

# GUÍAS DE SALUD PARA INCENDIOS DE VEGETACIÓN

Documento de orientación

Editado por

**Dietrich H. Schwela**  
**Johann G. Goldammer**  
**Lidia H. Morawska**  
**Orman Simpson**

Este documento de la OMS sobre *Guías de salud para incendios de vegetación* es el resultado de una reunión de expertos de la OMS-PNUMA-OMM, llevada a cabo en Lima, Perú, en octubre de 1998. Contiene como complemento, las comunicaciones escritas presentadas y discutidas durante la reunión y usadas para la elaboración de estas guías. Asimismo, se ha elaborado una Guía para el instructor, que permite presentar los contenidos esenciales de las guías de salud durante un curso de capacitación de cuatro días.

Nota:

La versión electrónica de este documento se encuentra disponible en el CD-ROM del Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire de Ciudades Saludables (AMIS) y, parcialmente, en el sitio *web* de la Organización Mundial de la Salud (<http://www.who.int>) y el Global Fire Monitoring Center (<http://www.unifreiburg.de/fireglobe>).



UNEP

**Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi**



**Organización Meteorológica Mundial, Ginebra**



**Organización Mundial de la Salud, Ginebra**

Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment (SDE)

Department of Emergency and Humanitarian Action (EHA)

Department of Protection of the Human Environment (PHE)

Occupational and Environmental Health Programme (OEH)



**Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente**  
**Organización Panamericana de la Salud (OPS/CEPIS)**

La versión original de este documento fue publicada, en inglés, por el Institute of Environmental Epidemiology, Ministry of the Environment, 40 Scotts Road #22-00, Singapur 228 231, Tel: +65 731 9754, Fax: +65 734 8287, dirección electrónica: [envqe@cs.goc.sg](mailto:envqe@cs.goc.sg). La traducción al español de este documento fue realizada por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), Los Pinos 259, Urb. Camacho, Lima 12, Perú, Casilla de correo 4337, Lima 100, Perú. Teléfono (51-1) 437-1077, Fax: (51-1) 437-8289, Internet: [cepis@cepis.ops-oms.org](mailto:cepis@cepis.ops-oms.org), <http://www.cepis.org.pe>.

© Organización Mundial de la Salud, 1999

Este documento no es una publicación formal de la Organización Mundial de la Salud y todos los derechos son propiedad de la Organización. No obstante, puede ser reseñado, resumido, reproducido o traducido en forma parcial gratuitamente, pero no puede ser usado para la venta ni con propósitos comerciales.

Las solicitudes de autorización para reproducir o traducir el documento en forma total y para el uso de entidades comerciales deben remitirse al Department for Protection of the Human Environment, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza, donde encontrará información actualizada sobre los cambios realizados al texto, los planes para elaborar nuevas ediciones y reimpresiones, así como sobre las adaptaciones y traducciones disponibles.

Las denominaciones usadas y la presentación del material en esta publicación no expresan la opinión de la Secretaría de la Organización Mundial de la Salud sobre la condición legal de algún país, territorio, ciudad o área, ni sobre sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras.

La mención de empresas específicas o productos de ciertos fabricantes no implica la aprobación o recomendación de la Organización Mundial de la Salud en perjuicio de productos similares, no mencionados. Salvo error u omisión, los nombres de los productos se distinguen por su letra inicial en mayúsculas.

Los autores son los únicos responsables de las opiniones expresadas en este documento.

## Presentación

Los incendios ocurridos entre 1997 y 1998 en el sudeste asiático afectaron durante varios meses a decenas de millones de personas en países como Brunei Darussalam, Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia. Las autoridades de estos países adoptaron medidas para mitigar los efectos del humo en la salud de la población y controlar los incendios forestales. Este fue el caso particular de Indonesia, país que solicitó oficialmente la ayuda de las Naciones Unidas. Los incendios amenazaron con convertirse en una emergencia más seria ya que podían causar movimientos de población, voluntarios o planificados (evacuaciones) y afectar la salud, la economía y la seguridad.

Los incendios de vegetación, especialmente cuando son descontrolados, constituyen una fuente sustancial de contaminación del aire en zonas urbanas y rurales. Afectan los sistemas de prestación de servicios de salud y el acceso a la atención médica e incrementan el deterioro ambiental. Asimismo, agravan la contaminación del aire, tanto urbana como de interiores (debido a la quema doméstica de madera y carbón para la cocina y la calefacción) y, de esta manera, elevan el riesgo de infecciones respiratorias agudas en los niños, una de las principales causas de mortalidad infantil en los países en desarrollo. La contaminación producida por los incendios forestales afecta especialmente a las mujeres, pues ellas ya están expuestas a altos niveles de contaminación en sus hogares. Debido a que la salud depende en gran medida de un ambiente físico saludable, se deben tratar las dimensiones globales del problema de los incendios forestales. El reto consiste en asegurar el desarrollo sustentable y condiciones de vida saludables, y la pobreza, que conduce al aprovechamiento de tierras a través de la quema (“roza”), está en el centro de este desafío.

Estas guías de salud son el resultado del trabajo de dos departamentos de la OMS: el Department of Emergency and Humanitarian Action (EHA) y el Department of Protection of the Human Environment (PHE), ambos parte del Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment (SDE) de la OMS. Estas guías tienen como objetivo:

- Desarrollar las capacidades necesarias no sólo en los ámbitos regionales y nacionales sino en los locales, y apoyar los esfuerzos de planificación de la OMS a favor de la salud, el ambiente y el desarrollo sustentable;
- Brindar la evidencia y orientación necesaria para fortalecer las bases de una acción intersectorial en las políticas y en la planificación del desarrollo sustentable;
- Determinar cuáles son las mejores prácticas en este terreno y propagarlas a escala mundial, de manera que todos se beneficien y aprendan de ellas;
- Fortalecer los vínculos entre salud, ambiente y desarrollo;
- Apoyar continuamente el desarrollo e implementación de los planes de acción para casos de neblina en los ámbitos regional y nacional, que integran planes de acción ambiental que, a su vez, se aunarán a los esfuerzos nacionales de planificación del desarrollo sustentable;

- Garantizar que se traten adecuadamente los componentes de salud de la Agenda 21 del Programa de Acción de las Naciones Unidas, en cumplimiento de lo acordado en la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro, a fin de que los avances en el campo de la salud promuevan el crecimiento de las economías emergentes y, por consiguiente, la disminución de la pobreza.

La Agenda 21 sostiene:

*En muchos lugares del mundo, el ambiente global (aire, agua y tierra), los lugares de trabajo e incluso las viviendas individuales están tan contaminadas que afectan gravemente la salud de millones de personas. Esto se debe, entre otras razones, a la evolución tanto de los patrones de consumo y producción como de los estilos de vida, en la producción y uso de energía, en la industria, en el transporte, etc., con escasa o nula consideración hacia la protección ambiental. Si bien en algunos países ya se han producido notables mejoras, el deterioro ambiental continúa. La capacidad de los países para afrontar los problemas de contaminación y salud se ve en gran medida limitada por la falta de recursos. Con frecuencia, el control de la contaminación y las medidas de protección de la salud no han ido de la mano con el desarrollo económico.*

*En todo el mundo, los bosques se han visto y se ven amenazados por el deterioro incontrolado y la conversión del terreno debido al incremento de las necesidades humanas, a la expansión agrícola y a un manejo ambiental deficiente, lo que incluye, por ejemplo, la falta de control adecuado de los incendios forestales y de medidas contra la caza furtiva, la tala comercial no sustentable, el sobrepastoreo y el pastoreo ilegal, los efectos dañinos de los contaminantes transmitidos por el aire y medidas e incentivos económicos adoptados por otros sectores económicos.*

*La preocupación por el cambio climático, la contaminación del aire y el agotamiento del ozono han creado nuevas demandas de información científica, económica y social para reducir las incertidumbres existentes en estos campos. Se requiere una mayor comprensión y una mejor predicción de las diversas propiedades atmosféricas y de los ecosistemas afectados, así como de los efectos de estos problemas en la salud y sus interacciones con los factores socioeconómicos.*

Muchos países, han implementado en alguna medida, políticas, legislaciones y disposiciones de emergencia para controlar y combatir tanto los incendios de vegetación como la contaminación del aire, así como para minimizar sus consecuencias. Por ello, el desarrollo de un conjunto de guías de salud común a todos los países resulta muy oportuno. Para alcanzar los objetivos de estas guías, se debe ayudar a las naciones a incluirlas en sus políticas, legislaciones y medidas de respuesta ante emergencias. Ello permitirá identificar y fortalecer las áreas deficientes.

Estas guías contribuyen a reducir en gran medida la carga de mortalidad y de discapacidades evitables que afecta a los pobres. Combaten, también, las amenazas potenciales para la salud derivadas de crisis económicas, ambientes poco saludables y comportamientos riesgosos. En ese sentido, contribuyen a alcanzar dos de los retos

cruciales que fueron enfatizados en el Informe Mundial de la Salud de 1999 y, de esta manera, ayudan a hacer de la salud un derecho fundamental.

Dietrich Schwela

## Prefacio

La contaminación producida por el humo proveniente de incendios de vegetación es un aspecto de salud pública importante e implica riesgos significativos para la salud humana y el ambiente. En Asia, América, África y otras partes del mundo, los incendios de este tipo son un fenómeno constante que muchas veces tiene efectos como el incremento de la mortalidad, el aumento de los ingresos a hospitales debido a enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y el mayor número de casos de emergencia y de pacientes externos. Algunas veces, el humo proveniente de los incendios de vegetación forma una sobrecubierta que agrava la contaminación del aire urbano, y los niveles de exposición están comprendidos entre los que ocurren en el aire en exteriores y los del aire en interiores debido a la cocina y la calefacción doméstica. Un desastre “natural” puede convertirse en una emergencia más compleja debido a sus efectos de alcance nacional y regional tales como movimientos de población y consecuencias en la economía y la seguridad de los países afectados. En una emergencia, como esta, la elaboración de un sistema de alerta temprana incluiría la colaboración multidisciplinaria de científicos, técnicos y administradores.

El Department of Emergency and Humanitarian Action (EHA) y el Department of Protection of Human Environment (PHE), ambos en el Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment (SDE) de la OMS, elaboraron conjuntamente estas guías. Como resultado de esta fructífera colaboración, la OMS presenta estos documentos a fin de brindar herramientas operativas a los profesionales médicos y ambientales, a las autoridades de salud pública, a los fabricantes de productos utilizados en la atención en salud así como a los responsables de la elaboración de políticas.

Este documento de la OMS, *Guías de salud para incendios de vegetación. Documento de orientación*, es un manual integral cuyo objetivo es informar a los gobiernos y a las autoridades municipales sobre las medidas que se deben tomar en el caso de que se produzcan incendios de este tipo, durante los cuales gran parte de la población está expuesta al humo. Este documento resume la experiencia y los conocimientos expuestos en los documentos presentados durante la reunión de expertos OMS-PNUMA-OMM, realizada en Lima, Perú, del 3 al 6 de octubre de 1998. Estos materiales, publicados aparte, se encuentran en el documento “*Health guidelines for vegetation fire events - Background papers*”. Otro documento, titulado “*Health guidelines for vegetation fire events - Teachers guide*”, incluye material educativo que se puede usar en cursos de capacitación.

Las tres publicaciones forman un conjunto de gran utilidad para el manejo práctico de este importante aspecto de salud pública. Son las primeras publicaciones de la OMS que brindan asesoría y orientación en torno al control de incendios de vegetación.

Estos documentos tienen los siguientes objetivos:

- Crear conciencia con respecto a la salud pública y al medio ambiente;
- Brindar información sobre cómo prevenir los efectos de los incendios de vegetación en la salud, lo que incluye un sistema de alerta temprana;

- Identificar prácticas de prevención efectivas, sustentables y aceptables desde el punto de vista económico y cultural;

Este documento ha sido preparado como una respuesta práctica a la necesidad de actuar frente a los constantes incendios de vegetación a escala local y a la urgencia de desarrollar una legislación, una orientación y un manejo más efectivos en las esferas nacional y regional. La OMS espera que estas guías sean de gran utilidad. La institución realizará esfuerzos continuos para mejorar su contenido y estructura. Sería conveniente que los usuarios de estas guías brinden información a partir del uso que le den y de sus propias experiencias. Sírvase enviar sus comentarios y sugerencias sobre las *Guías de salud para incendios de vegetación. Documento de orientación* de la OMS directamente al Department of the Protection of the Human Environment, Occupational and Environmental Health, World Health Organization, Ginebra, Suiza (Fax: +41 22-79 4127, dirección electrónica: [schwelad@who.int](mailto:schwelad@who.int)).

## Agradecimientos

La Organización Mundial de la Salud agradece a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la preparación del documento *Guías de salud para incendios de vegetación. Documento de orientación*. Los nombres de las personas del grupo internacional y multidisciplinario que colaboraron en la elaboración y revisión de las guías se presentan en el anexo K. Un reconocimiento especial merecen los presidentes de la reunión de expertos OMS-PNUMA-OMM, realizada en Lima, Perú, en octubre de 1998: el presidente de la conferencia, Dr. Johann G. Goldammer, del Max Planck Institut for Chemistry/Global Fire Monitoring Center, y los presidentes de los dos grupos de trabajo, el Dr. Michael Brauer, de la University of British Columbia, y el Dr. Joel Levine, del NASA Langley Research Center. Asimismo, se agradece de manera especial a aquellas personas que prepararon los documentos base y a quienes contribuyeron con el éxito de la reunión:

Dr. A. Bakar bin Jaafar, ASMA, Kuala Lumpur, Malasia;  
Dr. Celso Bambarén, Ministerio de Salud, Lima, Perú;  
Dr. Michael Brauer, University of British Columbia, Vancouver, Canadá;  
Ing. Harold Cáceres Deza, Lima, Perú;  
Ing. Sergio Caporali, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS, Lima, Perú;  
Sr. Hashim Daud, Department of Environment, Kuala Lumpur, Malasia;  
Sr. Yudanarso Dawud, Persahabatan Hospital, Jakarta Timur, Indonesia;  
Dr. Michael Garstang, University of Virginia, Charlottesville, Virginia, Estados Unidos;  
Dr. Goh Kee Tai, Ministerio del Ambiente, Singapur;  
Dr. Johann G. Goldammer, catedrático del Max Planck Institute for Chemistry, Friburgo, Alemania;  
Dr. Hiremagalur N. B. Gopalan, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi, Kenya;  
Dr. William B. Grant, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, Estados Unidos;  
Srta. Angelika Heil, GTY and Ministry of Forestry and Estate Crops, Indonesia;  
Dr. Mauricio Ilabaca Marileo, Ministerio de Salud, Santiago de Chile;  
Dra. Liisa Jalkanen, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza;  
Sr. Roy A. Johnson, Department of Interior, Boise, Idaho, Estados Unidos;  
Dr. Yoram Kaufman, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos;  
Dr. Etsuko Kita, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza;  
Dr. Marcelo Korc, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS, Lima, Perú;  
Dr. Osamu Kunii, International Medical Center of Japan, Tokio, Japón;  
Dra. Arlene S. Levine, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, Estados Unidos;  
Dr. Joel S. Levine, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, Estados Unidos;  
Sr. Sze Fook Lim, Malaysian Meteorological Service, Petaling Jaya, Malasia;  
Dr. Carlos A. Llerena, catedrático de la Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria-La Molina, Lima, Perú;

Dra. Josephine Malilay, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, Georgia, Estados Unidos;

Dr. David Mannino, Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, EEUU;

Dra. Lidia Morawska, profesora asociada de la Queensland University of Technology, Brisbane, Australia;

Dr. Daniel Murdiyarto, Global Change Impacts Centre, Bogor, Indonesia;

Dr. Ooi Peng Lim, Ministry of the Environment, Singapur;

Dr. Kanchanasak Phonboon, Health Systems Research Institute, Bangkok, Tailandia;

Dr. Joseph P. Pinto, US Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, Carolina del Norte, Estados Unidos;

Dr. Jean Luc Poncelet, Organización Panamericana de la Salud, Quito, Ecuador;

Dr. Robert R. Romano, Organización Panamericana de la Salud, Washington, DC, Estados Unidos;

Dr. Dietrich H. Schwela, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza;

Dr. Alberto Setzer, INPE-DSR, San José de Campos, Brasil;

Dr. Khalid Shibib, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza;

Dr. Orman Simpson, Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, Estados Unidos;

Dr. Nigel J. Tapper, Monash University, Clayton, Australia;

Dr. J. Hernán Ulloa-Pinto, 3M, Bogotá, Colombia

Dr. Claude de Ville de Goyet, Organización Panamericana de la Salud, Washington, DC, Estados Unidos;

Dr. Darold E. Ward, US Department of Agriculture-Forest Service, Missoula, Montana, Estados Unidos;

Dr. Paulus Angus Winarso, Meteorological and Geophysical Agency, Yakarta, Indonesia.

Un agradecimiento especial al Ministerio de Salud del Japón, que contribuyó con el financiamiento de la reunión de expertos OMS-PNUMA-OMM, realizada en Lima, Perú, en octubre de 1998 para elaborar las *Guías de salud para incendios de vegetación*, es decir, el documento de orientación, los documentos base y la guía para el instructor. Además, estos fondos sirvieron para realizar dos cursos de capacitación sobre las guías, el primero en Kuala Lumpur, Malasia, en diciembre de 1998, y el segundo en Brasilia, Brasil, en mayo de 1999.

Asimismo, se agradece al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y a la Organización Meteorológica Mundial (OMM) por auspiciar, junto con la OMS, la reunión de expertos sobre guías de salud.

# Resumen ejecutivo

## Introducción

Los objetivos de las *Guías de salud para incendios de vegetación* son los siguientes:

- Asesorar a las autoridades nacionales e internacionales en el desarrollo e implementación de un sistema de alerta temprana para proteger la salud de la población expuesta a la contaminación del aire causada por incendios de vegetación.
- Brindar apoyo en el desarrollo e implementación de los planes de acción para casos de neblina en los ámbitos regional, nacional y local. Estos se integrarán a los planes de acción ambiental que formarán parte de los esfuerzos nacionales de planificación del desarrollo sustentable;
- Brindar la evidencia y orientación necesaria sobre incendios de vegetación y sus efectos en la salud para fortalecer las bases de una acción intersectorial en las políticas y la planificación del desarrollo sustentable;
- Determinar las mejores prácticas y propagarlas alrededor del mundo a fin de fortalecer la comprensión de los vínculos entre salud, medio ambiente y desarrollo;

Las guías de salud brindan recomendaciones decisivas sobre cómo darle el mejor uso a la gran cantidad de información multidisciplinaria disponible a escala mundial sobre los incendios de vegetación. Esta información incluye conocimientos sobre el alcance nacional, regional y global de estos incendios obtenidos mediante sensores remotos y caracteriza las fuentes según su intensidad y la presencia de sustancias contaminantes. El desarrollo de un sistema de alerta temprana se basa en el monitoreo en el terreno y en el monitoreo y elaboración de modelos sobre el espacio y el clima. Asimismo, las guías de salud brindan un mayor conocimiento de los efectos agudos y crónicos de la contaminación del aire causada por la quema de biomasa, apoyan en la consejería pública y en torno a las medidas de mitigación y brindan orientación sobre la metodología de evaluación de los efectos de este tipo de incendios en la salud. Son puntos importantes la prevención de futuros episodios que pudiesen afectar la salud mediante la discusión de políticas tanto sobre uso de la tierra como sobre incendios, así como recomendaciones sobre el trabajo científico que se necesitaría emprender a fin de implementar un sistema de alerta temprana.

Los incendios en bosques y otras formas de vegetación producen emisiones de gases y partículas que tienen efectos en la composición de la atmósfera global. Estas emisiones interactúan con las producidas por combustibles fósiles y por fuentes tecnológicas que son la causa principal de contaminación del aire urbano. Las emisiones de humo provenientes de incendios en zonas silvestres causan problemas de visibilidad que pueden conducir a accidentes y pérdidas económicas. Asimismo, pueden afectar la salud humana e incluso causar muertes. La elaboración de políticas y guías destinadas a reducir los efectos del humo proveniente de la quema de vegetación debe estar asociada con políticas que afronten el problema del humo en su fuente. Por lo tanto, las guías de salud ayudan a reducir en gran medida la carga de mortalidad y

discapacidades evitables, que afectan especialmente a los pobres. Tomando esto en cuenta, las guías de salud implican beneficios para la salud que, a su vez, promueven el crecimiento de las economías y, la eliminación de la pobreza.

Los sistemas de alerta temprana de incendios y peligros de contaminación atmosférica son componentes esenciales del control de incendios y humos. Estos sistemas pueden incluir indicadores locales como los pronósticos de tiempo e incendios y las evaluaciones de la sequedad de la vegetación. Sin embargo, las tecnologías avanzadas de detección y monitoreo de incendios dependen de datos obtenidos a través de sensores remotos, de la evaluación de información sinóptica sobre el clima, de las capacidades de los modelos de ocurrencia y comportamiento de incendios y de los sistemas internacionales de comunicación. Estos datos se integran y procesan con otra información relevante, como la población en riesgo se propagan en sistemas de información sobre incendios.

## **Emisión, transporte de contaminantes del aire y exposición**

Los incendios destructivos (no controlados) son frecuentes en todas las zonas con vegetación. Por lo general, se producen debido a negligencias y están asociados con la expansión del fuego usado para liberar terrenos (“roza”). La quema de biomasa, que ocurre en todo el mundo, contribuye significativamente a la emisión de contaminantes gaseosos y partículas tóxicas, gases reactivos y de invernadero, pero a diferencia de algunas fuentes antropógenas, es difícil de cuantificar. La naturaleza de esta quema impide que la combustión se complete y, como resultado, se produce un gran número de contaminantes. Entre estos se encuentran algunos muy conocidos como el material particulado, los óxidos de nitrógeno, el dióxido de azufre y el monóxido de carbono. Luego de su emisión y durante su transporte, los contaminantes del aire experimentan transformaciones fisicoquímicas.

En general, los enfoques integrales estandarizados para tratar los riesgos potenciales de las emisiones provenientes de la quema de biomasa para la salud pública incluyen los siguientes puntos:

- caracterización de la magnitud y composición de las emisiones, así como sus transformaciones durante el transporte;
- cuantificación de las concentraciones de contaminantes del aire en áreas pobladas;
- evaluación de los posibles escenarios para la exposición de las poblaciones afectadas (tanto en ambientes interiores como en exteriores), y
- evaluación de los riesgos para la salud generados por estas exposiciones.

Cuando se estudia la exposición a las plumas de humo producidas por la quema de biomasa, las partículas reciben la mayor atención entre todos los contaminantes del aire con potenciales efectos perjudiciales en la salud. Los contaminantes más significativos desde el punto de vista de las consecuencias en la salud son las partículas pequeñas transmitidas por el aire (con diámetros aerodinámicos menores que  $2,5 \mu\text{m}$ ). Es muy probable que estas partículas se depositen en las partes más profundas del tracto respiratorio, donde pueden producir una serie de efectos en la salud dada su naturaleza física, química, toxicológica o carcinógena.

## **Monitoreo en el terreno**

Las concentraciones de contaminantes del aire provenientes del humo producido por incendios de vegetación, pueden evaluarse a través del monitoreo de la calidad del aire en el terreno y la detección a distancia a través de imágenes de satélite. El primero debe brindar información para efectuar alertas sobre salud pública y tomar decisiones sobre medidas preventivas. Asimismo, para el ingreso de datos en los modelos de dispersión y para la verificación y desarrollo de éstos, así como para estudios destinados a evaluar los efectos del humo en la salud humana. El monitoreo de la calidad del aire se debe realizar sobre una base uniforme y constante en las principales áreas urbanas y centros poblados que puedan resultar afectados por la quema de biomasa. Además, deben crear estaciones en áreas rurales para obtener información sobre las

concentraciones de fondo. Se deben revisar las redes existentes e identificar los mejores sitios para monitorear los episodios de humo y niebla. Se debe estudiar si conviene establecer estaciones adicionales de monitoreo en áreas no cubiertas por las redes existentes. La localización de estos puntos se debe determinar de acuerdo con las guías ya existentes. Para medir la concentración de aerosoles con diámetros menores que 1 ó 2,5  $\mu\text{m}$  se requiere una red de muestreo del aire en el terreno.

