experiencia proporcionando servicios meteorológicos para el público a varios estados australianos con capitales con unas poblaciones desde 1 a 3,5 millones. El objetivo es ilustrar las mejoras a lo largo de este período y presentar visiones interesantes y útiles de la provisión de los servicios meteorológicos presentes y futuros, particularmente para ciudades grandes.

### **Los años 60**

Cuando empecé con la predicción meteorológica, a principios de los 60, las principales herramientas eran la presión media a nivel del mar y los análisis de niveles altos, pronósticos manuales de 24 horas y un mentor apasionante con la experiencia de la que yo carecía. Se ponía un gran cuidado y detalle en los análisis, ya que eran la base fundamental de las decisiones sobre predicciones y avisos. Los satélites meteorológicos estaban aún a un par de años de distancia, y la comprensión de las imágenes que generaban, incluso más lejos. Los datos de radar de vigilancia meteorológica se codificaban manualmente y los mensajes se difundían por teletipo. Se descodificaban los mensajes en imágenes dibujadas a mano que representaban las zonas de lluvia y la localización de los chubascos. Cuando la imagen se veía y se interpretaba, ya había pasado un tiempo muy valioso. Las boyas a la deriva, las estaciones meteorológicas automáticas (EMA) y las salidas del modelo numérico, entonces, no formaban parte de nuestro vocabulario.

Siempre que aparecían acontecimientos meteorológicos dignos de noticias, como una ola de calor, a menudo acompañada de los incendios de la maleza en el perímetro de la ciudad, o una tormenta invernal dañina, no había nada del tipo radio de respuesta instantánea para comunicar a las masas lo que querían saber. La televisión, en Australia, estaba en sus primeros años y no podías, siquiera, llamar a un equipo de televisión para que visitara la oficina de predicción. La temperatura oficial de la ciudad se leía sólo cada hora. El sistema telefónico era una centralita básica con un operador y era incapaz de manejar una lluvia de llamadas entrantes.

La economía australiana estaba basada en la agricultura, y la lana y el trigo eran artículos clave, por ello, la sequía tenía una consecuencia grave. La construcción y otras industrias sensibles al tiempo estaban experimentando un fuerte crecimiento. Consiguientemente, puesto que mucho del crecimiento y del desarrollo australiano podía verse fuertemente influido por la variabilidad climática y los fenómenos meteorológicos severos, existía una demanda creciente de un conocimiento mejor del clima, y de predicciones y avisos más fiables.

Había muchas incógnitas en el proceso de predicción. Por ejemplo, un enfriamiento en verano, en Australia meridional, podía estar o no acompañado de lluvia. Sin pronósticos fiables o sin imágenes de satélites, había un conocimiento insuficiente de las características de las nuevas masas de aire que se aproximaban. Era virtualmente imposible decir lo que ellas podían traer. De hecho, un enfriamiento prometido y ansiosamente esperado a veces no llegaba.

\* Director Regional (Australia Occidental), Oficina de Meteorología.