Se deben hacer esfuerzos por separar en componentes medibles la contribución de la quema de biomasa a la contaminación del aire de aquella proveniente de otra fuente. Es prioritario el monitoreo de la masa de aerosol, la visibilidad, los parámetros meteorológicos, la profundidad óptica y la radiación solar. En los sitios seleccionados, se deben medir las cantidades de productos químicos específicos tales como monóxido de carbono, ozono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, dióxido de carbono, radiación ultravioleta, aldehídos y otros contaminantes traza.

Se deben elaborar protocolos estandarizados para el muestreo, incluidos procedimientos temporales de resolución y reporte. La implementación de procedimientos de aseguramiento y control de calidad para el programa de medición resulta esencial para obtener resultados confiables y reproducibles. En los ámbitos nacional y regional, se deben establecer bases de datos para usarlas antes, durante y después de los episodios de humo o neblina. Estos datos se pueden usar, por ejemplo, en estudios epidemiológicos, en la planificación para episodios futuros y en estudios de modelos de transporte. Asimismo, se debe promover el intercambio de datos de medición validados y armonizar los diferentes índices de contaminación del aire que se usan en los sistemas de alerta de humos y neblinas a escala regional.

Se debe promover la participación en actividades internacionales como el Programa de Vigilancia Mundial de la Atmósfera de la Organización Meteorológica Mundial y el Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, a fin de maximizar la utilidad de los datos recolectados por las diferentes redes.

### **Datos obtenidos por satélite**

Los datos obtenidos por satélite para el monitoreo de incendios y del aerosol proveniente de humos se encuentran en el National Aeronautics and Space Administration (NASA) y el National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos. Las imágenes generadas por vía satélite brindan información sobre la sequedad de la vegetación, la localización y dimensión de los principales incendios y plumas de humo, la energía liberada por los incendios y los contaminantes del aire contenidos en el humo. Pronto, los satélites contarán con sensores adicionales que permitirán acceder a mejores datos sobre incendios de vegetación. El acceso a estos datos y su evaluación requieren un centro experto en el monitoreo de incendios y humos, familiarizado con la tecnología y programas disponibles para analizar este tipo de información. Este centro tendría la responsabilidad de vigilar los estimados regionales sobre incendios y la de validar los análisis de humos y emisiones provenientes de los datos obtenidos por vía satélite. Asimismo, deberá elaborar nuevas estrategias para la detección de incendios y humos, y asesorar a los organismos e instituciones internacionales pertinentes en torno a las necesidades que plantea esta labor. Deberá integrar la información obtenida en el terreno, por vía

aérea y por satélite, y trabajar conjuntamente con los centros regionales para diseminar información y nuevas tecnologías, así como coordinar la capacitación de técnicos en el manejo de nuevos productos y programas informáticos sobre incendios.

También es importante establecer un indicador para medir la gravedad de los incendios. Este indicador puede combinar los datos obtenidos por satélite sobre el número de incendios activos por área, el tamaño de las zonas afectadas, la energía liberada, el alcance de las capas de humo y la concentración de contaminantes. Asimismo, se recomienda desarrollar un sistema espacial de monitoreo de incendios que incluya satélites de detección de incendios y componentes portátiles de recepción en tiempo real para brindar información diurna sobre la localización de incendios activos, humos y gases traza. De ser posible, la información generada por este sistema se debe brindar a los usuarios locales casi en tiempo real, y de manera simple y poco costosa.

En el nivel regional, se requieren centros para el control de incendios. Estos centros recibirían datos regionales provenientes del satélite a través de sus propias estaciones receptoras y los integrarían con información meteorológica e iniciativas de monitoreo ejecutadas en el terreno y por aire. Los centros usarían los datos para monitorear el desarrollo de incendios y humos, y predecir la expansión de estos últimos. Estos centros son necesarios porque la quema de biomasa varía según cada región y porque la recepción directa de datos generados por vía satélite es esencial para la operación en tiempo real. Ya existen centros o entidades representantes de la OMM con capacidad satelital o meteorológica, que son candidatos naturales para convertirse en centros regionales para el control de incendios.

Con respecto a la disponibilidad de datos, se recomienda requerir a la NASA o a NOAA de los Estados Unidos, y a otras instituciones apropiadas, para que continúen ingresando datos relevantes (como índices de aerosoles y vegetación) en Internet. Es necesario desarrollar paquetes de software y material de instrucción en torno al uso de datos provenientes del satélite para advertir de los efectos del humo y analizar sus concentraciones. En áreas con graves problemas de salud debido a incendios prolongados e intensos, se debe asegurar la confiabilidad de los estimados de emisiones de fuego a través de una validación continua, usando mediciones en el terreno y a distancia. Esta validación mejorará el ingreso de datos obtenidos por vía satélite en el modelo de simulación. Una vez desarrollados, los paquetes de software contribuirán también en la identificación de los peligros ambientales para la salud humana.

### **Modelos de transporte atmosférico**

La distribución y concentración de los incendios se deben calcular a través de modelos de transporte atmosférico. La descripción de la distribución espacial y temporal de estas emisiones debe considerar la situación antes, durante y después del episodio. En cada una de estas etapas, se deben alcanzar metas preestablecidas. En ese sentido, se recomienda identificar a la institución capaz de llevar a cabo el conjunto de tareas asociadas al monitoreo y modelo del clima en cada área.

## **Medidas de mitigación**

Las medidas de mitigación recomendadas para eventos agudos incluyen la permanencia en ambientes interiores, modificaciones en el estilo de vida, el uso de purificadores de aire, máscaras y respiradores, medidas preventivas en exteriores, la evacuación a refugios de emergencia y el cambio en las actividades escolares y comerciales. Para mejorar la protección ofrecida por la permanencia en ambientes interiores, las personas y los administradores de edificios deben tomar medidas para reducir la filtración del aire provenientes del exterior. Las escuelas, los centros de cuidado infantil, las casas de retiro, las clínicas, los hospitales y los hospicios están obligados a brindar cuartos con aire acondicionado para personas particularmente sensibles. Asimismo, estos cuartos deben contar con filtros efectivos. Durante episodios graves de humo, se debe asesorar al público sobre modificaciones necesarias en el estilo de vida como la reducción de actividades físicas y la restricción del consumo de cigarrillos. Se debe evaluar el uso de purificadores de aire portátiles y asesorar apropiadamente al público sobre la compra de modelos adecuados para casas y oficinas. También se debe informar al público sobre los tipos de máscaras para polvo y respiradores, así como en torno a su utilidad relativa para filtrar partículas de humo, lo que incluye el uso y la selección adecuada de los productos disponibles en el mercado. Se deben tomar medidas preventivas para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores que deben continuar efectuando labores en exteriores; por ejemplo, los empleadores deberían proporcionarles respiradores adecuados durante emergencias graves. Durante estos episodios, las personas particularmente sensibles, deben tener acceso libre a refugios de emergencia con aire acondicionado (con una filtración adecuada de partículas). Estos refugios pueden estar ubicados dentro de grandes edificios comerciales, instituciones educativas o centros comerciales.

## **Efectos en la salud**

Los estudios epidemiológicos sobre ambientes interiores y la exposición de la comunidad al humo proveniente de la quema de la biomasa muestran una relación consistente entre exposición e incremento de síntomas respiratorios, mayor riesgo de enfermedades respiratorias y disminución de la función pulmonar. Asimismo, un número limitado de estudios indica una asociación entre la exposición a este tipo de humo y los casos de emergencia en los hospitales. Las evaluaciones recientes de los efectos de la neblina ocurrida entre 1997 y 1998 en el sudeste asiático respaldan la relación entre dicha exposición y el incremento de las consultas hospitalarias. Hasta la fecha, no se han realizado estudios sobre la relación entre contaminación del aire por la quema de biomasa y la mortalidad aguda. Sin embargo, debido a que este tipo de contaminación consiste en gran parte en material particulado fino y ultrafino, las nuevas guías de la OMS sobre calidad del aire para material particulado sugieren la existencia de un impacto definido en la mortalidad diaria, admisiones a hospitales, casos de emergencia y consultas externas.

En los países en desarrollo, se han registrado efectos de la inhalación de largo plazo del humo generado por la quema de biomasa (“humo de la biomasa”) en la salud. En dichas naciones las mujeres pasan muchas horas en cocinas no ventiladas. Si bien estos estudios muestran que la exposición al humo de la biomasa está relacionada con la ocurrencia de enfermedades pulmonares crónicas en adultos, estas exposiciones son mucho más intensas que las de corto

plazo que ocurren durante los incendios de vegetación. Estos estudios muestran con claridad las graves consecuencias de la exposición a altos niveles de contaminación del aire debido a la quema de la biomasa. Los limitados datos de que se dispone sobre humo de la biomasa y cáncer no indican un incremento del riesgo incluso con altos niveles de exposición. Esta evidencia incluye estudios sobre la exposición de largo plazo a niveles elevados de humo de la biomasa producido en cocinas domésticas de países en desarrollo. Si bien el humo de la biomasa es potencialmente carcinógeno, lo es en mucho menor medida que el gas emitido por los tubos de escape de vehículos motorizados.

La evaluación de los efectos del humo producido por incendios de vegetación no es tarea fácil. Entre los factores críticos en la identificación de estos efectos están los siguientes: las características de los contaminantes, la exposición de la población, la exposición personal, la susceptibilidad de la persona expuesta, los factores potenciales de confusión y la diversidad de efectos estudiados. La disponibilidad de datos relacionados con estos factores afecta en gran medida la elección del tipo de estudio. Los tipos de estudio sobre epidemiología de la contaminación del aire son muy variados e incluyen los siguientes: estudios de exposición controlada de corto plazo (estudios de cámara), estudios de exposición de corto plazo y estudios de exposición de largo plazo. Los dos últimos reflejan un enfoque epidemiológico típico del problema de exposición a la contaminación del aire. Los tres requieren una planificación cuidadosa en las etapas de diseño, implementación y análisis. Durante una emergencia, se puede requerir una evaluación epidemiológica rápida, que sobre todo se concentre en aspectos demográficos y preocupaciones de salud de la población afectada.

El sistema de vigilancia para monitorear enfermedades respiratorias y cardiovasculares es un componente importante del plan de salud pública destinado a afrontar la exposición relacionada con la contaminación. Si bien muchos países cuentan con un sistema similar para enfermedades infecciosas, muy pocos tienen uno para males no infecciosos. Sin embargo, con el número creciente de bases de datos computarizadas, sobre asuntos clínicos, se puede implementar un sistema de vigilancia para enfermedades que podrían ser agravadas por contaminantes del aire. Antes de una emergencia relacionada con incendios, un servicio de salud podría establecer un sistema de vigilancia para identificar enfermedades cardiorrespiratorias crónicas. De esta manera, se podrían evaluar los cambios de estas enfermedades durante un incendio. Si no se cuenta con un sistema de vigilancia, es poco probable que el departamento de salud pública disponga de información confiable para actuar. Como ya se mencionó, luego de un incendio, las instituciones de salud disponen de diversos diseños de investigación para determinar los efectos del episodio en la salud y pueden usar estos datos y resultados para elaborar políticas futuras.

## **Políticas públicas**

### ***Objetivos de las políticas***

En cuanto a políticas, la mayoría de países cuenta con leyes y reglamentos sobre el control de incendios forestales y de la contaminación del aire, así como sobre la protección de la salud pública y el ambiente de los efectos de la neblina. Las necesidades actuales se centran en la identificación de áreas deficientes y en la implementación de medios para fortalecer el cumplimiento de dichas medidas.

Los *objetivos de las políticas* son:

- prevenir y controlar los incendios de vegetación y del terreno;
- proteger la salud y la seguridad pública durante estos eventos;
- prohibir el fuego abierto;
- introducir e implementar guías y normas sobre calidad del aire, y
- fortalecer el control de emisiones producidas en fuentes móviles y fijas.

Los elementos de una *política de desarrollo* son los siguientes:

- planificar el uso del terreno a partir del principio de desarrollo sustentable, y
- proteger a las comunidades y ecosistemas en riesgo de los efectos de los incendios y neblinas.

Los elementos de una *política de evaluación* incluyen:

- monitorear la calidad del aire e informar al respecto;
- desarrollar un mecanismo efectivo para monitorear incendios de vegetación y del terreno;
- desarrollar capacidades de detección y predicción de incendios de vegetación y niebla, y
- monitorear los efectos de la niebla en la salud y el ambiente.

Las *políticas de control* se centran en los siguientes aspectos:

- informar al público y a las autoridades sobre la calidad del aire y sobre las medidas que se deben tomar al respecto;
- asesorar al público sobre las medidas que se deben tomar para proteger la salud;
- garantizar la existencia de provisiones e instalaciones médicas para mitigar los efectos de estos episodios en la salud;
- apoyar a los países necesitados y promover la cooperación entre naciones;
- minimizar la contaminación por neblina derivada de la quema de combustible;

- fortalecer las capacidades de los organismos competentes, y
- fortalecer la cooperación y el apoyo entre organismos involucrados.

El éxito de una política, plan de acción o mecanismo de respuesta dependerá del intercambio oportuno de datos, información y experiencia entre las autoridades y los centros especializados en los ámbitos nacional, regional e internacional, así como de su cooperación constante. A escala internacional y nacional, se deben realizar acuerdos institucionales. La capacidad de efectuar una alerta temprana es invaluable para las autoridades nacionales que tratan de asegurar el cumplimiento de controles estrictos durante la quema –tanto controlada como abierta– de vegetación, cultivos, bosques y cualquier otra forma de biomasa o residuo. Durante un incendio, las autoridades nacionales deben consultar con los organismos internacionales competentes. Estos organismos deben investigar la factibilidad de establecer un panel de expertos en neblina, cuyos miembros estén comunicados a través de medios electrónicos para el intercambio rápido de datos e información.

Los componentes críticos de los esfuerzos desarrollados por los gobiernos nacionales para controlar los incendios de vegetación incluyen la educación de la población respecto a los efectos potenciales de este tipo de episodios en la salud. Estos esfuerzos educativos deben desarrollarse antes y durante la ocurrencia de un incendio, a fin de prevenir y mantener informada a la población.

### ***Planes de acción nacional para casos de neblina***

Se debe desarrollar y difundir a través de los medios de comunicación un plan de acción nacional para casos de neblina a fin de que la población esté totalmente preparada para afrontar los efectos de los incendios forestales antes de que ocurra un episodio de contaminación del aire. De acuerdo con este plan de acción, los gobiernos deben desarrollar procedimientos operativos y asegurar que la población esté al tanto de cualquier cambio realizado en los servicios e instalaciones públicas durante una situación de emergencia. Los datos de los centros de salud, hospitales y registros de mortalidad sobre enfermedades relacionadas con la contaminación del aire deben reportarse periódicamente. Se deben desarrollar esfuerzos educativos especiales para personas potencialmente sensibles como asmáticos, ancianos y niños a fin de prepararlos adecuadamente para encarar episodios de contaminación del aire. A través de los medios de comunicación, las autoridades de salud deben responder activamente a preocupaciones frecuentes como la seguridad del agua potable y de los alimentos expuestos al humo durante periodos prolongados.

### ***Lecciones de los incendios de 1997 y 1998***

Al revisar los episodios de incendio y humo ocurridos en 1997 y 1998, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) evaluó las políticas públicas relacionadas con los incendios forestales. La reunión de expertos determinó la necesidad de establecer sistemas confiables y actualizados para el reporte, análisis y almacenamiento de datos sobre incendios en los ámbitos nacional, regional y global. Estos datos así como la información

sobre las causas y los efectos socioeconómicos y ambientales de los incendios, constituyen la base para la elaboración de políticas. A esto se suma la necesidad de que exista un acuerdo internacional sobre términos y definiciones como base para compartir y transmitir información. La información sobre alternativas de manejo de recursos y sus consecuencias resulta esencial para comprometer a todas las partes interesadas en la elaboración y desarrollo de políticas.

No existe una fórmula única capaz de cubrir la gran variedad de condiciones ecológicas, socioeconómicas y culturales que pueden darse entre o dentro de las regiones, ni los distintos objetivos de las diversas sociedades en este campo. Sin embargo, existen algunos principios generales que son comunes a todas las situaciones y objetivos. Estos principios incluyen los siguientes:

- elaboración de políticas en los ámbitos nacional y regional que traten específicamente los incendios de vegetación como un componente integral de las políticas de uso de tierras, allí donde antes no existían.
- flexibilidad en la implementación de políticas y capacidad para revisar y analizar las que estén relacionadas con los incendios.
- estrategias y objetivos de implementación claros y mensurables para minimizar los múltiples efectos adversos de los incendios descontrolados y maximizar los beneficios de la prevención y el uso controlado del fuego. Estos objetivos y estrategias pueden generar prácticas sustentables en el uso de las tierras, políticas intersectoriales compatibles, responsabilidades compartidas en el control de incendios a escala comunitaria y participación del sector privado y de organizaciones no gubernamentales. Esto supone que los responsables de tomar decisiones reconozcan que en muchos casos, el manejo sustentable de las tierras sólo puede lograrse a través de la devolución del control de los recursos forestales y la participación de las comunidades vecinas a los bosques o residentes en ellos en todos los aspectos del manejo y la protección frente a los incendios. Asimismo, las políticas de uso de las tierras deben considerar la necesidad de incentivos y subsidios adecuados para la prevención de incendios.
- se debe crear un marco favorable para todos los aspectos del control sistemático de incendios (prevención, detección, supresión, incendios prescritos, rehabilitación posterior al incendio, etc.) y para realizar un balance adecuado entre los diferentes componentes del sistema. Este marco debe intentar cuantificar los valores monetarios y los no comerciales a fin de enfatizar los costos y beneficios para la sociedad y para los responsables de la toma de decisiones.
- las políticas que tiendan a incrementar los incendios de vegetación deben considerar los efectos que estos tienen en la salud pública. Las políticas relacionadas con el mantenimiento de la salud de ecosistemas adaptados a incendios deben buscar un equilibrio entre la salud pública y la salud forestal.

Las diversas organizaciones involucradas en actividades relacionadas con incendios forestales en el ámbito global y regional requieren una colaboración y coordinación continua y creciente. Se deben realizar acuerdos transfronterizos o regionales de colaboración en el control de incendios, con el apoyo técnico y financiero de organizaciones internacionales. Asimismo, estas

organizaciones, en estrecha colaboración con la comunidad científica y los usuarios finales, deben apoyar el diseño e implementación de un sistema global de inventario y reporte de incendios para incrementar la preparación y la respuesta ante este tipo de eventos en los ámbitos nacional, regional y global. Las organizaciones internacionales deben cumplir una función catalizadora en el establecimiento de redes para promover el intercambio de información y la cooperación técnica entre países en desarrollo y naciones desarrolladas. Se deben asignar suficientes recursos para estos propósitos.

Se debe aprovechar la experiencia acumulada y el conocimiento y las costumbres de las culturas indígenas tradicionalmente relacionadas con el fuego como una guía para las prácticas y políticas de control de incendios. Asimismo, se deben desarrollar sistemas de evaluación para estimar los daños y los beneficios de los incendios y dirigir la atención hacia los verdaderos costos y beneficios de estos. En la medida en que las políticas y técnicas destinadas a incrementar la productividad agrícola restringen la aparición de programas inadecuados, disminuirán la explotación forestal para la agricultura no sustentable y, de esta manera, reducirán el daño producido por los incendios forestales.

### *Necesidades de investigación*

La formulación e implementación de políticas en este campo puede estar respaldada por aspectos técnicos como el control sistemático o integrado de los incendios; la cooperación institucional, la restauración o rehabilitación y la tecnología, la investigación e información. Las nuevas tecnologías ofrecen los medios para introducir políticas de uso de tierras modernas y más aceptables desde el punto de vista ambiental y social. Las técnicas de "quema nula" para despejar nuevas tierras merecen una atención especial. En los ámbitos nacional y regional, se debe fortalecer la investigación sobre incendios a fin de apoyar el desarrollo de nuevas políticas y capacidades para controlarlos, especialmente aquellos estudios relacionados con los aspectos socioeconómicos y culturales de los incendios. Se requiere investigar una serie de temas que incluyen los siguientes:

- desarrollo de nuevas tecnologías de sensores remotos para mejorar la asesoría en la toma de decisiones para el control de incendios, lo que incluye tecnologías de detección y de alerta temprana;
- técnicas de recuperación posteriores a los incendios, efectos de los incendios y procesos de recuperación del ecosistema;
- impacto del cambio climático en los regímenes de incendios y su gravedad;
- implementación de un inventario global de incendios de vegetación y de un centro dedicado a monitorear, archivar y diseminar información global, así como a predecir incendios y peligros relacionados;
- atención especial a emisiones radiactivas generadas por incendios;
- desarrollo de información básica sobre incendios en diferentes ecosistemas;

- factores físicoquímicos que contribuyen a generar cambios temporales y espaciales durante el transporte;
- recopilación de información sobre niveles de exposición y actividad del fuego, en referencia a episodios anteriores de incendios y humos;
- estrategias de mitigación, e
- impacto de la contaminación del aire en la salud de la población debido a la quema de biomasa.

## **Conclusiones**

Los incendios de vegetación, especialmente los no controlados, son una fuente sustancial de contaminación del aire en áreas urbanas y rurales. Se suman a la contaminación del aire en ambientes urbanos e interiores (debido a la quema de madera y carbón en las viviendas para la cocina y la calefacción). La inhalación del humo proveniente de incendios de vegetación eleva el riesgo de enfermedades respiratorias agudas durante la niñez, la principal causa de mortalidad en los países en desarrollo. Esta carga adicional afecta especialmente a las mujeres, quienes ya están expuestas a altos niveles de contaminación en sus hogares. La “roza” –que permite despejar terrenos para la agricultura mediante la quema- contribuye a generar cambios acelerados en el ambiente y deterioro ambiental. Esta aplicación de los incendios forestales es consecuencia de la pobreza. La reducción de la pobreza es el principal reto para asegurar el desarrollo sustentable y condiciones de vida saludables. Debido a que la salud depende en gran medida del ambiente, se deben tratar todas las dimensiones del problema de los incendios de vegetación.

Los incendios de vegetación son un aspecto importante de salud pública ya que suponen riesgos significativos para la salud humana y el ambiente. Pueden pasar de ser desastres “naturales” a emergencias más complejas debido a sus efectos nacionales y regionales tales como los movimientos de población y las consecuencias en la economía y la seguridad de los países afectados. En vista del carácter de emergencia potencialmente compleja de este tipo de incendios, la elaboración de un sistema de alerta temprana requiere la formación de grupos multidisciplinarios de científicos, técnicos y administradores. Las guías de salud brindan información para implementar un sistema de alerta temprana a fin de proteger la salud humana de los efectos del humo y la neblina producidos por estos incendios y, por lo tanto, ayudan a los gobiernos a afrontar los episodios continuos.

Estas guías son resultado del trabajo de dos departamentos de la OMS: el Department of Emergency and Humanitarian Action (EHA) y el Department of Protection of Human Environment (PHE), ambos parte del Cluster of Sustainable Development and Healthy Environment (SDE). Las recomendaciones y capítulos se delinearón durante la reunión de expertos de la OMS/PNUMA/OMM realizada en Lima, Perú, en octubre de 1998.

Los objetivos de las guías de salud son crear las capacidades necesarias no sólo en los niveles regionales y nacionales, sino también locales y apoyar los esfuerzos de planificación que ha puesto en marcha la OMS para el desarrollo sustentable desde el punto de vista ambiental y de

salud; brindar la evidencia y orientación requeridas para fortalecer las bases de una acción intersectorial en las políticas y planificación del desarrollo sustentable; determinar cuáles son las mejores prácticas y difundirlas a escala mundial; fortalecer los vínculos entre salud, ambiente y desarrollo; y apoyar continuamente el desarrollo e implementación de los planes de acción para en casos de neblina a escala regional y nacional como parte de los planes de acción ambiental que se integrarán a los esfuerzos nacionales de planificación del desarrollo sustentable.

Las guías de salud para incendios de vegetación contribuyen a garantizar que se sigan adecuadamente los componentes de salud de la Agenda 21 del Programa de Acción de las Naciones Unidas, resultado de la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro.

# 1. INTRODUCCIÓN

Cada año, los incendios destructivos y el uso del fuego en sistemas de aprovechamiento del terreno afectan varios cientos de millones de hectáreas de bosques y otras formas de vegetación en el mundo. En algunos ecosistemas, los incendios desempeñan una función ecológicamente significativa en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos. En otros, conducen a la destrucción de bosques y al deterioro del sitio en el largo plazo. Los incendios de vegetación producen emisiones de gases y partículas que afectan la composición y el funcionamiento de la atmósfera global. Estas emisiones interactúan con las de los combustibles fósiles y otras fuentes tecnológicas, que son las principales causas del daño climático producido por el hombre. Las emisiones de humo de los incendios en zonas silvestres también causan problemas de visibilidad que pueden producir accidentes y pérdidas económicas, afectar la salud humana y conducir a la muerte.

En la mayoría de áreas del mundo, los incendios destructivos bajo condiciones climáticas extremas tienen efectos perjudiciales en la economía, la salud y la seguridad humana, con consecuencias graves equivalentes a otros peligros naturales importantes. Sin embargo, a diferencia de la mayoría de riesgos geológicos e hidrometeorológicos, los incendios de vegetación representan un riesgo natural y provocado que puede predecirse, controlarse y en muchos casos, prevenirse. La elaboración de políticas y guías para reducir el efecto del humo generado por la quema de vegetación en la salud debe estar vinculada a las políticas que tratan el problema del humo en su fuente.

Los objetivos de las políticas sobre incendios ► por ejemplo, las políticas de uso de tierra y las estrategias de control de incendios►, son reducir los efectos perjudiciales de estos y manejar los efectos beneficiosos. Deben cubrir una amplia gama de elementos y sectores de la sociedad, recursos naturales, gestión ambiental y desarrollo de tecnologías. Estas políticas y estrategias no pueden generalizarse debido a los efectos multidimensionales de los incendios según las diferentes zonas de vegetación y ecosistemas, y a los diversos factores culturales, sociales y económicos involucrados. Sin embargo, las características generales de los incendios de gran magnitud pueden derivarse a través de la combinación de datos climatológicos con el registro histórico de la ocurrencia de grandes incendios que generaron emisiones amenazantes para la salud y la vida. Los impactos regionales, incluidos el alcance, la dirección y la concentración de plumas de humo provenientes de los incendios, brindan un contexto para la planificación de emergencias y el diseño de redes de monitoreo.

Los sistemas de alerta temprana son componentes esenciales del control de incendios y humos. Dependen de la evaluación de la sequedad de la vegetación y del clima; de la detección y el monitoreo de incendios activos; del procesamiento de estos datos en sistemas de información y su integración con otra información relevante, por ejemplo, la cobertura de vegetación y los valores en riesgo; la capacidad de representar en modelos la ocurrencia y el comportamiento de incendios; y finalmente, la diseminación de la información. La alerta temprana de los peligros de incendios y contaminación atmosférica pueden incluir indicadores locales, como los pronósticos de la ocurrencia de incendios en relación con el clima y la evaluación de la sequedad de la vegetación. No obstante, hoy se dispone de tecnologías avanzadas que dependen de datos obtenidos por sensores remotos, de la evaluación de información sinóptica sobre el clima y de sistemas de comunicación internacional, también para ubicaciones remotas.

Estas *Guías de salud para incendios de vegetación* se organizan del siguiente modo: en el capítulo 2, la contaminación del aire generada por este tipo de incendios se trata con referencia a episodios recientes de distintos lugares del mundo. Se presentan las fuentes y sus emisiones y se incluye la transformación de los contaminantes del aire durante el transporte y los niveles de exposición. Estos últimos pueden determinarse a través del monitoreo en el terreno y por medio de sensores remotos con imágenes vía satélite. Se tratan el monitoreo del espacio y del clima, y los modelos de distribución de productos inflamables antes, durante y después de un incendio de grandes proporciones. Este capítulo también incluye procedimientos de respuesta para casos de emergencia y recomendaciones sobre el uso de las guías de salud antes, durante y después de los incendios.

El capítulo 3 trata sobre los efectos agudos y crónicos del humo producido por la quema de biomasa y sobre los efectos agudos del material particulado en la salud. Se aborda la información al público sobre la calidad del aire ambiental, las medidas adoptadas a escala nacional y los efectos del episodio en la salud. Las medidas de mitigación incluyen la permanencia en interiores; la modificación de estilos de vida; el uso de purificadores de aire, máscaras y respiradores; las medidas preventivas en exteriores y la evacuación a refugios de emergencia. Las secciones sobre alerta pública y medidas de mitigación concluyen con claras recomendaciones a las autoridades. También se brinda orientación sobre la metodología destinada a evaluar los efectos en los incendios de vegetación en la salud. Asimismo, se discute la aplicación de las guías de la OMS sobre calidad del aire durante la ocurrencia de incendios.

El capítulo 4 aborda la prevención de incendios capaces de amenazar la salud. El problema de la prevención puede resolverse a través de prácticas apropiadas de uso de la tierra y por medio de políticas sobre incendios. Los objetivos de las políticas generales, la existencia de políticas de desarrollo, evaluación y manejo, y los planes de acción nacional para casos de neblina se consideran como medios apropiados de prevención y se detallan las lecciones aprendidas de incendios previos. Finalmente, se señalan las necesidades de investigación científica y técnica.

En el anexo A se compilan las referencias bibliográficas. Las siglas usadas en este documento se presentan en el anexo B. El anexo C incluye un amplio glosario con los términos usados con frecuencia para facilitar la comprensión del texto. El anexo D contiene un informe preliminar del Grupo de Expertos Ad Hoc sobre la Base de Datos de Verificación de Modelos de Transporte y Dispersión de Largo Alcance. El anexo E reimprime las guías sobre el manejo de incendios en bosques tropicales de la International Tropical Timber Organization. Los anexos F, G y H se refieren a seminarios y talleres recientes de la FAO/CEPE/OIT, OMM y OMS, que relacionan los incendios forestales con el cambio climático, el transporte regional y efectos en la salud. La alerta temprana de incendios y otros riesgos ambientales fue el tema de un taller internacional convocado con motivo del Decenio Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres Naturales, cuyos resultados se presentan en el anexo I. El anexo J informa sobre el Global Fire Monitoring Center establecido recientemente en la Universidad de Friburgo, Alemania. Los miembros del Grupo de Expertos de la OMS sobre Guías de Salud para Incendios de Vegetación se nombran en el anexo K. Los programas internacionales de la OMM (Vigilancia Mundial de la Atmósfera) y la OMS (Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire) se presentan en el anexo L.

## **2. LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE CAUSADA POR LOS INCENDIOS DE VEGETACIÓN Y LA SALUD**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

#### **2.1.1 OCURRENCIA MUNDIAL DE INCENDIOS: ESTADÍSTICAS, INCENDIOS RECIENTES DE GRAN MAGNITUD Y PÉRDIDAS DEBIDAS A ESTOS.**

Solo para un número limitado de naciones y regiones se dispone de datos estadísticos confiables sobre la ocurrencia de incendios en zonas silvestres, áreas devastadas y pérdidas. Dentro del hemisferio norte, los datos más completos sobre incendios forestales se recopilan y publican periódicamente para los Estados Miembros de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (CEPE). Este conjunto de datos incluye a todos los países de Europa occidental y oriental, de la ex Unión Soviética, Estados Unidos y Canadá. La última serie de datos incluye el periodo 1994-1996 (CEPE/FAO, 1998). Sin embargo, esta información está restringida a incendios forestales; por lo tanto, no incluye la quema prescrita en sistemas de agricultura y pastoreo, que también son una fuente importante de humo.

Algunos países que están fuera de esta región reportan estadísticas de incendios en las páginas de noticias internacionales sobre incendios forestales. Estos datos estadísticos se actualizan en el Global Fire Monitoring Center (GFMC), establecido recientemente en Friburgo, Alemania, en el marco de la primera fase de un inventario mundial de incendios forestales (GFMC, 1999a).

Se ha desarrollado un conjunto global de datos sobre incendios a partir de incendios activos detectados por el sensor de un radiómetro avanzado de muy alta resolución (RAMAR) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos. Este conjunto de datos proporciona la distribución temporal y espacial de los incendios forestales a lo largo del año. Sin embargo, no brinda una base de datos cuantitativa en función del área devastada, la materia vegetal quemada y las emisiones de gases y partículas generadas. Los sensores espaciales se han usado en un gran número de estudios de casos para determinar las superficies terrestres afectadas y las emisiones producidas por incendios. Así, se dispone de herramientas potenciales para efectuar un inventario cuantitativo de los efectos de los incendios a través de sensores espaciales.

La siguiente información se toma parcialmente de la base de datos del GFMC, el reporte "Fire and Related Environmental Hazards" del Programa de Alerta Temprana del Decenio Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN) (Goldammer, 1997) y del estudio preliminar sobre las "Public Policies Affecting Forest Fires, Europe and Temperate-Boreal Asia", de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Goldammer, 1999).

## **Principales formas de vegetación afectadas por incendios:**

Los incendios destructivos (incendios no controlados) son comunes en todas las zonas con vegetación. Son causados principalmente por la negligencia y a menudo están asociados con la expansión del fuego usado para el aprovechamiento de terrenos. Los siguientes tipos de quema de vegetación generan humos, que pueden afectar la salud pública:

- incendios destructivos (no controlados) en los bosques;
- quema de pastos tropicales, matorrales y sabanas con árboles;
- conversión de bosques y matorrales en plantaciones, sistemas agrícolas y de pastoreo;
- quema de residuos agrícolas, control de arbustos y maleza en tierras de cultivo y pastoreo. y
- quema prescrita en silvicultura.

### *Incendios destructivos (no controlados) en bosques:*

En los bosques boreales y templados del norte, se producen regularmente incendios destructivos durante los veranos secos. En América del Norte y Euroasia, se queman entre 5 y 20 millones de hectáreas anualmente. En latitudes altas menos pobladas, las fuentes de ignición están dominadas por los rayos, mientras que en las regiones más pobladas, los seres humanos se convierten en la causa dominante. En la región del Mediterráneo, se quema un promedio de 0,6 millones de hectáreas de bosques y otros tipos de terrenos anualmente.

Por lo general, los bosques tropicales ecuatoriales son demasiado húmedos para permitir la propagación de incendios destructivos. Sin embargo, las sequías extremas asociadas con la explotación forestal crean periódicamente condiciones de inflamabilidad, disponibilidad de combustible y propagación de incendios. Estos sucesos ocurren regularmente en bosques del sudeste asiático tropical. Están relacionados con fluctuaciones climáticas cíclicas causadas por la oscilación climática del sur asociada con el fenómeno de El Niño (El Niño-Southern Oscillation) (ENSO). A continuación se presentan algunos ejemplos de incendios de gran escala (catastróficos). Las mayores áreas afectadas por incendios destructivos en bosques tropicales son los biomas forestales estacionales (bosques caducos y semicaducos, a veces también denominados bosques del "monzón"). Aquí, los incendios se producen en intervalos de 1 a 3 años. Los bosques coníferos tropicales submontañosos (bosques de pino) también están sujetos a incendios regulares.

### *Quema de pastos tropicales, matorrales y sabanas con árboles:*

Las sabanas tropicales cubren un área de cerca de 2.300 a 2.600 millones de hectáreas en el mundo. Generalmente, constan de una capa más o menos continua de pasto con árboles y arbustos esparcidos. Existen numerosos tipos de transición entre sabanas y bosques abiertos. Los combustibles superficiales en estos ecosistemas están dominados por pastos y hojas que caen durante la estación seca y periódicamente se queman en intervalos que pueden variar de 1 a cuatro años. La frecuencia de los incendios se ha incrementado en algunas regiones como resultado de una mayor población y un uso más intensivo de los terrenos de pastoreo. El área de las sabanas potencialmente sujetas a incendios cada año es de varios cientos de millones de hectáreas. Como resultado, la quema de sabanas libera cerca de tres veces más emisiones de gas y partículas a la

atmósfera que la quema por deforestación. Se calcula que más de 3.000 millones de toneladas métricas de materia vegetal se queman cada año en las sabanas tropicales.

#### *Conversión de bosques y matorrales a plantaciones, sistemas agrícolas y de pastoreo:*

En los trópicos existen dos tipos comunes de tala forestal para uso agrícola: los cultivos rotativos y la remoción permanente de bosques. En la agricultura con cultivos rotativos, practicada %s de millones de personas en el mundo, las áreas taladas se usan para la agricultura durante algunos años hasta que los rendimientos disminuyen y luego son abandonadas y se rozan nuevas áreas. Las áreas antiguas retornan a la vegetación de bosques. El acortamiento de los ciclos de cultivos rotativos generalmente observado, está asociado con el deterioro de los lugares. Este hecho hace que esta técnica tradicional de uso del terreno sea una de las causas principales de la deforestación tropical a escala global. La remoción permanente de bosques se realiza a fin de convertirlos en tierras de pastoreo o cultivo. En ambos casos, la roza y la quema siguen inicialmente el mismo patrón: los árboles son talados al final de la estación húmeda. Después de la extracción de árboles comercializables y utilizables, se deja que la vegetación se seque durante cierto tiempo para obtener una quema más eficiente.

La conversión de bosques primarios o secundarios en tierras de cultivo y pastoreo permanentes, e incluso en plantaciones de árboles, se ve impulsada por poblaciones humanas en expansión que requieren alimentos y espacios adicionales, pero también por programas de repoblamiento en gran escala y por la especulación de tierras. La cantidad neta de biomasa de la planta, que se combustiona durante el proceso de roza, está en el intervalo de 1 a 2 mil millones de toneladas métricas.

#### *Quema de residuos agrícolas, control de arbustos y maleza en tierras de cultivo y pastoreo:*

Durante la quema, se elimina una cantidad sustancial de residuos agrícolas, por ejemplo, paja y tallos. La magnitud de esta práctica es sumamente difícil de cuantificar debido a su naturaleza dispersa. No existen estadísticas disponibles, principalmente porque esta acción no involucra material de valor económico directo. Se ha calculado que anualmente se queman entre 800 y 1.200 millones de toneladas métricas de residuos agrícolas, lo que hace que esta práctica sea una fuente importante de contaminación atmosférica, principalmente en los trópicos. Por tradición, los incendios también son una práctica común para controlar la intrusión de arbustos y maleza en tierras de pastoreo y cultivo.

#### *Quema prescrita en silvicultura:*

Los incendios prescritos son una herramienta de manejo forestal comúnmente usada, en particular en América del Norte y Australia. Sirven para reducir la acumulación de plantas secas, que es una de las causas principales de los incendios destructivos. También se usan para eliminar el exceso de arbustos en la vegetación, ya que estos compiten con los árboles de los cultivos por los nutrientes. En América del Norte, cerca de 2 millones de hectáreas se queman anualmente debido a incendios prescritos. Cifras de Australia indican que entre 40 y 130 millones de hectáreas se queman anualmente.

La quema prescrita para estabilizar las reforestaciones tropicales de pinos y eucaliptos está cobrando interés. Debido a las cargas más livianas de combustible asociadas con la quema en el subsuelo, la cantidad de materia vegetal consumida por hectárea es relativamente pequeña.

### **Estacionalidad en el uso de fuego para liberar terrenos e incendios destructivos:**

En la bibliografía, a menudo se menciona la "temporada de quema" y se asume que prácticamente ninguna combustión ocurre fuera de estos periodos. En verdad, una gran proporción de quema de bosques y sabanas se realiza durante la estación seca; por consiguiente, esta práctica es sumamente intensiva en el hemisferio norte de noviembre a marzo y en el hemisferio sur de junio a setiembre. Sin embargo, la experiencia en países tropicales muestra que la quema puede observarse dondequiera cuando hay suficiente material vegetal seco. Esto se aplica no solo al fuego utilizado en la cocina y para la calefacción, sino también a quemas de residuos agrícolas y del jardín y a la de áreas ubicadas alrededor de las viviendas para controlar insectos, malezas, serpientes, etc. y, a menudo a quemas realizadas sólo por el placer de observar las llamas y el humo. Al final de la estación lluviosa, muchos agricultores esperan que las áreas rozadas se sequen lo suficiente para quemarse. Esto conduce a un brote de incendios a finales de mayo y principios de junio en la parte del Brasil correspondiente al hemisferio sur. Por lo general, las quemas de roza forestal en gran escala se inician al final de la estación seca para tener obtener combustible más seco y una mejor eficiencia de combustión (que se definirá más adelante).

### **Incendios recientes de gran magnitud y pérdidas relacionadas con ellos**

Solo ocasionalmente se dispone de informes detallados con datos finales sobre pérdidas causadas por los incendios forestales y las otras zonas de vegetación (incendios en zonas silvestres), que aborden los efectos en la salud humana. La razón principal de la falta de datos confiables es que la mayoría de beneficios y pérdidas por incendios producidos en zonas silvestres incluyen valores intangibles que no pueden estimarse por su uso o valor comercial, como la biodiversidad, el funcionamiento de ecosistemas, la erosión, etc. En algunos casos, se han calculado valores comerciales como las pérdidas de ingresos por la actividad maderera y turística.

- Los grandes incendios destructivos producidos en Borneo durante la sequía por la oscilación climática del sur asociada con El Niño de 1982 a 1983 consumieron más de 5 millones de hectáreas de bosque y tierras agrícolas. La pérdida de valores madereros sumó cerca de 8,3 mil millones de dólares y el total de valores madereros y no madereros, incluidos los costos de rehabilitación, fue de \$9,075 mil millones.
- La primera evaluación de los daños causados por los incendios de 1997 y 1998 en Indonesia sobre 4 a 5 millones de ha fue la siguiente: \$4,5 mil millones (daños en la salud de corto plazo; pérdidas en la producción industrial, el turismo, el transporte aéreo, terrestre y marítimo; disminución de la pesca; costos de control de incendios; pérdidas de productos agrícolas y madera y de beneficios forestales directos e indirectos; EEPSEA, 1998). La evaluación más reciente de las imágenes obtenidas por vía satélite revela que en las islas indonesias de Sumatra y Kalimantan (Borneo) cerca de 9 millones de hectáreas de vegetación se consumieron durante 1997 y 1998.

- Los incendios producidos en México durante el episodio de 1998 obligaron al gobierno local a interrumpir la producción industrial para reducir la contaminación adicional mientras se mantuvo el *smog* generado por los episodios. Las pérdidas diarias en la producción se estimaron en \$8 millones.
- El Miércoles de Ceniza de Australia de 1983:
  - mortalidad humana: 75;
  - viviendas quemadas: 2.539, y
  - ganado doméstico devastado: casi 300.000.
- Incendios extensos en bosques y sabanas en Costa de Marfil, 1982 y 1983:
  - mortalidad humana: > 100;
  - superficie terrestre arrasada: 12 millones de hectáreas;
  - plantaciones de café consumidos: 40.000 hectáreas, y
  - plantaciones de cacao consumidas: 60.000 hectáreas.
- Incendios forestales en el Nordeste de China durante la sequía de 1987:
  - mortalidad humana: 221;
  - bosques devastados: 1,3 millones de hectáreas;
  - personas que perdieron sus viviendas: 50.000, y
  - mortalidad humana total durante 1950 a 1990 (en toda China): 4.123.
- Incendios en la Unión Soviética durante la sequía de 1987:
  - bosques devastados: 14,5 millones de hectáreas.
- Incendios en los bosques y las estepas de Mongolia (1996-1997):
  - área afectada en 1996: 10,7 millones de hectáreas;
  - mortalidad humana: 25;
  - animales domésticos devastados: 7.000;
  - establos o casas incendiadas: 576/210;
  - evaluación de daños: \$2 mil millones, y
  - área afectada en 1997: 12,4 millones de hectáreas
- Parque Nacional de Yellowstone (Estados Unidos) 1988:
  - costos de supresión: \$160 millones, y
  - pérdidas en ingresos turísticos entre 1988 y 1990: \$60 millones.

### **Impacto del humo generado por los incendios en la salud humana**

La contaminación proveniente del humo generado por incendios en zonas silvestres ocasionalmente crea situaciones que afectan la salud pública y la economía local. En diversos incendios se han reportado muertes causadas en la población en general por altas concentraciones de monóxido de carbono solo o en combinación con otros contaminantes; por ejemplo, los incendios forestales en China en 1987. Los estudios epidemiológicos indican una asociación entre niveles de contaminantes del aire (especialmente, contaminación del aire con partículas) producidos por incendios en zonas silvestres y una variedad de efectos adversos en la salud, incluido el incremento de la mortalidad.

El uso del fuego en la conversión forestal y otras formas de roza, así como la propagación de incendios destructivos a partir de estas actividades, son muy comunes en países tropicales. Durante los años ochenta y noventa, la mayoría de problemas de contaminación se observaron en la cuenca amazónica y en el sudeste asiático. Los episodios graves de *smog* recientes en el sudeste asiático ocurrieron en 1991, 1994 y 1997, cuando los incendios generados por la roza y la expansión de incendios destructivos en Indonesia y países vecinos crearon una capa de *smog* en toda la región que duró varias semanas. En 1994, las plumas de humo generadas por los incendios producidos en Sumatra (Indonesia) redujeron el promedio diario de visibilidad horizontal mínima en Singapur a menos de 2 km; a finales de setiembre de 1994, descendió hasta 500 metros. Al mismo tiempo, la visibilidad en Malasia descendió a 1 km en algunas partes del país. En 1997, el humo proveniente de los incendios incrementó los niveles de contaminación del aire con partículas durante varios meses en muchas áreas (proceso que se inició a finales de julio de 1997), con un episodio grave que ocurrió durante la mayor parte de setiembre. Durante este periodo, los niveles de partículas en algunas áreas fueron 15 veces superiores a los niveles normales. Por ejemplo, en la ciudad de Kuching (provincia de Sarawak, Malasia), se registró una concentración promedio de  $MP_{10}$  de 24 horas (masa de partículas con diámetros aerodinámicos menores que 10 micrómetros) de  $930 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . El gobierno estuvo a punto de evacuar a 300.000 habitantes de la ciudad (Brauer y Hisham-Hashim, 1998).

En las mismas regiones, el humo producido por incendios causó una interrupción del tránsito aéreo local e internacional. En 1982 a 1983, 1991, 1994 y 1997 a 1998, los episodios de *smog* en el sudeste asiático ocasionaron el cierre de aeropuertos y la interrupción del tránsito marino; por ejemplo, en el estrecho de Malaca y a lo largo de la costa y los ríos de Borneo. A finales de 1997, se produjeron diversos accidentes marinos y aéreos relacionados con el humo. La pérdida de una aeronave y 234 vidas humanas durante setiembre de 1997 en Sumatra se atribuyó parcialmente a problemas en el tránsito aéreo por episodios de *smog*.

Los incendios destructivos producidos en vegetación contaminada con elementos radiactivos conducen a una redistribución no controlada de radionucleidos; por ejemplo, radionucleidos de larga vida como el cesio ( $^{137}\text{Cs}$ ), el estroncio ( $^{90}\text{Sr}$ ) y el plutonio ( $^{239}\text{Pu}$ ). En las regiones más contaminadas de Ucrania, Belarús y la Federación Rusa (regiones de Kiev, Zhitomir, Rovno, Gomel, Mogilev y Bryansk), los bosques predominantes son de pinos jóvenes, de edad media y de pino duro, que pueden generar peligro de incendios. En 1992, se produjeron incendios destructivos graves en la región de Gomel (Belarús) y se propagaron hasta alcanzar los 30 km de radio de la planta de energía de Chernobyl. Las investigaciones revelan que en 1990, la mayoría de radionucleidos  $^{137}\text{Cs}$  estaban concentrados en la basura de los bosques y la capa mineral superior del suelo. En los incendios de 1992, los radionucleidos se elevaron hacia la atmósfera. Dentro de la zona de 30 km, el nivel de cesio radiactivo en aerosoles aumentó 10 veces. Para mayor información sobre la resuspensión de material radiactivo proveniente de incendios forestales, véase el amplio análisis de Dusha-Gudym (1996).

### **Humo generado por la quema doméstica de combustibles biológicos**

Se debe mencionar la quema doméstica de combustibles biológicos ya que su contribución a la contaminación del aire ambiental a menudo se mezcla con las emisiones provenientes de incendios destructivos y de incendios causados por el uso del terreno, especialmente en países en desarrollo.

Los combustibles biológicos ► madera, carbón vegetal y residuos agrícolas► son una fuente importante de energía en el mundo en desarrollo. Por ejemplo, en África occidental, el combustible de madera representa entre 60 y 90 % de la energía consumida. Los países en desarrollo donde la proporción de biomasa es menor (alrededor de 60%) son los productores de petróleo, los que tienen alto potencial hidroeléctrico o estabilidad económica. La producción de carbón vegetal para uso doméstico e industrial también se ha convertido en una opción atractiva para el uso directo de madera como combustible. A diferencia de los incendios de vegetación de quema abierta que a menudo se restringen a varios meses durante la temporada seca, la quema doméstica de combustibles biológicos se realiza durante todo el año. Un análisis mundial preliminar muestra que el carbono liberado en la fuente como CO<sub>2</sub> y CO mediante la quema de biomasa doméstica es de 1,6 mil millones de toneladas métricas (Ludwig y otros, 1999).

## **2.1.2 LA EVALUACIÓN DE PELIGROS COMO BASE DEL ANÁLISIS DE RIESGOS**

Los sistemas de alerta temprana para el control de incendios y humos requieren información de varios niveles para ser aplicados a escala local, regional y mundial. La información sobre las condiciones actuales del clima y la sequedad de la vegetación es el punto de partida de toda evaluación predictiva. A partir de esta información, se inicia la evaluación del riesgo de incendios destructivos y se puede pronosticar el comportamiento de los incendios en curso y sus efectos. Los pronósticos de incendios de largo y corto alcance permiten evaluar el riesgo y la gravedad de los incendios dentro del periodo de predicción. Las tecnologías avanzadas que utilizan sensores remotos permiten pronosticar incendios en relación con el clima y evaluar la sequedad de la vegetación en áreas amplias (desde el ámbito local hasta el mundial), con una economía y una exactitud que no pueden lograrse mediante la recolección en el terreno y la difusión de información. Los sistemas de sensores remotos también tienen la capacidad de detectar nuevos incendios destructivos, monitorear incendios destructivos activos y, junto con pronósticos del clima relacionados con los incendios, sirven como herramientas, de alerta temprana para incendios destructivos extremos (PNUMA, 1999).

### **Clasificación de peligros de incendios (evaluación de riesgos de incendios)**

Las autoridades responsables del control de incendios han creado sistemas de clasificación de los peligros de incendios para advertir sobre la ocurrencia y desarrollo de incendios destructivos extremos. Los factores que predisponen a un lugar específico para sufrir la amenaza extrema de un incendio destructivo cambian con el tiempo medido en décadas, años, meses, días y horas. El concepto de “peligro de incendio” incluye factores tangibles e intangibles, procesos físicos y riesgos. Por definición:

*"Peligro de incendio" es un término general usado para expresar la evaluación de los factores constantes y variables que afectan el inicio, propagación, intensidad y dificultad de control de los incendios y el impacto que estos tienen.*

Los sistemas de clasificación de peligros de incendios generan índices cualitativos y/o cuantitativos sobre el potencial del fuego que se pueden usar como guías en diversas actividades; incluida la

alerta temprana de las amenazas de incendio. En todo el mundo se han desarrollado diferentes sistemas de complejidad variable que reflejan la gravedad del riesgo de incendios y la necesidad de controlarlos.

Si bien un índice único sobre el peligro de incendios puede ser útil para detectar signos anticipados de la actividad de incendios destructivos en áreas amplias, es imposible transmitir una imagen completa del peligro diario de incendio a partir de este único dato. Por ello, es necesario descomponer la clasificación de peligros de incendio en sus componentes principales para apreciar dónde encajan los factores individuales. Estos se clasifican en tres categorías de alerta temprana de precursores de incendios:

- cambios en la carga de combustible;
- cambios en la disponibilidad de combustible, y
- cambios en las variables climáticas que influyen en la propagación e intensidad del fuego.

Los detalles sobre estos sistemas de alerta temprana se presentan en los documentos base de estas guías.

### **Uso de datos satélite como ayuda para evaluar el potencial de incendios**

La cantidad de vegetación viva y su contenido de humedad tienen un efecto importante en la propagación y la gravedad de los incendios destructivos. La observación directa del verdor de la vegetación es esencial para cualquier sistema de alerta temprana. Hoy en día, la evaluación de la humedad de la vegetación viva depende de diversos métodos de muestreo manual. Si bien estas mediciones son muy exactas, son difíciles de obtener en áreas amplias. Por ello, no llegan a representar los cambios en los patrones de verdor y humedad de la vegetación a lo largo de la región.

Los satélites meteorológicos actuales de órbita polar brindan información sobre el verdor y otros parámetros necesarios para el control y evaluación del impacto de los incendios, con cobertura global diaria y resolución espacial. Esto se logra a través de radiómetros de escaneo de ángulos amplios con imágenes instantáneas de los campos; por ejemplo, el RAMAR de la NOAA, que mide la radiación reflejada y emitida en canales múltiples como el visible, el casi-infrarrojo, el medio-infrarrojo y el termal. Debido a su disponibilidad, resolución espacial, características espectrales y bajo costo, el RAMAR se ha convertido en el conjunto de datos de satélite más ampliamente usado para la detección y monitoreo regional de incendios. Actualmente, los datos del RAMAR se usan para el análisis de la vegetación y en la detección y caracterización de incendios de llamas activas, plumas de humo y huellas de incendio en el terreno.

Desde 1989 se ha investigado la utilidad del índice normalizado de vegetación (INV) para monitorear los cambios estacionales en la cantidad y humedad de la vegetación viva. Los datos diarios del RAMAR se combinan en imágenes semanales de las que se borra la mayoría de nubes y otros efectos similares. El centro de datos de los Sistemas de Observación de Recursos Terrestres (EROS) de la US Ecological Survey (USGS, 1999a) produce una imagen del INV de los Estados Unidos. Estas imágenes semanales se procesan más adelante, en relación con el potencial de

incendios en nuevas imágenes que son interpretadas con mayor facilidad por los encargados del control de incendios. Se puede acceder a estas imágenes por Internet.

### **2.1.3 PRONÓSTICOS DEL CLIMA EN RELACIÓN CON LOS INCENDIOS**

Se requieren mejores pronósticos del clima en relación con los incendios en una variedad de escalas de tiempo y espacio. En escalas amplias, los pronósticos exactos del clima en relación con los incendios se pueden aprovechar en la planificación de largo plazo para la asignación de recursos escasos. En escalas pequeñas, estos pronósticos se pueden usar en la alerta, presentación y planificación del despliegue del equipo de supresión de incendios. En escalas aún más pequeñas, los pronósticos pueden ser útiles en la lucha contra incendios y para determinar los periodos óptimos para realizar incendios prescritos en bosques y tierras agrícolas.

Los pronósticos mundiales y regionales del clima en relación con los incendios y la precipitación actualmente están disponibles en el sitio *web* del Experimental Climate Prediction Center (ECPC) del Scripps Institute of Oceanography (ECPC, 1999). También están en proceso pronósticos experimentales mundiales y regionales para otras regiones. Se están extrayendo variables adicionales de la superficie terrestre, tales como nieve, suelo y humedad de la vegetación y pronto se proporcionarán como parte de los pronósticos. Estas variables adicionales se requieren para transformar los índices del clima en relación con los incendios en índices de peligros de incendios, que toman en cuenta el estrés de la vegetación.

## **2.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES: PROCESOS DE EMISIÓN Y POSTEMISIÓN**

### **2.2.1 INTRODUCCIÓN**

La quema de biomasa contribuye de manera importante a la contaminación del aire con partículas y gases tóxicos y de invernadero en todo el mundo. En muchos casos, esto resulta en una exposición humana a altos niveles de diversos contaminantes del aire, pero a diferencia de algunas fuentes producidas por el hombre, dicha quema está mal cuantificada. La naturaleza de la quema de biomasa es tal que la combustión no se completa y, como resultado, se emite un gran número de contaminantes. Los contaminantes del aire (o sus precursores) que a menudo tienen mayor conexión con las exposiciones de la población en general son el material particulado (MP), los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), y el monóxido de carbono (CO). Por ejemplo, las emisiones de compuestos basados en azufre y nitrógeno dependen de la eficiencia del proceso de combustión y, la composición química de la vegetación quemada.

Después de la emisión y durante el transporte, las emisiones de la combustión experimentan procesos de transformación que generan cambios fisicoquímicos en los compuestos. Si bien la exposición a la mayoría de contaminantes del aire puede tener efectos potencialmente

perjudiciales en la salud, pruebas científicas recientes indican que las partículas transportadas por el aire, especialmente las muy pequeñas (con diámetros aerodinámicos menores de 2,5  $\mu\text{m}$ ), podrían tener efectos mayores. Estas partículas tienen mayor probabilidad de sedimentarse en las partes más profundas de las vías respiratorias humanas, donde pueden tener una serie de efectos debido a su naturaleza física, química, toxicológica o carcinógena. La importancia relativa del daño que producen estas partículas en la salud humana y su abundancia relativa en las emisiones son razones por las cuales reciben mayor atención que otros contaminantes cuando se considera la exposición a plumas de humo provenientes de la quema de biomasa. Estimados razonables de la exposición a otros compuestos pueden obtenerse de razones de compuestos tóxicos de aire en relación con CO, CH<sub>4</sub> y MP<sub>2,5</sub> (masa de partículas con diámetros menores a 2,5 micrómetros) a partir de la caracterización de uno o dos compuestos. Desde luego, esto presupone que las emisiones provienen de la quema de biomasa o que la contribución de la quema de biomasa puede ser desagregada. En general, los enfoques integrales estandarizados para tratar los riesgos potenciales de las emisiones de incendios de biomasa para la salud pública deben incluir:

- (a) caracterización de la magnitud y composición de las emisiones y su transformación durante el transporte;
- (b) cuantificación de las concentraciones resultantes de los contaminantes del aire tóxico en el aire de áreas pobladas;
- (c) evaluación de los posibles escenarios de exposición para las poblaciones afectadas (en interiores y exteriores), y
- (d) Evaluación de los riesgos causados por estas exposiciones para la salud.

## **2.2.2 FACTORES QUE AFECTAN LA COMBUSTIÓN INCOMPLETA**

La eficiencia de combustión se define como la razón de carbono liberado como CO<sub>2</sub>. Para fines prácticos, la eficiencia de combustión modificada se define como la razón de carbono liberado como CO<sub>2</sub> dividido entre la suma de CO<sub>2</sub> y CO. Al dividir la cantidad de CO liberado entre el CO<sub>2</sub> liberado se obtiene una medida aproximada de la eficiencia de combustión. Las razones del CO en relación con el CO<sub>2</sub> varían de aproximadamente 0,04 para la combustión con llama a más de 0,25 para la combustión sin llama. La combustión sin llama se limita a situaciones donde el combustible es consumido por procesos que no generan llama, y por lo general, son de muy baja intensidad. Produce altas emisiones de material particulado, CO y otros compuestos de la combustión incompleta. Las propiedades del combustible pueden afectar en gran medida la cantidad de combustión sin llama y la mezcla global de emisiones. Por ejemplo, en ecosistemas de sabanas, 90% de la vegetación podría ser consumida por la combustión con llama. Esto sería muy diferente de un incendio de vegetación como turba, troncos podridos o residuos de madera, donde 90% se consume a través de la combustión sin llama. Se debe observar que la combustión de turba puede generar más de 17 toneladas/ha-cm métrico consumido, que se traducen en hasta 1,5 toneladas métricas de CO/ha-cm de profundidad de turba consumida por un incendio (según la densidad de la biomasa).

### 2.2.3 CONTAMINANTES GENERADOS POR LA COMBUSTIÓN

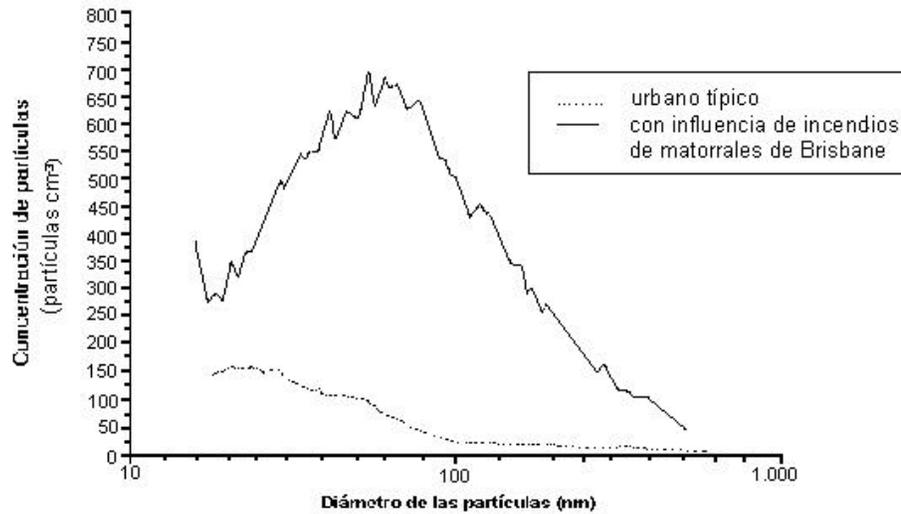
En el estudio del humo y sus efectos en la salud de los bomberos que actúan contra incendios destructivos, Ward y sus colaboradores discutieron varias emisiones de la combustión y establecieron clases de estas emisiones (Ward y otros, 1989). Estas sustancias se clasifican del siguiente modo:

1. material particulado (MP),
2. hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP),
3. monóxido de carbono (CO),
4. aldehídos,
5. ácidos orgánicos,
6. compuestos orgánicos volátiles (COV) y semivolátiles ,
7. compuestos basados en nitrógeno y azufre,
8. radicales libres,
9. ozono y oxidantes fotoquímicos,
10. fracciones inorgánicas de las partículas.

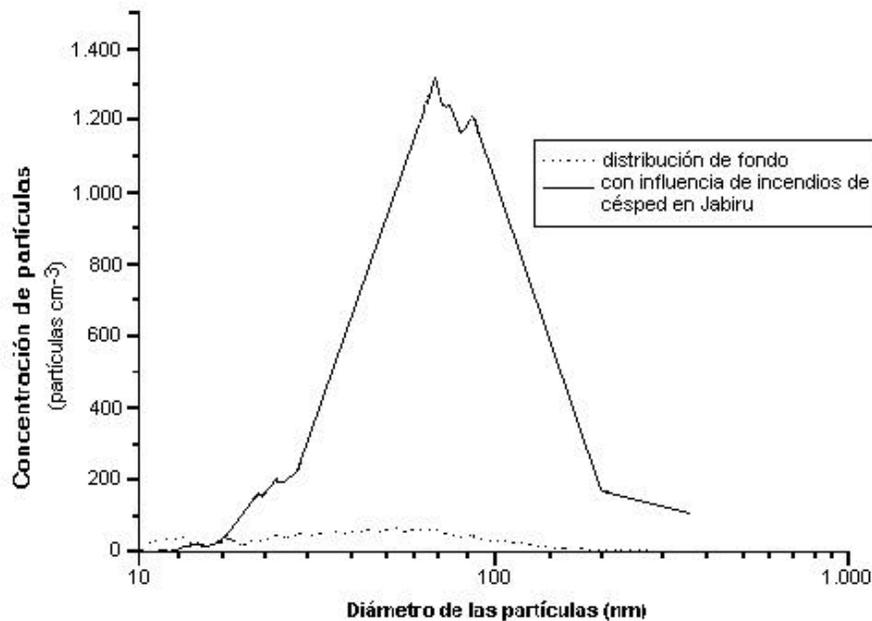
1) **El material particulado** de incendios destructivos es altamente visible, afecta la calidad del aire y tiene un efecto potencialmente considerable en la salud humana. Los incendios forestales producen gran cantidad de partículas con resistencias en la fuente que, en algunos incendios de grandes proporciones exceden 0,6 toneladas métricas por segundo (Wade y Ward, 1973). En función del número, la mayoría de partículas emitidas por la quema de biomasa son ultrafinas, y solo una pequeña fracción está en el intervalo de tamaño más grande (figura 2.2.3-1a, 1b; Morawska y otros [1998]; Morawska y Thomas [1999]). Lo mismo sucede en emisiones de cualquier otra fuente de combustión. Las partículas ultrafinas se definen como aquellas con un diámetro inferior a 0,1 micrómetro. Las partículas finas son las más pequeñas que 2,5 micrómetros y las gruesas, las más grandes que 2,5 micrómetros. Las partículas ultrafinas se aglomeran rápidamente para formar partículas finas.

La masa de partículas de la quema de biomasa puede separarse en dos modalidades: partículas finas con un diámetro promedio de 0,3 micrómetros que por lo general, se producen durante la combustión del material orgánico y partículas gruesas con un diámetro medio mayor de 10 micrómetros. La investigación, tanto a partir de muestras en el terreno (Ward y Hardy, 1989) como del aire, presenta la distribución bimodal con una fracción pequeña de la masa total (menos de 10 %) entre 2 y 10 micrómetros (Radke y otros, 1990). Los datos disponibles indican que la mayoría de material particulado producido por la quema de combustibles fósiles o de la biomasa se encuentra en partículas de menos de 2,5 micrómetros de diámetro aerodinámico (EPA, 1998a). Las partículas finas representan entre 90 y 100% del material particulado. La combustión sin llama libera partículas más finas que la combustión con llama.

**Figura 1a. Distribución de las partículas según su tamaño en el centro de la ciudad de Brisbane a 20 km a sotavento de un incendio de matorrales y distribución de partícula típica en Brisbane sin influencia de incendios de matorrales**



**Figura 1b. Distribución de las partículas según su tamaño en Jabiru a 200 m a sotavento de un incendio de césped y distribución de partículas de fondo sin influencia de incendios de césped**



**Figura 2.2.3.-1a, 1b (Morawska y Thomas (1999))**

Las partículas finas constan de 60 a 70% de carbono orgánico (Ward y Hardy, 1989). Generalmente, otro 2 a 15% es carbono gráfico y el resto es material de ceniza inorgánica (Ward y Core, 1984). Muchos compuestos carcinógenos conocidos están contenidos en la fracción de carbono orgánico y se sabe que las partículas llevan elementos traza absorbidos, elementos tóxicos condensados y radicales posiblemente libres.

Para el tema de la exposición pública, las partículas finas son de interés prioritario. La investigación reciente (resumida en EPA, 1998a; Wilson y Spengler, 1996) ha encontrado pruebas de incrementos pequeños pero significativos en la mortalidad debido a la exposición a bajos niveles de MP<sub>10</sub>. Se ha encontrado una mayor correlación para MP<sub>2,5</sub> que para MP<sub>10</sub> entre salud y material particulado transportado por el aire (Dockery y otros, 1993). Debido a que la mayoría del número y la masa de material particulado generado por la quema de biomasa está en el intervalo de partículas finas (por debajo de 2,5 micrómetros), se requiere medir la fracción MP<sub>2,5</sub> para poder caracterizar mejor el riesgo para la salud.

**Los hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP)** son una clase de compuestos contenidos en la fracción orgánica del material particulado fino. Algunos de los compuestos de HAP asociados con las partículas son carcinógenos. Recientemente, la OPS (1998a) publicó una compilación de efectos de HAP no heterocíclicos seleccionados en la salud (1998a). Los HAP considerados incluyeron acenafteno, acenaftileno, antraceno, benzo[a]pireno, benz[a]antraceno, dibenz[a,h]antraceno, fluoranteno, naftaleno, fenantreno y pireno. El HAP más estudiado es el benzo[a]pireno B[a]P, una sustancia fisiológicamente activa que puede contribuir al desarrollo de cáncer en células humanas. A pesar de la presencia conocida de sustancias carcinógenas en las partículas producidas por la combustión de la biomasa, los datos disponibles no indican un mayor riesgo de cáncer incluso con niveles muy altos de exposición. Estas pruebas incluyen estudios de exposición de largo plazo a altos niveles de humo procedente de la biomasa utilizada en la cocina doméstica en países en desarrollo. Aún más, si bien el humo de la biomasa es claramente mutagénico, lo es en un grado mucho menor que los gases emitidos por los escapes de vehículos automotores, sobre una base de masa equivalente (Brauer, 1998). Los compuestos de HAP observados en el humo de incendios prescritos para la reducción de troncos (residuos de madera) y la quema de hojas de pino en laboratorios incluyen las siguientes especies (Ward y otros, 1989; McMahan y Tsoukalas, 1978; DeAngelis y otros, 1980): antraceno, antantreno-dibenzopireno, benz[a]antraceno, 1,2-Benzantraceno, benzo(a)fluoranteno, benzo(a)pireno, benzo(e)pireno, benzo(b/j/k)orantenos, benzofluoranteno, benzo(ghi)fluoranteno, benzo[ghi]perileno, criseno, metilantracenos, dibenzantracenos-dibenzfenantrenos, fluoranteno, indenopireno, fenantreno, perileno, pireno.

Para propósitos comparativos, se recogió un conjunto de muestras de aire ambiental en Sumatra, Indonesia del 4 al 8 de noviembre de 1997 (Pinto y otros, 1998a). Este conjunto de datos dispersos indica que las concentraciones de HAP podrían ser mayores que las registradas para la reducción de troncos y humos provenientes de la quema de hojas de pino por un factor de 2 a 5. No todos los compuestos enumerados tienen igual carcinogenicidad. Se han desarrollado más datos para B[a]P que para otros compuestos de HAP en el caso del humo proveniente de incendios en zonas silvestres. Ward y otros (1989) encontraron que los factores de emisión para B[a]P se incrementaron proporcionalmente a la densidad de vegetación viva que cubre las

unidades de incendio prescritas. Esto no se ha comprobado para otros ecosistemas con vegetación viva afectados por combustiones con llama.

Los compuestos de HAP se sintetizan a partir de fragmentos de carbono en grandes estructuras moleculares en ambientes con bajo contenido de oxígeno, como ocurre dentro de la llama, en la región rica en combustible. Si la temperatura no es adecuada para que los compuestos se descompongan al salir de la llama, se liberan a la atmósfera y se condensan o se adsorben en la superficie de las partículas. Se sabe que muchos sistemas de combustión producen compuestos de HAP y la quema de combustibles forestales es considerada como una de estas fuentes. Poco se conoce acerca de las condiciones de combustión en incendios destructivos, pero experimentos recientes indican que las emisiones no difieren mucho de los incendios prescritos cuando las condiciones de quema son similares. Las pruebas indican que en los incendios secundarios de baja intensidad, la razón de benzo[a]pireno en relación con las partículas es mayor 20 veces que en los incendios grandes (McMahon y Tsoukalas, 1978). Para estufas de madera, se estableció una relación entre la tasa de quema y la emisión de HAP. De manera específica, a medida que se incrementó la tasa de quema, disminuyeron las emisiones orgánicas totales, pero aumentó la proporción de HAP. De Angelis y otros (1980) encontraron que la tasa de emisión de HAP era más alta en un intervalo de temperatura de 500 a 800 °C. Esto sería compatible con los resultados de incendios secundarios de baja intensidad de McMahon y Tsoukalas (1978).

El **monóxido de carbono** es un gas tóxico incoloro e inodoro producido por la combustión incompleta de combustibles de la biomasa, y es menos abundante que el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua. La carboxihemoglobina se crea en la sangre de los seres humanos en respuesta a la exposición a CO, que reemplaza la capacidad de los eritrocitos para transportar oxígeno. Por lo general 3 a 4 horas de exposición a concentraciones de CO de 35 ppm generan un nivel de 5% de carboxihemoglobina, que puede generar signos de desorientación o fatiga en las personas.

El CO se produce en mayor abundancia a partir de la combustión sin llama de los combustibles forestales. Inmediatamente después de que cesa la combustión con llama, se generan niveles máximos de CO. Estos fenómenos coinciden con actividades de supresión, especialmente cuando se usan métodos de ataque directo. A medida que ceden las llamas, se libera CO en la tasa más alta y por lo general, se mantiene en esta tasa durante los primeros minutos del periodo de cese. Para incendios en condiciones intensas de sequía, la combustión sin llama puede ser autosostenida y consumirse en la tierra vegetal, y en algunos casos, en el suelo, cuyo componente orgánico constituye más de 30% del total. Se pueden producir grandes cantidades de humo en condiciones graves, que a veces se mantienen durante días y semanas.

**Aldehídos.** Ciertos aldehídos son compuestos extremadamente irritantes para las mucosas del cuerpo humano. Algunos, como el formaldehído, son potencialmente carcinógenos y, en combinación con otras sustancias irritantes, pueden incrementar el riesgo carcinógeno de la exposición. El formaldehído es uno de los compuestos que se produce en mayor abundancia y es liberado de manera proporcional a muchos de los demás compuestos de la combustión incompleta. En el cuerpo humano, el formaldehído se transforma rápidamente en ácido fórmico, que se elimina muy lentamente. La capacidad de las células segregadoras en los pulmones para absorber las bacterias extrañas disminuye a través de la exposición a compuestos de aldehídos, que pueden acentuar las infecciones del aparato respiratorio.

La acroleína, otro aldehído, también se emite durante la combustión incompleta de combustibles forestales. En el humo producido por los cigarrillos, la acroleína es cerca de 10 veces más abundante que el formaldehído. Según Dost (1986), las concentraciones de acroleína pueden ser tan altas como 0,23 a 23 mg/m<sup>3</sup> cerca de los incendios y pueden incrementar el carácter irritante del humo cerca de las líneas de incendio. Los niveles umbral de acroleína que causan irritación y efectos en la salud son 0,07 mg/m<sup>3</sup> para la percepción de olor, 0,13 mg/m<sup>3</sup> para la irritación de los ojos, 0,3 mg/m<sup>3</sup> para la irritación nasal y ocular y 0,7 mg/m<sup>3</sup> para la tasa de respiración disminuida (OMS, 1991). En estudios realizados con animales, se observó que la función de las vías respiratorias y los efectos histopatológicos son de 0,5 a 0,8 mg/m<sup>3</sup> (exposición continua, OMS, 1991). Los aldehídos han sido difíciles de cuantificar para incendios forestales y aún existen muchos temas que deben aclararse. La investigación reciente de Reinhardt (1994) indica que la acroleína se produce proporcionalmente al formaldehído. Por otro lado, Yokelson y otros (1996), a través de una técnica analítica muy directa, no fueron capaces de identificar la acroleína en una concentración tan alta como aquella reportada por Reinhardt (1994) y su presencia fue mucho menos abundante que el formaldehído.

Los **ácidos orgánicos** se emiten durante la quema de combustibles de la biomasa. Yokelson y otros (1997) y McKenzie y otros (1995) han hecho progresos significativos al caracterizar algunas de las emisiones de ácidos orgánicos entre los que se incluyeron el ácido acético y el fórmico, y encontraron razones molares de CO de  $7,4 \pm 6,2$  y  $1,5 \pm 1,5$ , respectivamente. A partir de razones molares de diferentes compuestos de aire tóxico en relación con el CO, McKenzie y otros (1995) reportaron posibles niveles de exposición que estuvieron muy por debajo de los valores promedio ponderados en el tiempo (TWA) basados en una exposición pico sufrida por bomberos, de 54 ppm (Reinhardt, 1994). Se debe señalar que no se han determinado los efectos sinérgicos de estos y otros compuestos.

**Compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles.** Muchos de los compuestos presentes en el humo contienen presiones de vapor significativas a temperaturas ambiente. Algunos se dividen entre la fase gaseosa y líquida o sólida a temperatura ambiente; por ejemplo, el benceno, el naftaleno y el tolueno. Se sabe que los incendios producen una variedad de estos compuestos, pero no se los ha caracterizado en su totalidad. Los compuestos de fenol son importantes ya que son irritantes muy fuertes y son producidos en abundancia a partir de la oxidación parcial de combustibles de la celulosa. Otros compuestos de HAP de bajo peso molecular están contenidos en la clase de compuestos semivolátiles. Debido a la volatilidad y, en algunos casos, reactividad de estos compuestos, se requieren protocolos especiales de muestreo, que incluyan la adsorción de carbono vegetal, de polímeros porosos y el muestreo integral de aire. Estos compuestos presentan dificultades para el muestreo y se requieren métodos sustitutivos para correlacionar las exposiciones de los componentes más volátiles con los semivolátiles. A menudo, se producen gases de metano y monóxido de carbono de manera proporcional a otros compuestos de la combustión incompleta y pueden servir como indicadores de su abundancia.

Los **compuestos basados en nitrógeno y azufre** se producen, como su nombre lo indica, a partir de la combustión de la vegetación que contiene nitrógeno y azufre, respectivamente. La combustión sin llama produce compuestos reducidos de nitrógeno tales como NH<sub>3</sub>, mientras que la combustión con llama produce óxidos de nitrógeno. Si bien es posible que las llamas alcancen temperaturas donde el nitrógeno molecular se puede disociar en la atmósfera, esto no es muy

común y se cree que ocurre solo en la mayoría de incendios destructivos de gran intensidad. Las investigaciones realizadas por Yokelson y otros (1996) y Lobert y otros (1991) han demostrado la relación que existe entre la eficiencia de combustión y la descarga de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) y compuestos oxidados de la combustión. Encontraron que a medida que la liberación de CO se incrementa en relación con el  $\text{CO}_2$ , la emisión de  $\text{NH}_3$  aumenta en relación con el  $\text{NO}_x$ . Se cree que la liberación de disulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}_2$ ) en relación con el  $\text{SO}_2$  sigue una relación similar. Se debe recalcar que los compuestos basados en nitrógeno y azufre se producen proporcionalmente al contenido de estos elementos en la vegetación afectada por los incendios y como una función de la eficiencia de combustión para el incendio.

Los **radicales libres** se producen en abundancia a través de la quema de combustibles forestales. La pregunta es durante cuánto tiempo persisten estos materiales en la atmósfera y cuál es su reactividad cuando entran en contacto con los tejidos humanos. La mayoría de grupos de radicales libres experimentan una condensación durante los pocos segundos que toma la mezcla de gases en salir de la llama, lo cual debería de reducir la toxicidad global del humo. Sin embargo, algunos radicales libres persisten hasta 20 minutos después de la formación lo que puede ser preocupante en el caso de personas expuestas a aerosoles en los alrededores de los incendios. Aún no se sabe cuánto material orgánico permanece en estado de radical libre reactivo.

Cerca de los incendios, no se esperarían concentraciones de **ozono** suficientemente altas para generar preocupación. El ozono se forma a través de un proceso fotoquímico cerca de la parte superior de las plumas de humo bajo condiciones elevadas de luz solar. En general, lo hace en situaciones donde el humo queda atrapado en los valles o bajo inversiones de la temperatura de la atmósfera, o ambos. El personal que controla incendios y trabaja en zonas elevadas se puede encontrar ante altos niveles de ozono. Cualquier esfuerzo por caracterizar la exposición de las personas al humo debe dar cuenta de la exposición potencial al ozono del personal que trabaja en elevaciones cerca de la parte superior de la capa de mezcla de la atmósfera.

#### **2.2.4 TRANSFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN DURANTE EL TRANSPORTE**

Una vez formada, la mezcla altamente dinámica de compuestos de la combustión es transportada lejos de su punto de emisión. La composición química, las características físicas y la concentración de estos compuestos en el aire cambian durante el transporte. El tiempo de permanencia de los compuestos de la combustión en el aire depende de la naturaleza de los procesos experimentados y varía desde segundos o minutos hasta días o semanas.

Los aerosoles se forman a partir de emisiones primarias (generalmente sólidos) o secundarias (líquidos). Las partículas más grandes (con un diámetro aerodinámico de un micrómetro o más) son producidas principalmente a partir de procesos primarios, incluidos los mecánicos, y son removidas de la atmósfera a través de la sedimentación gravitacional. Por ejemplo, a 20 km de distancia de un incendio de grandes proporciones, la concentración de partículas inferiores a un micrómetro se eleva significativamente, pero no se incrementan las partículas más grandes, lo cual indica que las partículas han sido removidas de la pluma durante su transporte (Morawska y otros, 1998). Las

partículas más pequeñas se transforman en partículas más grandes principalmente por coagulación y condensación, y se eliminan a través de la coagulación o remoción dentro de la nube durante la precipitación. La distribución del tamaño de las partículas varía durante el transporte: pasan de la modalidad de nucleación (con un tamaño que varía de nanómetros a décimas de nanómetros) a la acumulación (con un tamaño generalmente inferior a un micrómetro), mientras que las partículas más gruesas son eliminadas del aire mediante el proceso de precipitación. Los cambios son más rápidos inmediatamente después de la generación de partículas y más lentos a medida que disminuye la concentración de estas, ya sea por dilución o transformación. Los tiempos de permanencia de las partículas en el aire varían significativamente. Para las partículas muy grandes, este lapso puede ser cuestión de minutos mientras que las más pequeñas que un micrómetro pueden permanecer varias semanas, según las condiciones meteorológicas. En la troposfera, estas partículas pueden permanecer incluso años (Subcommittee on Airborne Particles, 1979). La distribución del tamaño de las partículas es importante para evaluar el riesgo para la salud, ya que las más pequeñas tienen mayor probabilidad de sedimentarse en las partes más profundas del sistema respiratorio.

La estabilidad de los compuestos químicos emitidos a la atmósfera por incendios de vegetación es muy variada. Para muchas especies, el factor principal de control de los cambios ocurridos luego de su formación es la transformación o destrucción del radical OH (hidroxilo). Si bien los hidrocarburos que no contienen metano, como los alquenos C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>, se pierden luego de unas horas debido a la reacción con los radicales OH, la pérdida de C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> ocurre durante días o semanas. La estabilidad del monóxido de carbono en la atmósfera es de aproximadamente 2 a 3 meses mientras que el CH<sub>4</sub> dura 10 años. Luego de varias horas, los óxidos de nitrógeno se convierten en HNO<sub>3</sub>. La oxidación fotoquímica de las especies mencionadas (de gran interés para la salud humana) produce una serie de compuestos (por ejemplo, formaldehídos, HCHO). El HCHO tiene una estabilidad atmosférica de alrededor de una hora. Los tiempos de residencia de los gases emitidos en las plumas de humo provenientes de los incendios forestales se pueden calcular a partir de otros estudios. Por lo general, las tasas de transformación o destrucción se miden en experimentos de laboratorio. DeMore y otros (1997) presentan algunos ejemplos de estos experimentos. El cuadro 2.2.4-1 muestra los tiempos típicos de residencia para densidades de 10<sup>6</sup>cm<sup>-3</sup> de OH en la troposfera inferior, los cuales son apropiados para incendios de vegetación. Los tiempos de residencia de los hidrocarburos pueden variar desde muy cortos ► es decir, unos días► hasta muy largos, ► por ejemplo, 7,3 años para el metano► .

**Cuadro 2.2.4-1 Tiempos típicos de residencia para especies moleculares emitidas durante incendios forestales**

Especie	Tiempo de residencia (años)	Referencia
CH <sub>4</sub>	7,3	Miller y otros (1998)
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,04	Ehhalt y otros (1998)
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,19	Colman y otros (1998)
CH <sub>3</sub> Cl	1,26	Colman y otros (1998)
CO	0,25	Colman y otros (1998)
NO	0,035	Koike y otros (1996)
O <sub>3</sub>	0,044	Davis y otros (1996)
Aerosoles	0,02	Baker y otros (1979)

El ozono se produce a sotavento de los incendios de vegetación durante varias horas a través de la acción de la fotólisis sobre los hidrocarburos y  $\text{No}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ), siempre que se cuente con la radiación ultravioleta necesaria para iniciar las reacciones de oxidación. En plumas densas de humo, el ozono se produciría de manera más rápida en las capas superiores de la pluma. La formación de ozono en la troposfera por este tipo de incendios en zonas tropicales ha sido estudiada con gran detalle durante la primera serie intercontinental de experimentos sobre incendios en el marco de los componentes del Southern Tropical Atlantic Regional Experiment (STARE). Estos componentes son el Transport of Atmospheric Chemistry Experiment – África (TRACE-A) y la Southern Africa Fire-Atmosphere Research Initiative (SAFARI). Esta última forma parte de la investigación sobre incendios del Biomass Burning Experiment (BIBEX) del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), proyecto principal de la International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) (Helas y otros, 1995; Lindesay y otros, 1996; Singh y otros, 1996; van Wilgen y otros, 1997; GFMC, 1999b).

Las plumas de los incendios de vegetación pueden viajar a 500 y 1.000 kilómetros o más durante varios días (Browell y otros, 1996). Por ejemplo, con velocidades del viento de  $4 \text{ ms}^{-1}$ , una pluma viajaría hasta 480 km durante cinco días. Por supuesto, las plumas pueden viajar más de cinco días. Durante una misión de la NASA en el Pacífico Sur, a finales de 1996, se encontraron plumas de aproximadamente 20 días (Blake y otros, 1999). De esta manera, algunas especies moleculares serían relativamente invariables mientras que otras reducirían significativamente sus concentraciones.

## **2.2.5 RAZONES DE EMISIÓN QUE DEBEN USARSE PARA CONTAMINANTES CRITERIOS**

*Razones de los contaminantes tóxicos del aire en relación con el CO, CH<sub>4</sub> y MP<sub>2,5</sub>.*

Al efectuar una evaluación de riesgos y establecer la importancia relativa de los diferentes compuestos para la salud humana, se requiere un método para estimar los niveles de exposición basados en la medición del CO y MP. Muchos de los compuestos tratados son difíciles de medir, lo que hace que el muestreo del espacio de respiración o del aire sea prácticamente imposible para la mayoría de compuestos tóxicos. Sin embargo, se ha probado que la correlación de la concentración de compuestos tóxicos del aire con las de CO, CH<sub>4</sub> y MP<sub>2,5</sub> es un método efectivo para calcular la emisión de varios compuestos (Ward y otros, 1993; McKenzie y otros, 1995; Yokelson y otros, 1997). El cuadro 2.2.5-1 presenta algunas razones.

**Cuadro 2.2.5-1 Razones molares de contaminantes tóxicos del aire en relación con el CO (x 10<sup>-3</sup>), promediadas para diversos combustibles**

Compuesto	Razón	Compuesto	Razón	Compuesto	Razón
Metano	104,8	Etano	6,7	1,3 butadieno	1,10
Amoniaco	26,0	HCN	4,0	m-/p-xileno	0,43
Formaldehído	17,3	Benceno	2,13	Fenol	0,32
Ácido fórmico	15,2	Tolueno	1,79	o-xileno	0,24

Si se usa este método, es importante realizar cálculos seguros o usar información muy precisa para la fase de combustión producida por el humo en cuestión. Por ejemplo, las razones de B[a]P en relación con el CO o MP para diferentes tipos de combustibles muestran una diferencia significativa entre la combustión con llama (F), sin llama primaria (S1) y sin llama secundaria (S2) (véase el cuadro 2.2.5-2). Existe una diferencia de casi un orden de magnitud entre las razones de emisión de B[a]P en relación con el CO entre las combustiones con y sin llama. Una razón de emisión ponderada promedio se puede calcular a partir del porcentaje de combustible consumido en la fase de combustión que genera las emisiones. Esto es posible si se asume, por ejemplo, que las emisiones a lo largo de la línea de fuego constan de 10% de vegetación consumida durante la fase con llama, 70% para la primera fase sin llama y 20% para la fase final sin llama. El cuadro 2.2.5-2 ilustra estos resultados.

**Cuadro 2.2.5-2 Aplicación de datos para incendios prescritos en el noroeste del Pacífico. Las razones se pueden multiplicar por la concentración de CO para calcular la exposición a B[a]P o MP. Si solo la exposición a MP está disponible, se pueden calcular el CO y el B[a]P, junto con otros contaminantes tóxicos del aire presentados en el cuadro 2.2.5-1**

Fase de combustión	CO [ppm]	MP [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	B[a]P [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	B[a]P/CO [ $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ppm}$ ]	B[a]P/MP [ $10^{-6}$ ]	MP/CO [ $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ppm}$ ]
F	140	15.740	0,1284	0,0009	8,2	112,4
S1	113	8.391	0,1608	0,0038	42,8	74,3
S2	26	1.214	0,1024	0,0067	126,4	46,7
Ponderado	98	7.690	0,1459	0,0040	56,1	78,2

Por otro lado, las emisiones generadas por la combustión con llama por lo general están acompañadas de una emisión significativa de calor, que transporta las emisiones a alturas mayores mediante fuerzas de convección que actúan sobre la pluma de humo. La mayoría de emisiones cerca de la superficie se puede producir por combustión sin llama. Se recomienda usar las razones de emisión de combustión sin llama para evaluar la exposición, excepto cuando la combustión con llama consume entre 75 y 80% o más de combustible.

## **2.2.6 NIVELES DE EXPOSICIÓN DURANTE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE**

Los regímenes de exposición varían considerablemente según los diferentes tipos de incendios de vegetación. Los documentos base publicados aparte contienen ejemplos de incendios de gran expansión.

## **2.2.7 RESUMEN**

La quema de biomasa contribuye de manera importante a la presencia de contaminantes tóxicos, material particulado y gases de invernadero en todo el mundo. En muchos casos, esta quema genera una exposición humana a altos niveles de diversos contaminantes, pero a diferencia de algunas fuentes generadas por el hombre, no ha sido cuantificada apropiadamente. Si bien la exposición a la mayoría de contaminantes del aire puede tener efectos potencialmente negativos en la salud, la evidencia científica reciente indica que las partículas muy pequeñas pueden tener los efectos más graves. Debido a que el mayor número y masa del material particulado generado por la quema de biomasa se encuentra en el intervalo de partículas finas, se debe medir la fracción de  $MP_{2,5}$  para caracterizar mejor los riesgos para la salud.

Si bien las transformaciones que ocurren durante el transporte del humo a sotavento no son muy claras, se sabe que tienen un efecto significativo en la composición del humo en los lugares de exposición. Las razones entre los compuestos tóxicos del aire y el  $CO$ , el  $CH_4$  y el  $MP_{2,5}$  brindan cálculos razonables de la exposición para varios compuestos, a partir de la caracterización de uno o dos de estos.

## **2.3 MONITOREO EN EL TERRENO**

### **2.3.1 OBJETIVOS**

El monitoreo de la calidad del aire en el terreno debe cumplir los siguientes objetivos:

- Brindar información para:
  - alertas de salud pública,
  - toma de decisiones y puesta en marcha de medidas preventivas.
- Brindar datos para:
  - Ingresar datos en los modelos, verificar y desarrollar modelos,
  - estudios en la salud humana a fin de evaluar los efectos de la neblina y humos.

### 2.3.2 ANTECEDENTES

El monitoreo de la calidad del aire en el terreno es importante para pronosticar episodios de neblina y responder a las emergencias. Se debe medir especialmente el  $MP_{2,5}$  ya que se cree que esta fracción fina, que predomina en el humo y la neblina es responsable de los efectos observados en la salud. Sin embargo, si no se puede estimar el  $MP_{2,5}$ , se debe medir el  $MP_{10}$  o el total de partículas suspendidas (TPS). Si no se mide el MP, se puede usar la visibilidad como un indicador de la concentración de partículas en el ambiente.

Las mediciones realizadas en Singapur y Malasia durante el episodio de humo y neblina de 1997 indicaron que los niveles de  $MP_{10}$  fueron, de lejos, los más elevados de todos los contaminantes ( $O_3$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $MP_{10}$ ) comparados con los valores de fondo normales. Sin embargo, durante episodios de neblina, las mediciones de contaminantes adicionales tales como  $O_3$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ , aldehídos y PHA permiten una evaluación más completa de los riesgos para la salud debido a la exposición a la neblina. Este procedimiento está en conformidad con una publicación previa de la OMS sobre evaluación de riesgos para la salud durante episodios de *smog* (OMS, 1992b).

### 2.3.3 CONSIDERACIONES SOBRE DISEÑO DE REDES

Una red de monitoreo de humos y neblina debería comenzar por estaciones meteorológicas y de monitoreo de la contaminación del aire a escala local. Cuando estas estaciones se conectan a una red, se puede determinar el estado de humos y neblina en el ámbito regional. Si ya existe una red meteorológica o de monitoreo de la contaminación del aire, se deben identificar y designar los lugares que mejor cumplan las condiciones mencionadas más adelante como puntos especiales de monitoreo de la neblina. De ser necesario, estas estaciones deben estar equipadas con instrumentos adicionales de monitoreo. Las especificaciones mínimas deben incluir mediciones continuas de material particulado, parámetros meteorológicos y radiación solar. Si la pluma se encuentra por encima de la capa de mezcla y no se pueden detectar niveles de contaminación en el terreno, se puede usar un radiómetro solar para detectar la pluma mientras avanza por encima, a través de la reducción de la radiación solar.

Para examinar los efectos de los contaminantes del aire emitidos por fuentes distantes en una población, se debe localizar uno o más monitores en los lugares que resultarán afectados por las emisiones, antes de que estas se trasladen a áreas más pobladas. Estos sitios experimentales se pueden identificar según las rutas de transporte más probables en las áreas propensas a incendios. De esta manera, las contribuciones de las fuentes urbanas de contaminación del aire podrían, en principio, separarse de las provenientes de fuentes distantes. Los datos obtenidos en estos sitios se pueden usar para efectuar estudios en la salud de poblaciones rurales. Además, el monitoreo en sitios no afectados por el transporte de contaminantes de largo alcance o por altos niveles de contaminación local puede servir de control.

Los factores adicionales que se deben considerar en el diseño de redes de monitoreo incluyen los objetivos del programa, la cobertura espacial y temporal, y especificaciones de rendimiento tales como la precisión y exactitud de los aparatos usados. Otros objetivos incluyen la respuesta

temporal, la ubicación de los monitores individuales e información detallada sobre el sitio, el manejo de los datos y el desarrollo de un plan de aseguramiento y control de calidad.

Antes de elaborar un diseño detallado de redes, se deben tratar los siguientes aspectos:

- revisión de las actividades de monitoreo meteorológico y calidad del aire en áreas propensas a incendios y neblinas;
- identificación de sitios apropiados para el monitoreo del humos y neblinas, así como su incorporación en una red especial de monitoreo;
- mejoramiento de las redes de monitoreo existentes para medir las cantidades de humos y neblina, e
- identificación de las instituciones responsables de la medición y registro de la contaminación del aire.

Un plan de aseguramiento y control de calidad es esencial para garantizar el uso más confiable posible de los resultados del monitoreo (PNUMA/OMS, 1994a). Por ejemplo, los elementos de los planes de aseguramiento de la calidad de la EPA (EPA, 1998b) incluyen la identificación de los objetivos del programa de monitoreo, la capacitación del personal, métodos de muestreo y manejo de muestras. Asimismo, se deben considerar los métodos estándar de calibración así como las calibraciones entre las redes (PNUMA/OMS, 1994b). Los planes de aseguramiento de la calidad de la EPA también están relacionados con normas de calibración, con la frecuencia de calibración de los dispositivos de monitoreo, el rendimiento externo y las auditorías del sistema (EPA, 1998b). En este contexto, los datos importantes incluyen criterios de aceptación, manejo, archivo, revisión y evaluación, así como la adaptación de los datos reportados a los requerimientos del usuario.

### **2.3.4 MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA EL MONITOREO DE AEROSOLES**

Los principales métodos para monitorear el MP<sub>2,5</sub> y el MP<sub>10</sub> incluyen la recolección de depósitos de aerosoles en sustratos de filtro cada 24 horas. Los filtros se pesan antes y después del muestreo, y luego se equilibran bajo condiciones definidas de temperatura y humedad relativa (20 y 40 °C, respectivamente). Debido a la extensión de los tiempos de muestreo y equilibrio, los datos obtenidos a través de métodos de filtro no pueden reportarse al público o usarse como medidas para proteger la salud pública. Sin embargo, existen dos métodos automatizados que pueden medir las concentraciones de MP cada hora y en tiempo casi real. Estos métodos han sido designados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) como equivalentes, a partir de la comparación de su rendimiento con los métodos de filtración. Se trata del colector de muestras de medición beta (*beta gauge sampler*) (Wedding y Weigand, 1993) y la tapered element oscillating microbalance (TEOM) (Patashnik y Rupprecht, 1991). Los datos recolectados a través de estos métodos se usan, por ejemplo, para calcular el índice estándar de contaminación (valores del IEC en áreas metropolitanas pobladas de Estados Unidos con más de 200.000 habitantes). Estos métodos automatizados representan técnicas factibles de muestreo para operar un sistema efectivo de alerta (PNUMA/OMS, 1994c).

Ambos métodos automatizados están sujetos a artefactos que resultan del calentamiento de la entrada a temperaturas que oscilan entre 30 y 50 °C (para evitar interferencias debido a la condensación de la humedad). El calor tiende a eliminar los compuestos semivolátiles tales como el nitrato de amonio y algunos compuestos orgánicos. Por lo tanto, la magnitud de error en la medición de la masa depende de la composición de las partículas que conforman la muestra, lo que, a su vez, depende de la naturaleza de las fuentes de MP. En estas circunstancias, estos métodos pueden subestimar la concentración de la masa real de MP en el ambiente, a menos que se realicen calibraciones específicas del lugar contra mediciones gravimétricas. Por ello, se debe tener cautela antes de atribuir una exactitud cuantitativa a los valores obtenidos y asociados con el IEC.

Otros compuestos con efectos menos pronunciados en la salud como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y O<sub>3</sub>, también deben medirse cuando sea posible. Los métodos de monitoreo pasivo y activo para medir estos compuestos se describen en PNUMA/OMS (1994d).

#### *Visibilidad, humedad relativa, precipitación, y velocidad y dirección del viento*

Debido a que la visibilidad es una función de la concentración de aerosol, se puede usar como indicador de la concentración de partículas. Sin embargo, la humedad relativa y la precipitación se deben considerar simultáneamente, ya que influyen en la visibilidad.

La velocidad y la dirección del viento son importantes, ya que determinan el desarrollo temporal y espacial de los niveles de contaminación con neblina y humos en el ámbito regional. Los procedimientos de medición de parámetros meteorológicos se presentan en la guía de la OMM (OMM – N°. 8).

#### *Radiación solar*

Los radiómetros solares miden la intensidad de la radiación solar que llega al instrumento. Bajo condiciones de humo y neblina, la cantidad de radiación disminuye. Además de ser un indicador de humos y neblina, la cantidad de radiación que llega al terreno es importante para el ecosistema. Por ejemplo, una reducción de la radiación UV puede conducir al crecimiento excesivo de ciertos microorganismos, incluidos aquellos que causan enfermedades. Las mediciones de la radiación solar y UV se deben realizar continuamente en varios sitios.

### **2.3.5 RECOLECCIÓN, PROCESAMIENTO Y DIVULGACIÓN DE DATOS**

La calidad del aire es muy variable durante el día debido a factores meteorológicos. Asimismo, cuando la neblina es transportada hacia un área urbana, los niveles de MP se acumulan rápidamente. Por estas razones, la recolección y el procesamiento de datos se deben realizar cada hora. Una vez que se han recolectado los datos sobre calidad del aire de las estaciones de monitoreo, estos se deben procesar y convertir a un formato que pueda ser usado por los encargados de tomar decisiones. Los datos son más útiles cuando están en formato electrónico y existe un programa de AC y CC para su transmisión, archivo y validación. Luego de su procesamiento, los datos pueden diseminarse al centro de datos de la institución gubernamental responsable de tomar medidas preventivas. Finalmente, pueden ser enviados a la prensa o transmitidos al público.

### 2.3.6 RECOMENDACIONES

- El monitoreo de la calidad del aire se debe realizar regularmente en las principales áreas urbanas y pobladas que puedan resultar afectadas por la quema de biomasa. Además, se deben instalar estaciones en áreas rurales para obtener información sobre las concentraciones de fondo.
- Se deben revisar las redes de monitoreo existentes e identificar los mejores sitios para el monitoreo de episodios de humo y neblina. Se debe considerar el establecimiento de estaciones adicionales de monitoreo en áreas no cubiertas por las redes. La localización de los sitios se debe determinar de acuerdo con las guías existentes (por ejemplo, EPA, 1987; PNUMA/OMS, 1994a).
- Se debe promover la participación en actividades internacionales tales como el Programa de Vigilancia Global de la Atmósfera (OMM, GAW Report No. 113) y el Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire, AMIS (OMS, 1998b) a fin de maximizar la utilidad de los datos recolectados por las diferentes redes de monitoreo.
- Se debe identificar a la institución ► y, específicamente, al personal► responsable de implementar el programa y manejo de datos.
- Las instituciones locales deben dar prioridad a la continuidad del programa.
- En la medición de compuestos, se deben hacer esfuerzos por separar la contribución de la quema de la biomasa de otras fuentes.
- El monitoreo de la masa de aerosol ( $MP_{2.5}$ ,  $MP_{10}$ ), visibilidad, parámetros meteorológicos, profundidad óptica y radiación solar tienen prioridad.
- En los sitios seleccionados, se deben medir las cantidades de sustancias químicas clave tales como  $CO$ ,  $O_3$ ,  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ , aldehídos y otros contaminantes traza.
- Se deben establecer protocolos uniformes de muestreo, incluidos procedimientos de reporte y resolución temporal. El establecimiento de procedimientos de aseguramiento y control de calidad (AC y CC) para el programa de medición es esencial para obtener resultados confiables y reproducibles.
- Se deben establecer bases de datos nacionales y regionales para usar datos antes, durante y después de los episodios de humo y neblina. Estos datos se pueden usar, por ejemplo, en estudios epidemiológicos, en la planificación ante episodios futuros y en estudios de modelos de transporte.
- Se debe promover el intercambio de datos validados.
- Se deben armonizar los distintos índices de contaminación del aire usados en las alertas regionales de humo y neblina.
- Los datos provenientes de estas iniciativas deben estar disponibles para proyectos colaterales sobre ambiente urbano, inventarios de emisiones, precipitación ácida, cambio climático y estudios sobre nubes.

## 2.4 MONITOREO ESPACIAL Y RIESGOS DE INCENDIOS

### 2.4.1 CAPACIDAD ACTUAL

#### *Susceptibilidad a los incendios:*

La susceptibilidad a los incendios se puede derivar de muchas fuentes de información. Entre ellas, están las imágenes obtenidas diariamente durante la tarde por el sensor del RAMAR a bordo de los satélites meteorológicos de las series de la NOAA. Estos giran alrededor de la Tierra en órbita, a una distancia cercana a los 840 km y tienen una resolución de cerca de 1,1 km. Al menos dos de estos satélites se han mantenido operativos simultáneamente durante los últimos 25 años; esta misma configuración se prevé en el futuro.

Una cantidad conocida como el "índice normalizado de vegetación" (INV) se deriva a partir de imágenes del RAMAR; se usan mosaicos compuestos con datos de 15 días para monitorear la vegetación. Existen diferentes métodos para generar valores del INV, de acuerdo con cuántos canales del RAMAR se usen y cómo se combinen. Estos valores son útiles principalmente para regiones con una estación o un ciclo fenológico marcadamente seco y con un fuerte estrés de vegetación. El índice de riesgo de susceptibilidad a los incendios se obtiene al comparar los valores del INV de la vegetación estresada y normal. Australia, Brasil, Canadá y Estados Unidos usan estas técnicas para la evaluación de riesgos de incendios.

La NOAA prepara valores de INV para superficies terrestres del planeta; la NASA también genera bases de datos de INV. El European Space Agency (ESA), en el monitoreo del grupo de vegetación tropical, Ispra, Italia (MVT, 1998), y muchas instituciones regionales de pronóstico del clima a través de sensores remotos también generan valores de INV. Actualmente, las estaciones receptoras del RAMAR cuestan menos de US\$10.000, y se reciben imágenes sin costo alguno de los satélites, lo cual hace que el uso de esta tecnología resulte atractivo. La aplicación de INV a regiones tropicales mejoraría en gran medida la capacidad para identificar regiones y áreas con vegetación propensas a incendios.

En 1998, el National Space Development Agency of Japan (NASDA) lanzó el satélite para la Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) (NASDA, 1998). Los datos de este satélite, combinados con sistemas de medición de la lluvia, pueden usarse para evaluar la densidad de la precipitación y, a partir de ésta, la sensibilidad a los incendios debido a sequías. Si bien los datos relativos a las lluvias están disponibles, aún existe la necesidad de desarrollar una estrategia para determinar la susceptibilidad a los incendios a partir de estos datos.

#### *Monitoreo de incendios:*

Actualmente, se usan cuatro tipos de satélites para detectar incendios, aunque ninguno ha sido diseñado ni está acondicionado para este propósito. No obstante, la información proveniente de estos satélites es valiosa en regiones donde el monitoreo o control de incendios regionales es deficiente.

Las imágenes del RAMAR en la banda media-infrarroja (3,7  $\mu\text{m}$ ) son particularmente sensibles a temperaturas de incendios en general y han sido usadas con éxito en muchos países (Setzer y Malingreau, 1996). La validación en el campo de los datos sobre detección de incendios del RAMAR en África, la Amazonía (Brasil), Australia, Europa y el sudeste asiático, que ha sido publicada corrobora la alta efectividad de esta técnica. Por ejemplo, Brasil tiene un programa de detección de incendios que ha venido operando en tiempo real durante 15 años, con resultados asombrosos. La NASA Goddard Space Flight Center (SFC, 1998) y el Joint Research Center (MVT 1998) realizaron pruebas con emisiones de fuego en distintos lugares del mundo durante varios meses. Se pueden usar por lo menos cuatro imágenes por día en cualquier lugar, y si bien la resolución de dichas imágenes es cercana a 1,1 km, se detectarán frentes de incendio de más de 30 m si no existen nubes de agua en la línea de visión del satélite. Algunas secciones de las imágenes tomadas durante las captaciones de la tarde presentarán señales falsas debido al calentamiento de suelo (rocas, arena) para algunas regiones en temporadas específicas.

La aplicación de datos al control de incendios y al monitoreo de riesgos por la quema de biomasa requiere un procesamiento en tiempo real de las imágenes del RAMAR. Esto se puede hacer o bien en el campo o bien en puntos ubicados hasta 2.000 km, donde la comunicación con el personal en el campo sea posible. Como en el caso del índice de vegetación, la recepción de imágenes del RAMAR es relativamente simple y de bajo costo.

La detección de incendios con satélites meteorológicos geoestacionarios a 36.000 km de distancia (tales como GOES) aún está en la fase experimental en la Universidad de Wisconsin, Estados Unidos, y en el National Institute of Space Missions en Brasil (UW, 1999; INPE, 1999; INPE-CPTEC, 1999); solo se ha reportado un caso de validación. La resolución en el terreno de la banda media-infrarroja a 4  $\mu\text{m}$  que detecta los incendios es de 4 km y por ello, solo se pueden detectar los frentes más grandes. Sin embargo, la resolución temporal de 30 minutos hace que este sea un recurso único y obligatorio para el monitoreo de incendios. Las imágenes geoestacionarias se reciben en tiempo real por muchos centros climatológicos y universidades de todo el mundo, con estaciones que requieren decodificadores individuales. Los costos son de aproximadamente \$150.000.

La Agencia Espacial Europea (ESA) opera el radiómetro de escaneo infrarrojo a lo largo de una trayectoria (REALT) (along track infrared scanning radiometer, ATSR) a bordo del satélite de radar ERS-2 (satélite de detección a distancia de la ESA), que también ha sido usado para detectar incendios (ESA, 1999). El sensor es similar al RAMAR, pero su banda media-infrarroja tiene un límite de saturación inferior que obstaculiza su uso durante el día. Otra limitación importante es que el mismo sitio se visualiza solo una vez cada tres días, lo cual es demasiado en muchos episodios de incendio. Las observaciones directas de las señales de satélite requieren grandes inversiones de dinero y personal técnico capacitado.

Las imágenes de satélites militares del Defense Meteorological Satellite Program (DMSP) de los Estados Unidos también se han usado para monitorear incendios en todo el mundo (DMSP, 1999). En ese caso, solo se aplican imágenes nocturnas ya que el sensor es sensible a la luz y no al calor. Las noches con luna excluyen el uso de imágenes. La recepción y procesamiento de datos está restringido y solo se hace a solicitud especial a través de DMSP. Solo se ha notificado

un caso de validación en el campo para incendios de vegetación y la confusión de incendios con luces aisladas e inconstantes genera aún polémica.

Los sistemas de análisis que combinan datos sobre incendios provenientes de satélites del RAMAR con bases de datos cartográficos, meteorológicos y de imágenes obtenidas por satélites de alta resolución (Landsat, SPOT, Radarsat) también se han implementado en sistemas de información geográfica para su uso en tiempo casi real (USGS, 1999b; Walker, 1996; MIDAS, 1997a; MIDAS, 1997b; CSA/NASA, 1997; CSA 1999a). Un ejemplo importante en este caso es el esfuerzo de "Proarco" de Brasil para la Amazonía Meridional (IBAMA, 1999). Las decisiones logísticas, las estrategias de control de incendios y las guías para los encargados de elaborar políticas han facilitado el acceso a este sistema.

#### *Detección de emisiones:*

El sensor del RAMAR no fue diseñado para monitorear aerosoles. Sin embargo, se han desarrollado y validado técnicas para medir la carga total de aerosol en la columna a partir de observaciones del RAMAR para la quema de biomasa en el Brasil (Kaufman y otros, 1990). A partir del recuento del número de incendios y la carga de aerosol en  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  realizado por RAMAR, los autores estimaron la emisión total de partículas de humo de un grupo de incendios bien identificados y calcularon la tasa de emisión de partículas de humo por incendio.

Este procedimiento no puede aplicarse en todos los casos. Requiere que el humo sea transportado por el viento en una dirección determinada desde el incendio (lo cual requiere una velocidad del viento de al menos 3-5 m/s) sobre una superficie oscura como agua o vegetación. Las concentraciones derivadas son de toda la columna vertical y no en el nivel del terreno. Sin embargo, en la mayoría de episodios de humos de largo alcance, se desarrolla un sistema meteorológico de alta presión se desarrolla con una fuerte inversión de la cubierta y humo bien mezclado debajo de esta. Por ende, la concentración en la superficie debe estar bien relacionada con la concentración en la columna vertical. La razón entre ambas dependerá de la altura de la inversión, que puede variar regional y estacionalmente. Se requieren estudios regionales sobre la razón entre la concentración en la columna y la concentración en la superficie para establecer dicha razón.

Si bien se ha demostrado la aplicabilidad del método del RAMAR, actualmente no existe ninguna aplicación operativa de este. El método debe aplicarse manualmente en cada caso. Para implementarlo, los datos provenientes del satélite tienen que ser recibidos por una estación receptora local y se debe contar con el software necesario para analizarlos e interpretarlos. Integrados con información meteorológica, los datos del satélite se pueden usar para generar una estadística del número de incendios y derivar la concentración de aerosol en la columna y, conjugados con la velocidad del viento, para inferir la tasa de emisión del humo generado por los incendios. Debido a que los datos del RAMAR para estudios de aerosol están disponibles solo una vez al día, se debe estudiar el ciclo diurno de incendios y humo a través de datos procedentes de satélites geoestacionarios (GOES o METEOSAT). La Universidad de Wisconsin ha hecho una demostración del uso de GOES (Prins y otros, 1996, 1998). Cresswell (1996) proporciona información sobre METEOSAT.

En algunos casos, quizá no esté claro si el humo proviene de los incendios de vegetación o si se trata de aerosoles de la contaminación urbana. Para distinguir entre ambos, se puede usar una combinación de datos del RAMAR y del Tropospheric Ozone Monitoring Satellite (TOMS). TOMS es sensible a la absorción de aerosol de la radiación solar ultravioleta dispersa en la atmósfera. Debido a que la dispersión se desarrolla en toda la columna atmosférica, las partículas de aerosoles absorbentes ubicadas en la parte superior de la atmósfera tendrán una radiación ultravioleta más dispersa para absorber y su efecto sobre la señal del TOMS será más fuerte. Por lo tanto, TOMS no es sensible a los aerosoles de la contaminación urbana, incluidas las partículas de sulfato (en el tramo inferior a 1,5 km), y el valor del índice de aerosoles del TOMS depende de la altura estimada del aerosol. El RAMAR mide la luz esparcida por las partículas de aerosol y, por ende, mide el humo y la contaminación urbana. Sin embargo, debido a que las partículas de sulfato no absorben la radiación solar, los datos del TOMS y del RAMAR permiten distinguir el humo y la contaminación urbana.

Los datos del RAMAR y del TOMS no pueden usarse para calcular la distribución de tamaños de aerosoles, si bien ambos son sensibles principalmente a aerosoles submicrómetros.

Los datos del TOMS están diseñados para monitorear el ozono troposférico a través de un método muy similar al descrito para monitorear aerosoles. Aquí también se debe hacer una suposición sobre la distribución vertical del ozono. La exactitud de los resultados depende en gran medida de esta suposición.

## **2.4.2 PERSPECTIVAS PARA LOS PRÓXIMOS DOS AÑOS**

### *Susceptibilidad a los incendios:*

Brasil, Canadá, China, Europa e India están proyectando el lanzamiento de nuevos satélites y sensores remotos para los próximos dos años en el marco de la cooperación multinacional. Los datos que aporten estos satélites deben de incrementar la resolución espacial, radiométrica y temporal de valores que indiquen estrés de vegetación y riesgo de incendios. Por ende, se espera mejorar la predicción de riesgos de incendios, siguiendo el mismo patrón científico desarrollado por el trabajo pionero del RAMAR.

A través de los nuevos satélites, el tiempo requerido para recolectar datos suficientes sobre la cubierta de vegetación de casi todo el planeta puede reducirse de 15 a 10 días (sin considerar la cubierta de nubes o condiciones de imágenes deficientes) con una resolución en el terreno de unos pocos cientos de metros. Las instituciones que actualmente proporcionan datos de estrés de vegetación derivados de satélites están preparando los algoritmos necesarios y procesando datos futuros. Según los usuarios, solo se debe mejorar la capacidad para recibir nuevos datos por Internet.

Los nuevos satélites y sensores también proporcionarán cálculos de áreas quemadas e información para evaluar el impacto de los incendios en ambientes terrestres y atmosféricos. Actualmente, grupos de Brasil (INPE) y Europa (JRC, Ispra) están realizando algunos esfuerzos, con datos del RAMAR. La NASA (Goddard SFC) está promoviendo el uso de datos de 250 m de

resolución a través del espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (ERIRM) (moderate resolution imaging spectro-radiometer, MODIS) en el satélite TERRA (anteriormente EOS-AM1) (SBRS, 1997; NASA, 1999a).

También se espera un cambio significativo en la integración de datos provenientes de sensores remotos y del monitoreo en el terreno, para que incluyan tipos y estrés de vegetación, variables meteorológicas y climáticas, topografía, tipos y humedad del suelo, etc. Se están desarrollando poderosos sistemas de información geográfica (SIG) que deben estar disponibles para la evaluación, manejo y control de riesgos de incendios. Se requieren técnicos capacitados para operar y obtener resultados útiles a partir de estos medios complejos.

#### *Monitoreo de incendios:*

En los próximos dos años, se planea lanzar dos satélites con sensores apropiados para la detección de incendios, lo cual abre nuevas posibilidades en este campo.

TERRA/EOS-AM1, programado para agosto de 1999, con una vida esperada de seis años, producirá imágenes similares a las del RAMAR en términos de cobertura (cerca de 2.200 km) y de resolución en el terreno (cerca de 1 km). Sin embargo, sus 36 canales tienen un límite de temperatura de saturación mucho mayor en las bandas termales y mejorarán en gran medida las capacidades actuales del RAMAR (Kaufman y otros, 1998). Se estimará la energía de radiación, relacionada con la temperatura, y el tamaño del incendio, y se eliminará la confusión causada por los rayos del sol o los suelos expuestos, que ocasionalmente deterioran fragmentos de las imágenes del RAMAR. Sin embargo, se debe considerar una limitación: las captaciones de AM1 ocurrirán cerca de las 10.30 y las 22.30 y, por consiguiente, perderán la mayoría de incendios de corta duración originados por el hombre, que se inician a principios de la tarde, en el punto máximo del ciclo diario de temperatura.

El Centro Aeroespacial de Alemania (DLR) está construyendo un satélite piloto denominado BIRD, diseñado para detectar incendios en tiempo real. Será lanzado en el 2000 y su vida esperada es de cerca de dos años. Una cámara ancha en el satélite identificará incendios y una cámara estrecha se concentrará en incendios específicos. El acceso a los datos será libre y requerirá receptores y estaciones especiales. Los detalles sobre la modalidad de operación de este satélite están disponibles en el DLR (1999).

#### *Detección de emisiones:*

La detección de emisiones será similar a las disponibles actualmente con el RAMAR, pero, además, será posible usar datos del ERIRM y del espectrorradiómetro de imágenes de ángulos múltiples (ERIAM) (multi-angle imaging spectro-radiometer, MISR) (SBRS, 1997; LPC, 1999). La detección de incendios y aerosoles mejorará de diversas maneras:

- (a) El ERIRM no solo medirá los incendios con una resolución de 1 km sino que también indicará el valor de la energía de radiación emitida por estos. La energía es una medida de la fuerza del incendio o la tasa de consumo de la biomasa por el fuego.

- (b) El ERIRM y el ERIAM están diseñados específicamente para monitorear el aerosol. Los datos que arrojen se usarán directamente para derivar la concentración diaria de aerosoles con una resolución de 10 a 20 km. Los datos de incendios y aerosoles se generarán y archivarán diariamente en una base global en un plazo de 48 horas desde la adquisición de los datos. Es posible que durante el primer año después del lanzamiento, solo una fracción (20 a 40%) de datos esté disponible.

Los datos del ERIRM con imágenes captadas sobre el océano se pueden usar para calcular la razón entre la concentración bajo la modalidad del tamaño correspondiente al micrómetro y la modalidad del submicrómetro. La concentración de la masa en cada una de ellos se derivará habitualmente de datos del ERIRM y se archivará.

El ERIRM tendrá una capacidad directa y de gran alcance. Se recomienda adquirir estaciones receptoras locales y el software de análisis de la NASA para producir datos locales y en tiempo real sobre la ocurrencia de incendios y emisión de aerosoles.

Como en el caso del RAMAR y del TOMS, el ERIRM y el TOMS pueden usarse para distinguir entre humo y contaminación urbana.

EOS-AM1 también incluirá un instrumento canadiense para la medición de la contaminación en la troposfera (MCT), que servirá para medir la concentración de CO en los tres intervalos de altitud de la atmósfera, así como la concentración total en la columna de CH<sub>4</sub>. Los intervalos son los siguientes: de 0 a 3 km, de 3 a 6 km y de más de 6 km. Como en el caso de los datos sobre aerosoles, esta información se puede usar para derivar la tasa de emisión de CO y CH<sub>4</sub> de los incendios. La MCT no tendrá una capacidad directa de gran alcance. Los datos sobre CO y CH<sub>4</sub> podrán obtenerse de los archivos de la NASA hasta 48 después de la adquisición (CSA, 1999b).

### **2.4.3 PERSPECTIVAS DE LARGO PLAZO**

A finales del 2000 o inicios del 2001, la NASA planea lanzar el segundo satélite de EOS (EOS-PM1) que tendrá una órbita vespertina con observación a las 13.30, hora local. También tendrá a bordo el instrumento del ERIRM con la misma capacidad que el instrumento utilizado en AM1. Ello permitirá una observación diaria adicional y más oportuna del humo y los incendios.

El Centro Aeroespacial de Alemania (DLR) y la Agencia Aeroespacial Europea (ESA) están trabajando en un segundo satélite de detección de incendios, FOCUS (DLR, 1997), una versión mejorada del BIRD. El Sistema Innovador de Sensores Infrarrojos (Innovative Infrared Sensor System) del DLR, FOCUS, será lanzado por la International Space Station (ISS, NASA, 1999b) y contendrá lo siguiente:

- un sensor infrarrojo prospectivo de imágenes con enlace directo a un procesador a bordo dedicado a la búsqueda, detección y selección autónoma de “manchas” calientes en tiempo casi real, y
- una combinación de espectrómetro IR de alta resolución con sensor de imágenes IR

para la detección remota de emisiones de gases producidas por eventos de alta temperatura. Los datos permiten estimar la eficiencia de quema y los factores de emisión de los incendios ocurridos en áreas con vegetación, así como las emisiones de gas volcánico. FOCUS ha sido seleccionado por la ESA como uno de cinco “grupos” europeos que serán lanzados durante el 2003–2005; y ahora está en su fase A.

También existen planes para lanzar un satélite geoestacionario avanzado con una capacidad de detección de incendios de 1 km de resolución, lo cual permitiría detectar incendios cada 30 minutos durante el día y la noche. Este será el detector máximo de incendios a través de sensores remotos, pero aún se deben resolver algunas limitaciones técnicas.

En el 2001, la NASA también planea enviar al espacio el primer satélite de órbita polar con un sistema *lidar* –el Geoscience Laser Altimeter System, GLAS (NASA, 1998)–. Las unidades *lidar* incluyen un rayo láser y un sistema de recepción y detección que puede perfilar la distribución vertical del humo y la altura de la inversión de la cubierta. Si bien ERIRM y GLAS no estarán en la misma órbita, sus datos combinados permitirán estimar mejor la concentración del aerosol del humo en el terreno.

#### **2.4.4 RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN**

##### *Coordinación para monitorear incendios:*

Los datos provenientes del satélite están disponibles para monitorear incendios y aerosoles del humo. Los sensores de satélites adicionales estarán disponibles en un plazo de 1 a 2 años. Se recomienda establecer un centro experto en el monitoreo de incendios y humos. El centro deberá conocer la tecnología y el software disponible para analizar datos obtenidos del satélite. Sería responsable de supervisar los cálculos regionales de incendios y la validación regional de los análisis de humos y emisiones a partir de los datos de satélite. El centro puede estructurarse de igual manera que el centro de monitoreo de FIREGLOBE (GFMC, 1999a). Debe desarrollar nuevas estrategias para la detección de incendios y humos, e informar a los organismos internacionales de las necesidades de esta labor. También integraría la información obtenida en el terreno con los datos provenientes de satélites y aeronaves. Trabajaría con centros regionales (descritos más adelante) para divulgar la información y capacitaría a técnicos en torno al manejo de incendios y al nuevo software correspondiente.

El desarrollo y establecimiento de una escala para calificar la gravedad de los incendios es otro paso importante que está pendiente. Un indicador como este podría combinar los datos provenientes del satélite sobre el número de incendios activos por unidad de área, el tamaño de las áreas quemadas y la energía liberada por los incendios con la extensión de las nubes de humo y la concentración de contaminantes en estas. El conocimiento científico y técnico actual permite definir estos indicadores.

También se recomienda el desarrollo de un sistema espacial de monitoreo de incendios que incluya satélites de detección y un equipo portátil de recepción en tiempo real para proporcionar información sobre la ubicación de los incendios activos, el humo y los gases traza emitidos. Las

mediciones deben representar el ciclo diurno. La información generada por este sistema debería proporcionarse a los países y localidades afectadas en tiempo casi real, de una manera sencilla y de bajo costo; si fuera posible, directamente desde el satélite a los usuarios locales.

#### *Centros regionales de acción contra incendios:*

A escala regional, existe la necesidad de crear centros de acción para casos de incendios. Estos centros recibirán datos regionales provenientes del satélite en sus propias estaciones receptoras y las integrarán con información meteorológica e información sobre monitoreo aéreo y terrestre. Los centros usarán los datos para monitorear el desarrollo de incendios y humos, y predecir la propagación de estos últimos. Estos centros son necesarios ya que la quema de biomasa varía de acuerdo con la región y la recepción directa de datos entregados por el satélite es esencial para la operación en tiempo real. Los centros de la OMM o representantes de este organismo con capacidad meteorológica y satelital, ya existentes, son candidatos naturales para convertirse en centros regionales de acción para casos de incendios.

#### *Disponibilidad de datos:*

Se recomienda requerir a la NASA y a otros organismos apropiados que sigan ingresando datos relevantes a Internet. Por ejemplo, imágenes de la cobertura global del índice de aerosoles del TOMS y el INV.

Las estaciones receptoras de datos del ERIRM aún no están bien desarrolladas. Este tema requiere atención para que las estaciones receptoras sean asequibles.

#### *Desarrollo de software:*

Se deben desarrollar paquetes de software y material de capacitación para el uso de datos provenientes del satélite a fin de pronosticar los efectos de los humos y analizar sus concentraciones.

Se recomienda desarrollar un modelo de asimilación de humos que use modelos globales de circulación mejorados con datos meteorológicos locales y ecuaciones sencillas de balance de masa de humos. El modelo se debe iniciar con la densidad de los incendios o la energía de radiación de estos y con factores de emisión de fuego. Este modelo se debe actualizar regularmente a través de datos provenientes del satélite sobre la presencia y la propagación de humos.

#### *Validación:*

Los cálculos de emisiones de incendios efectuados a partir de sensores remotos se deben validar continuamente a través de mediciones tanto remotas como en el terreno, en áreas con problemas graves de salud debido a episodios de incendios extensos e intensos. Esta validación mejorará la utilidad de los datos provenientes del satélite que se ingresen al modelo de simulación. Asimismo, ayudará a determinar los riesgos ambientales para la salud humana.

Se requiere una red en el terreno de instrumentos destinados a obtener muestras de aire (bombas de aire y sujetadores de filtro) a fin de medir la concentración de aerosoles para tamaños inferiores a 1 ó 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro.

## **2.5 MONITOREO DEL CLIMA Y ELABORACIÓN DE MODELOS SOBRE LA DISTRIBUCIÓN DE INCENDIOS**

Las distribuciones y concentraciones de incendios deben describirse mediante el cálculo del transporte atmosférico a través de modelos diseñados con esta finalidad.

La tarea de describir la distribución espacial y temporal de los incendios está dividida en determinaciones, que pueden hacerse:

- antes del incendio,
- durante el incendio, y
- después del incendio.

En cada una de estas tres etapas se deben alcanzar metas establecidas con anterioridad.

### **2.5.1 ANTES DE UN INCENDIO DE GRAN MAGNITUD: IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE INCENDIOS**

Antes de la ocurrencia de un incendio de gran magnitud, los centros nacionales o regionales deben realizar estudios preparatorios que servirán de indicadores de alerta temprana y proporcionarán el marco para monitorear las plumas cuando ocurran incendios importantes. Estos estudios preparatorios pueden dividirse en componentes espaciales y temporales.

*Espacio:*

Se debe determinar la distribución histórica en el espacio de los incendios graves para cada región. Se deben realizar esfuerzos por:

- identificar los incendios graves ocurridos en el pasado en la región;
- definir un incendio grave en función de la magnitud de las emisiones (masa, concentración, grado); y
- obtener un registro lo más amplio posible de estos incendios.

La distribución espacial de incendios grandes en las regiones deben correlacionarse con controles climáticos en la región. La información climática sobre la distribución espacial de precipitación, sequía o índices de incendio debe correlacionarse con el registro de incendios anteriores.

### *Tiempo:*

La distribución temporal de los principales incendios en la región debe determinarse en escalas de tiempo interanuales, anuales y por estaciones. Se debe prestar atención especial a los lapsos correspondientes a las oscilaciones del clima, provocadas por el fenómeno de la El Niño (ENSO) (NOAA, 1999).

Los pronósticos estacionales y anuales, así como el monitoreo de fenómenos importantes como las oscilaciones provocadas por El Niño, deben estar relacionados con las ocurrencias históricas de los principales incendios en la región.

En las escalas más cortas de tiempo, incluido el monitoreo diario, se deben usar intensamente los sistemas de pronóstico de incendios existentes. Por lo general, estos sistemas incluyen:

- índice de sequía,
- número de días secos,
- lecturas de la humedad relativa,
- índice de vegetación, e
- índice de calidad del aire.

Algunas de estas mediciones se obtienen a partir de los sensores vinculados al satélite.

### *Modelos de transporte a gran escala:*

Se debe compilar un registro de las condiciones atmosféricas que caracterizaron a los principales incendios identificados anteriormente. Estas condiciones atmosféricas prototípicas se deben usar para calcular las trayectorias de largo alcance (hasta 10 días) desde los puntos de ocurrencia.

Estas trayectorias de largo alcance deben calcularse para una serie de niveles en la atmósfera (por ejemplo, 850, 700, 500 y 200 hectopascales) y usarse para establecer:

- rutas de transporte más probables,
- centros de población en riesgo,
- ubicaciones óptimas para puntos de monitoreo superficial,
- indicadores de tiempos de transporte,
- indicadores de probabilidad y localización de la recirculación y mayores concentraciones, e
- indicadores de la persistencia de condiciones de contaminación .

Los cálculos de transporte en gran escala se pueden realizar con los modelos de trayectoria existentes en centros nacionales, regionales o en centros meteorológicos de la OMM. Estos modelos se deben intercambiar entre los centros para resolver cualquier incongruencia y estandarizar los procedimientos antes de que ocurra un incendio importante en el futuro. La información también se puede usar para ubicar los puntos de monitoreo en el terreno.

## **2.5.2 DURANTE UN INCENDIO DE GRAN MAGNITUD: PROVISIÓN DE DATOS DEL MODELO DE TRANSPORTE A LOS ORGANISMOS ENCARGADOS DE AFRONTAR EMERGENCIAS**

Una vez que un incendio ha alcanzado un umbral que provoca una respuesta correspondiente a emergencias de gran escala, un componente crítico de dicha respuesta será brindar información sobre las posibles áreas afectadas por emisiones a sotavento del incendio y, si fuese posible, sobre las concentraciones de contaminantes. El modelo de transporte atmosférico (MTA), basado en observaciones asimiladas y modelos de predicción numérica del clima (PNC), es el enfoque más útil para determinar los efectos locales y regionales de los incendios de vegetación. Estas predicciones deben ser accesibles al organismo encargados de responder ante casos de emergencia.

Esta actividad sería emprendida por los servicios meteorológicos nacionales o regionales que tienen capacidad para hacerlo. La OMM tiene una red de centros meteorológicos regionales especializados (CMRE) que brindan apoyo meteorológico durante emergencias ambientales asociadas con accidentes nucleares o radiológicos (OMM-TD/No.778). Estos centros están plenamente capacitados para elaborar modelos de transporte atmosférico (para elaborar modelos en áreas regionales y globales junto con un MTA totalmente integrado). Cada centro es responsable de brindar asesoría en su región a través de un conjunto básico de productos, que incluye la predicción de trayectorias para la liberación del fuego a alturas específicas, la exposición atmosférica y la precipitación superficial.

### *Adquisición de datos para MTA:*

El organismo meteorológico designado brindará información meteorológica y detallará los resultados de la PNC para ser usados en MTA en escalas de tiempo y espacio compatibles con las capacidades del modelo en uso y los requerimientos de respuesta en casos de emergencias. Para modelar la trayectoria y la concentración relativa, se requiere la mejor información disponible sobre localizaciones y áreas de incendios, junto con las alturas de liberación de las emisiones, si fuese posible. Actualmente, esta información se obtiene a través de sensores remotos por vía satélite. Un modelo detallado de las concentraciones requiere información adicional sobre las tasas de emisión de las partículas (u otros contaminantes), la distribución del tamaño de estas y las tasas de precipitación, que aún no están disponibles.

### *Modelo de la trayectoria y dispersión a través del MTA:*

El organismo meteorológico designado proporcionará al organismo encargado de afrontar los casos de emergencia la mejor información posible sobre las trayectorias de transporte y dispersión de la contaminación generada por incendios de vegetación. Las trayectorias pueden precisarse por adelantado para determinar las áreas receptoras o retrotraerse para determinar las áreas que pueden convertirse en fuentes de contaminación. Un modelo “relativo” de concentración que requiere limitados datos de entrada, brindará información sobre la distribución espacial del posible impacto de contaminación.

El modelo de transporte que se emplee debe ser consistente dentro de los errores de pronóstico, lo cual sugiere que los pronósticos de transporte no deben extenderse más allá de 3 a 4 días. El modelo de transporte también debe actualizarse continuamente durante el episodio a través de datos de observación comparados (diferentes de los datos del pronóstico).

*Validación de los resultados del modelo:*

Durante una emergencia por incendio, se debe realizar una continua validación cualitativa y cuantitativa de los resultados obtenidos del modelo. Se puede hacer una verificación de los patrones generales del humo y de trayectorias predichas por el MTA a través de datos obtenidos por vía satélite, a través de aeronaves y en el terreno. Los transportes basados en datos de observación comparativos pueden cotejarse con transportes pronosticados que sean equivalentes. Esto es suficiente para un modelo “relativo” (cualitativo). Sin embargo, para aplicaciones referentes a la salud y cuando se desea elaborar modelos de concentración absoluta, se requerirá un modelo cuantitativo. En ese caso, se deberá determinar las tasas de emisión como una función del tamaño de la partícula, el área de emisión, la altura y mediciones de las concentraciones transportadas por el aire y las precipitaciones superficiales.

### **2.5.3 DESPUÉS DE UN INCENDIO DE GRAN MAGNITUD: REVISIÓN DE DATOS DEL MODELO DE TRANSPORTE Y PROVISIÓN DE ESTOS A LOS ORGANISMOS ENCARGADOS DE AFRONTAR EMERGENCIAS**

Luego del incendio, se debe evaluar los siguientes puntos para mejorar el rendimiento general de los modelos y su uso:

- El rendimiento del o de los modelos debe validarse con datos provenientes de mediciones y obtenidos por vía satélite.
- Si se usaron varios modelos, ¿se obtuvieron resultados similares?
- Los resultados del modelo, ¿llegaron a la audiencia adecuada?
- ¿Cómo se usó la información?
- ¿Estuvo satisfecha la audiencia con la información recibida?
- ¿Qué necesidades no han sido satisfechas?

## 2.5.4 RECOMENDACIONES

- Identificar en cada región al organismo responsable de realizar el monitoreo del clima y de crear modelos sobre la distribución de incendios. Estas capacidades deben incluir:
  - uso de datos históricos sobre los incendios y el clima para elaborar distribuciones espaciales y temporales de los principales episodios de incendio;
  - evaluación de las áreas propensas a incendios y los tiempos más probables para que estos se produzcan en cada región a partir del registro histórico;
  - descripción, a partir de registros anteriores de las rutas y los tiempos más probables de transporte, la población en riesgo de exposición, las localizaciones óptimas para los puntos de monitoreo superficial, las áreas donde ocurre una recirculación y concentración de incendios y donde se prevé que persista una alta concentración de estos;
  - desarrollo de una base de datos para la verificación de los modelos de transporte y dispersión de largo alcance, incluido el acceso a bases de datos mundiales generadas por el modelo.
  - pronósticos del cambio climático, incluido, conocimiento de los cambios periódicos, de la variabilidad del clima asociada con El Niño y de los cambios, tanto estacionales como diarios, en variables como el índice de sequía para prever las localizaciones y los tiempos potenciales de incendio;
  - aprovechamiento de la capacidad disponible para elaborar modelos de trayectoria y dispersión a través de modelos más recientes y aplicables a la región.
- Mejorar e instalar sistemas de monitoreo de emisiones, incluido el acceso a mediciones realizadas por sensores remotos a través del satélite.
- Realizar estudios de verificación del modelo, lo que incluye:
  - estudios de la trayectoria seca;
  - comparaciones entre trayectorias secas y observaciones realizadas por satélite y en el terreno;
  - comparaciones con productos desarrollados por diferentes organismos para los mismos estudios de casos y estandarización con estos;
  - pruebas del sistema integral de respuesta ante emergencias en cada región para determinar que los productos en tiempo real lleguen a los usuarios en una forma utilizable y oportuna.
- Ultimar las capacidades para producir descripciones generadas por modelos y predicciones de la distribución de incendios, a través del envío de documentación clara sobre las capacidades y los productos a todos los organismos involucrados en las regiones respectivas.
- Realizar una evaluación posterior al episodio, tanto de las capacidades de monitoreo del clima como del modelo, incluida una comparación con observaciones provenientes del satélite y generadas en el terreno, así como la satisfacción del usuario con los materiales provistos. Los sistemas deben actualizarse según se requiera.

## **2.6 PROCEDIMIENTOS DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA**

### **2.6.1 INTRODUCCIÓN**

Un requisito para el manejo y control efectivo de incendios es establecer un programa estricto de prevención. Este programa requiere un monitoreo regular de las fuentes de incendios y de neblina, así como de la calidad del aire y la visibilidad, las condiciones meteorológicas y climáticas. También necesita el desarrollo de pronósticos oportunos y un sistema de alerta temprana. El manejo debe realizarse a través de una legislación, acuerdos institucionales, recursos financieros y apoyo técnico. Estas estrategias deben estar respaldadas por objetivos claros y guiadas por políticas consistentes.

El programa se basa principalmente en diversos planes de acción nacional para casos de neblina de los países miembros de la Asociación de Naciones de Asia Sudoriental (ASEAN) y en el informe de la ADB-ASEAN Preparatory Meeting on National Haze Action Plans, llevada a cabo en Manila, Filipinas, del 8 al 9 de junio de 1998. El programa incluye políticas y estrategias de evaluación y manejo, especialmente aquellas relacionadas con mecanismos de respuesta ante emergencias y posibles aspectos legales. Asimismo, enfatiza la necesidad de tratar no solo las causas y efectos de los incendios como fuentes externas de neblina y contaminación, sino también la contaminación local, particularmente en aquellas zonas con vegetación afectadas por incendios.

### **2.6.2 REVISIÓN DE LAS POLÍTICAS**

Como se resumió anteriormente, la mayoría de países, especialmente en la región del sudeste asiático, ha introducido políticas como parte de planes de acción nacional para prevenir y mitigar incendios en terrenos y en zonas con vegetación.

El objetivo común de las políticas de la región es “prevenir y controlar los incendios y la neblina”, con variaciones mínimas en los aspectos enfatizados entre siete de los ocho países miembros de la ASEAN. Sin embargo, solo cuatro países han introducido e implementado políticas de prohibición estricta de la quema abierta: Malasia, Myanmar, Filipinas y Singapur. En Brunei Darussalam, la prohibición solo se aplica durante el periodo de sequía. Se recomienda la implementación de medidas como esta en otros países de la región.

Indonesia se ha fijado objetivos más altos al introducir en su política aspectos concernientes al desarrollo. Uno de ellos es establecer objetivos de conversión de terrenos dentro de niveles sustentables. De manera implícita, se dejan a un lado las áreas de gran biodiversidad y las medidas de mitigación adoptadas para esas comunidades, afectadas por incendios de vegetación y neblinas, son solo marginales. El manejo de incendios es bastante focalizado: se limita al manejo efectivo de combustibles a través de la quema controlada. Sin embargo, la implementación de esta práctica es confidencial, especialmente durante periodos de sequía.

Debido a la necesidad de tratar otras fuentes locales de neblina y contaminación, cinco países ► a saber, Brunei Darussalam (Br), Malasia (My), Filipinas (Ph), Singapur (Sg) y Tailandia (Th)► han establecido e implementado normas de emisión para vehículos motorizados, industria y sectores domésticos. El control de fuentes locales de contaminación, especialmente durante episodios de neblina, es importante para proteger la salud y la seguridad pública, así como otros aspectos ambientales.

En cuanto a la evaluación del marco de las políticas, seis países de la ASEAN, sin incluir a Indonesia (Id), han enfatizado la necesidad de un monitoreo del aire ambiental y elaborar un reporte de los resultados obtenidos. El monitoreo y reporte son básicos para la evaluación y el manejo. Además, Brunei Darussalam se propone “determinar la fuente de neblina”, mientras Filipinas intenta “determinar los peligros para la salud” como parte de la evaluación de sus respectivas políticas.

En lo concerniente al manejo, se deben introducir y fortalecer acuerdos legales e institucionales de escala nacional y regional. Seis países de la ASEAN, sin incluir a Brunei Darussalam, han enfatizado la importancia de la cooperación regional, especialmente en el despliegue de recursos para combatir incendios. Brunei Darussalam, Singapur y Tailandia han subrayado la necesidad de informar al público y a las instituciones relevantes de los distintos episodios y las respuestas a ellos. Algunos países han introducido especificaciones para el manejo que incluyen los siguientes puntos:

- Incentivar el uso de la tierra deteriorada (Id);
- Sustituir el método de tala y quema por las técnicas de cultivo sustentables (My);
- Fomentar el uso de residuos agrícolas (Th);
- Brindar infraestructura para recolectar y disponer residuos sólidos (Sg), y
- “Minimizar la contaminación con neblina generada por el manejo de combustibles” a través de la quema controlada (Id).

*Resumen de las políticas nacionales relacionadas con la neblina en el sudeste asiático:*

#### OBJETIVOS DE LAS POLÍTICAS:

- A. Prevenir y mitigar incendios forestales y del terreno, así como la contaminación del aire resultante (Br, Id, Ma, My, Sg);  
Prevenir y monitorear la contaminación transfronteriza del aire relacionada con la neblina (Ph);  
Mitigar los efectos de los incendios forestales ocurridos en Indonesia (Th) en la salud y en el ambiente;
- B. Proteger la salud y la seguridad pública (Br);
- C. Prohibir la quema abierta (My, Ph, Sg);
- D. Controlar las emisiones producidas por fuentes móviles y fijas (Br, My, Ph, Sg, Th);
- E. Introducir guías y normas de calidad del aire ambiental (Ph).

## DESARROLLO DE LAS POLÍTICAS:

- A. Fijar objetivos de conversión del terreno dentro de niveles sustentables (Id);
- B. Proteger a las comunidades y ecosistemas valiosos que puedan resultar afectados por los incendios y neblina (Id);

## EVALUACIÓN:

- A. Obtener información sobre el estado de la calidad del aire (Br); monitorear la calidad del aire (Br, My, Ph, Sg, Th) y reportar los resultados (My, Ph, Th);
- B. Determinar la fuente de neblina (Br);
- C. Monitorear las emisiones de humos y de material particulado proveniente de fuentes móviles y fijas (Ma);
- D. Determinar los peligros para la salud (Ph);
- E. Promover medidas de vigilancia (My), y realizar acciones de vigilancia para prevenir y detectar incendios (Th).

## MANEJO:

- A. Informar al público y las autoridades de la calidad del aire y de las medidas adoptadas al respecto (Br); fomentar la toma de conciencia, la educación y la información pública en torno a este tema (Sg, Ph, Th);
- B. Garantizar instalaciones médicas y de salud (Br);
- C. Apoyar a los países vecinos pertenecientes a la ASEAN (Th); fomentar la cooperación entre los países asiáticos (Ph);
- D. Minimizar la contaminación con neblina provocada por el manejo de combustibles (Id), y fortalecer la cooperación y la ayuda interinstitucional (My, Sg, Ph, Th); y movilizar recursos para fortalecer la capacidad de los institutos responsables del plan (My, Sg, Th).

### **2.6.3 MECANISMOS DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS**

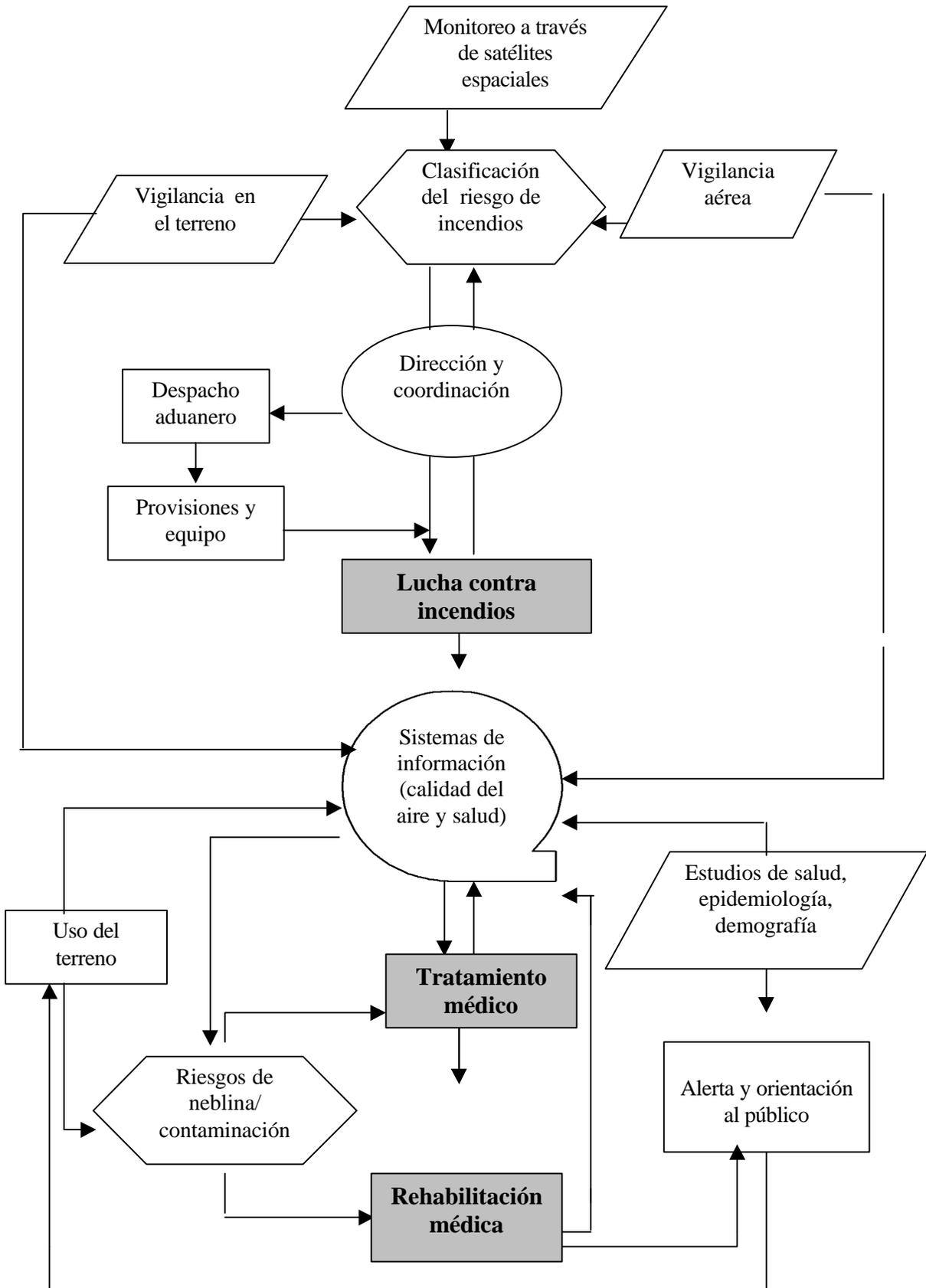
Los diversos aspectos y componentes de los mecanismos de respuesta ante emergencias en los niveles nacional y subregional en el sudeste asiático sirven de base para elaborar mecanismos de respuesta en la región. Como se muestra en la figura 2.6.3-1, los mecanismos necesarios, en orden de prioridad, son los siguientes:

- ❖ Detección temprana de conatos de incendios y humos;
  - monitoreo a través de satélites;
  - vigilancia aérea;
  - vigilancia terrestre;

- pronóstico del clima, y
- elaboración de modelos atmosféricos basados en la superficie.
  
- ❖ Lucha contra incendios;
  - coordinación en la escala nacional;
  - coordinación y asistencia en la escala subregional, y
  - medidas en la escala local.
  
- ❖ Vínculos de comunicación;
  - Internet;
  - intranet;
  - teléfono/telefax, y
  - radio.
  
- ❖ Cumplimiento;
- ❖ Campañas de educación y toma de conciencia entre el público;
- ❖ Monitoreo de la calidad del aire;
- ❖ Estudios de los efectos socioeconómicos y en la salud;
- ❖ Clasificación del peligro de incendio, y
- ❖ Planificación del uso del terreno.

El plan enfatiza la necesidad de establecer una cooperación internacional y regional a través del intercambio de datos provenientes del satélite, así como de la vigilancia aérea y terrestre. La evaluación de estos datos servirá de base para prevenir y controlar incendios forestales. Ello será posible a través de la asistencia técnica de todos los centros de excelencia, especialmente para el pronóstico del clima y la elaboración de modelos de transporte de neblina de largo alcance. El manejo forestal oportuno es importante para asegurar el éxito de todo plan de respuesta ante emergencias.

**Figura 2.6.3-1 Mecanismos básicos de respuesta ante emergencias**



## 2.6.4 OTROS ASPECTOS LEGALES POSIBLES

Generalmente, se espera que la ejecución del plan de respuesta ante emergencias no genere problemas legales a escala regional. Ello se relaciona particularmente con el tránsito de las embarcaciones, aviones, equipo y personal a través de las fronteras nacionales. Para el despacho aduanero y la inmigración, se aplica un procedimiento normalizado de operación (SOP).

Sin embargo, se prevé que en el ámbito nacional se produzcan algunos problemas legales, ya que durante un episodio varias autoridades implementan o activan sus planes de acción nacional para casos de neblina (PANN). Debido a que las fuentes externas de neblina o contaminación están más allá de su control, las autoridades nacionales deben reducir, controlar e incluso prohibir ciertas actividades contaminantes durante un episodio. Esta medida tendrá implicancias financieras y económicas.

La mayoría de países cuenta con leyes y reglamentos generales o específicos tanto para controlar los incendios de vegetación y la contaminación del aire, como para proteger la salud pública y el ambiente de los efectos de estas fuentes. A manera de ejemplo, en Malasia las leyes y reglamentos específicos se enmarcan en el Environmental Quality Act (1974, con enmienda en 1996) e incluyen:

- Environmental Quality (Clean Air) Regulations, 1978: establecimiento de normas de emisión para fuentes fijas y móviles;
- Environmental Quality Act (enmienda), 1998 (Ley 1030): introducción de disposiciones que prohíben la quema abierta, y
- Environmental Quality (Prescribed Activities) (Environmental Impact Assessment) Order, 1987.

En Malasia, existen otras leyes y disposiciones aplicables al control y mitigación de incendios forestales y de terrenos así como a la contaminación del aire. Estas incluyen prácticas aceptables en los campos del manejo forestal, el desarrollo de los terrenos, la disposición de residuos sólidos, etc.

Para complementar las medidas reguladoras, la “autorreglamentación” es una política apropiada para las responsables de la contaminación del aire, como una respuesta a condiciones ambientales deficientes, sin necesidad de depender de las directivas de las autoridades.

## 2.6.5 RESUMEN

Muchos países, si no la mayoría, han establecido en alguna medida, políticas, legislaciones y disposiciones de respuesta ante emergencias para controlar y combatir los incendios de vegetación y la contaminación del aire, y para minimizar los efectos de estos episodios. Por esta razón, es oportuna la elaboración de guías de salud comunes para todos los países. Para asegurar el cumplimiento de estas, son muy importantes los mecanismos de ayuda a los respectivos

países, que deben incluir dichas guías en su política, legislación y sistema de respuesta ante emergencias. De esta manera, se podrán identificar y fortalecer las áreas deficientes.

En términos de políticas, los elementos esenciales pueden ser extraídos a través de la combinación de los enfoques desarrollados por los diferentes países. Con respecto a los objetivos, los elementos identificados son:

- Prevenir y controlar incendios forestales y de terrenos;
- Proteger la salud y la seguridad pública en esos casos;
- Prohibir la quema abierta;
- Introducir e implementar guías y normas de calidad sobre el aire, y
- Fortalecer el control de emisiones de fuentes fijas y móviles.

Los elementos relativos a la política de desarrollo son los siguientes:

- Planificar el uso de terrenos a partir de los principios del desarrollo sustentable, y
- Proteger a las comunidades y ecosistemas que puedan resultar afectados por los incendios y la neblina.

Los elementos referentes a la política de evaluación incluyen los siguientes:

- Monitorear y reportar los resultados de la calidad del aire;
- Desarrollar un mecanismo efectivo de monitoreo de incendios forestales y de tierras;
- Crear capacidades para detectar y pronosticar incendios forestales y neblina, y
- Monitorear los impactos de la neblina en la salud y el ambiente.

Las políticas de control se centran en los siguientes aspectos:

- Informar al público y las autoridades de la situación de la calidad del aire y las medidas adoptadas al respecto;
- Asesorar al público sobre las medidas de protección de la salud;
- Asegurar provisiones e instalaciones médicas para mitigar los efectos del episodio en la salud;
- Brindar apoyo a las naciones necesitadas y fomentar la cooperación entre los países asiáticos;
- Minimizar la contaminación por la neblina generada por la quema de combustibles;
- Fortalecer las capacidades de las instituciones relevantes, y
- Fortalecer la cooperación y el apoyo entre instituciones.

La mayoría de países tiene en vigencia algún tipo de ley para el control de los incendios forestales y la contaminación del aire, así como para la protección de la salud pública y el ambiente de los efectos de la neblina. Las necesidades actuales se centran en la identificación de áreas deficientes y el establecimiento de mecanismos para fortalecer el cumplimiento de los reglamentos. El marco para la formulación de mecanismos de respuesta ante emergencias puede derivarse de la experiencia de cooperación entre los tres países más afectados durante el episodio

de neblina ocurrido en 1997, a saber, Indonesia, Malasia y Singapur. Este marco incluye actividades de coordinación, monitoreo y detección de incendios, lucha contra estos, canales de comunicación, cumplimiento, monitoreo de la calidad del aire y de sus efectos en la salud, educación pública y campañas de toma de conciencia, planificación del uso de tierras y clasificación de los peligros de incendios.

El éxito de las políticas dependerá del intercambio oportuno de datos y experiencias, posiblemente a través de medios electrónicos y mediante teleconferencias entre las diversas autoridades o centros de excelencia en los ámbitos nacional, regional e internacional, así como de la cooperación estrecha y el apoyo continuo entre ellos.

## 2.6.6 RECOMENDACIONES

- ❑ Esta sección de las guías debe actualizarse continuamente y ampliarse de manera que tome en cuenta las experiencias de regiones distintas, del sudeste asiático.
- ❑ A fin de proteger a los grupos de la población particularmente sensible a los riesgos de la neblina y de los incendios, se debe desarrollar una guía de salud, establecer un sistema de alerta temprana y adoptar medidas para la movilización de dichos grupos como medida de salud preventiva.
- ❑ Se deben establecer e implementar acuerdos institucionales en los ámbitos internacionales y regionales, similares al ASEAN Specialized Meteorological Centre, para desarrollar un sistema de alerta temprana de las condiciones meteorológicas que generan neblina. La capacidad de efectuar este tipo de alerta es invaluable para las autoridades nacionales que tratan de aplicar controles estrictos sobre la quema tanto controlada como abierta de cualquier forma de biomasa o residuos.
- ❑ Como un seguimiento de este sistema de alerta temprana, se debe instalar una infraestructura para el monitoreo del aire similar a las redes privadas de monitoreo en Malasia, a sotavento de las áreas propensas a incendios y en las comunidades que puedan resultar afectadas.
- ❑ Para las comunidades afectadas por incendios de vegetación y otras fuentes de contaminación, se debe desarrollar una serie de guías para proteger la salud pública no solo de los efectos de las partículas sino también de otros contaminantes que dañan la salud, especialmente el dióxido de azufre, el ozono y el monóxido de carbono.
- ❑ Durante un incendio, las autoridades nacionales deben consultar con organismos internacionales competentes tales como la OMS, la OMM y el PNUMA. Estos organismos internacionales deben investigar la factibilidad de establecer un panel de expertos en neblina, cuyos miembros estén comunicados a través de medios electrónicos para un intercambio rápido de datos.

## 2.7 USO Y APLICACIÓN DE ESTAS GUÍAS

Las siguientes secciones enumeran las medidas que deben tomarse antes, durante y después de un episodio de incendio

### 2.7.1 MEDIDAS PREVIAS AL EPISODIO

- ❖ Organismos internacionales como la OMS y la OMM deben incentivar a las autoridades nacionales para que incluyan estas guías dentro de sus planes de emergencia.
- ❖ En el ámbito nacional, las autoridades responsables (Ministerio de Salud, Ministerio del Medio Ambiente) deben identificar un grupo de trabajo para casos de emergencia que incluya un componente encargado de los incendios de vegetación dentro de sus planes nacionales de salud o deben crear un plan de emergencia para esos casos.
- ❖ Coordinar reuniones multidisciplinarias para elaborar un “plan de respuesta”, que incluyen a los siguientes componentes:
  - bomberos (prevención y control);
  - servicios de salud (centros de salud y hospitales);
  - unidad de vigilancia epidemiológica;
  - redes de vigilancia ambiental, y
  - monitoreo ambiental y servicios meteorológicos.
- ❖ Este “plan de respuesta” debe incluir:
  - identificación de las responsabilidades generales, aptitudes técnicas, experiencias, recursos humanos de cada sector;
  - división del plan en tres bloques;
    - medidas previas al episodio y alerta temprana;
    - medidas por aplicar durante el episodio: respuesta y evaluación de daños y necesidades;
    - medidas posteriores al episodio: evaluación y actualización del plan, incluida la divulgación de las lecciones aprendidas.
- ❖ Definir las fuentes de información:
  - vigilancia epidemiológica de la salud pública;
  - monitoreo de la calidad del aire;
  - vigilancia meteorológica, y
  - datos provenientes del satélite.
- ❖ Evaluar la disponibilidad y la calidad de la información;

- ❖ Evaluar los complementos necesarios para las fuentes de información (frecuencia, monitoreo adicional, otras técnicas, nuevas investigaciones, etc.);
- ❖ Evaluar los recursos financieros y de capacitación necesarios;
- ❖ Identificar los niveles básicos para la salud y la calidad del aire;
- ❖ Describir las responsabilidades y las medidas adoptadas por cada institución durante emergencias relacionadas con incendios de vegetación;
- ❖ Definir la coordinación y el flujo de información entre las diversas instituciones;
- ❖ Definir la comunicación de riesgos con los siguientes estamentos:
  - autoridades;
  - medios de comunicación, y
  - público.
- ❖ Incentivar a otras instituciones relevantes para que contribuyan con una mejor planificación de la respuesta;
- ❖ Capacitar a los equipos, realizar simulaciones y ejercicios de coordinación;
- ❖ Reproducir el plan en los ámbitos regional y local;
- ❖ Planificar el presupuesto y la distribución de recursos.

## **2.7.2 MEDIDAS PARA APLICAR DURANTE EL EPISODIO**

Respuestas y evaluación de los daños y las necesidades:

- ❖ Evaluación de los sistemas de vigilancia;
- ❖ Comparación de la información registrada durante el episodio con la información de base;
- ❖ Mitigación;
  - asesorar al público y crear conciencia en torno al problema, y
  - evaluar la capacidad del sistema de salud pública para brindar servicios y reforzar sus recursos humanos, farmacológicos y otras necesidades.

### **2.7.3 MEDIDAS POSTERIORES AL EPISODIO**

- ❖ Evaluación crítica de las medidas tomadas durante el episodio;
- ❖ Evaluación del impacto del incendio en la salud pública y el ambiente;
- ❖ Evaluación del impacto socioeconómico;
- ❖ Actualización y mejora del plan de emergencia para incendios de vegetación, y
- ❖ Divulgación de las lecciones aprendidas.

### **3. GUÍAS SOBRE EMERGENCIAS PRODUCIDAS POR INCENDIOS DE VEGETACIÓN PARA LA PROTECCIÓN DE LA SALUD PÚBLICA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Esta sección se centrará en las responsabilidades de las autoridades (el Ministerio de Salud y el Ministerio del Medio Ambiente) ya que la prevención de incendios no controlados es el mejor método para proteger la salud pública de los efectos de la contaminación del aire relacionada con los incendios de vegetación. Este énfasis presupone que existe la necesidad de guías para casos de incendio. Otros autores tratan en detalle la protección de la salud de los bomberos (Sharkey, 1997). Las autoridades pueden usar esta información como un medio para incentivar mejores prácticas de manejo del terreno y de prevención de incendios dentro del gobierno, a través del señalamiento de los graves efectos que tiene en la salud la contaminación del aire relacionada con los incendios.

#### **3.2. EFECTOS EN LA SALUD**

##### **3.2.1 PANORAMA DE LOS EFECTOS DEL HUMO PRODUCIDO POR LA QUEMA DE LA BIOMASA EN LA SALUD**

Las áreas clave que se toman en cuenta en la evaluación de los efectos en la salud son el nivel y la duración de la exposición, así como la susceptibilidad de las personas afectadas. Para comprender los efectos potenciales de este tipo de emergencias en la salud pública, es importante señalar que mientras más graves sean dichos efectos (por ejemplo, en las tasas de mortalidad y morbilidad, síntomas y cambios funcionales), menor será el número de personas afectadas. A su vez, mientras más graves sean dichos efectos, mayor será la disponibilidad de datos. La pirámide que se presenta a continuación (figura 3.2.1-1) ilustra los principales efectos en la salud asociados con la contaminación del aire. El tamaño de cada nivel en la pirámide representa la proporción de población afectada. Efectos graves como la muerte solo se observarán en un grupo relativamente pequeño, mientras que por lo general, los efectos menos graves, como las deficiencias pulmonares ocurrirán en un segmento mayor de la población.

**Figura 3.2.1-1 Pirámide de los efectos en la salud**



El humo producido por la biomasa contiene gran cantidad de sustancias químicas, muchas de las cuales han sido asociadas con efectos adversos en la salud. Estas sustancias incluyen partículas y compuestos gaseosos. El material particulado es una mezcla compleja, asociada con una amplia variedad de efectos en la salud. Poco se sabe sobre la toxicología del humo de la biomasa, pero los resultados epidemiológicos se correlacionan de manera muy consistente con el material particulado. Las exposiciones a altas concentraciones de monóxido de carbono y otros contaminantes son muy variables y solo se observan ocasionalmente en personas como los bomberos que combaten incendios destructivos y personas que cocinan con combustibles de la biomasa. La bibliografía sobre la exposición y los efectos en la salud, así como la evaluación de los datos provenientes de las regiones afectadas por la contaminación del aire relacionada con los incendios, indica que el material particulado es el contaminante principal del humo de la biomasa. Por consiguiente, esta sección de las guías se centrará en las partículas. Debido a que el  $MP_{10}$  es la partícula medida con mayor frecuencia, esta sección se referirá al  $MP_{10}$ . Sin embargo, la fracción de  $MP_{2,5}$  puede ser más representativa de las partículas producidas durante los incendios mientras que la fracción de  $MP_{10}$  incluye partículas adicionales de la resuspensión del suelo y cenizas. Si la contribución de estas partículas adicionales no es significativa, el  $MP_{10}$  es un buen indicador del  $MP_{2,5}$  de los incendios de vegetación. El  $MP_{2,5}$  es más relevante para la evaluación de los efectos en la salud ya que se filtra de manera más fácil a los ambientes interiores, donde ocurre la mayoría de exposiciones, y es inhalado.

Las concentraciones más altas de material particulado ocurren por la combustión de biomasa en ambientes interiores en países en desarrollo y por la exposición de los bomberos a incendios destructivos. En estos casos, los niveles sobrepasan entre 10 y 70 veces los observados en zonas urbanas (OMS, 1992a). Los niveles de  $MP_{10}$  pueden alcanzar varios miles de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Se han observado concentraciones más bajas en el aire de las comunidades donde la quema de madera es común y en plumas asociadas con incendios forestales de gran escala en zonas tropicales.

Estos niveles exceden entre 2 y 15 veces los observados en zonas urbanas (Brauer, 1998). En los países en desarrollo, la quema doméstica de biomasa también ha sido relacionada con niveles sumamente altos (niveles superiores en 1.000 veces de los del aire urbano) de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) (Brauer, 1998). Se han medido exposiciones a PAH diez veces menores cerca de los incendios producidos en zonas con vegetación y en comunidades con grandes emisiones de humo debido a la quema de madera en ambientes interiores. Las exposiciones a altas concentraciones de monóxido de carbono son sumamente variables y solo se observan ocasionalmente en bomberos que combaten incendios destructivos y en personas expuestas al humo de la biomasa doméstica.

Los grupos más susceptibles a los efectos del humo producido por la quema de la biomasa en la salud incluyen a los muy jóvenes, las mujeres embarazadas, los ancianos y las personas que padecen enfermedades cardíacas y respiratorias como el asma y las enfermedad pulmonares obstructivas crónicas. Otros grupos pueden ser más susceptibles debido a una mayor exposición: personas que trabajan en ambientes exteriores, bomberos y personal de salas de emergencias. Las medidas de mitigación deben dar prioridad a los miembros más susceptibles de la población.

A continuación, se describirán estudios que indican una relación entre la exposición al humo de la biomasa y efectos adversos en la salud. Asimismo, se evaluarán estudios epidemiológicos sobre el impacto de la contaminación del aire por partículas en la salud. Estos estudios permiten realizar una evaluación cuantitativa de los efectos asociados a la exposición al humo o a la neblina generada por incendios de vegetación en la salud de la población en general. Por analogía con estudios realizados en zonas urbanas que relacionan el incremento de la mortalidad con la contaminación del aire por partículas, se puede concluir que en áreas rurales donde las personas están expuestas al humo de la biomasa también se observarán resultados similares. A partir de la gran cantidad de estudios epidemiológicos sobre material particulado, no existe evidencia de que las partículas transportadas por el aire y provenientes de diferentes fuentes de combustión tengan efectos distintos en la salud. Por lo tanto, no se debe esperar que las partículas del humo de la biomasa sean menos peligrosas que las de otras fuentes de combustión. Asimismo, se debe considerar que la exposición a este humo también está relacionada con el incremento de la morbilidad y mortalidad. Los estudios que investigan la asociación entre morbilidad y mortalidad y material particulado tampoco muestran evidencias de un nivel umbral de concentración en el que no se observe efecto alguno. Si este nivel existe, es probable que se encuentre muy por debajo de los que se han medido en la mayoría de áreas urbanas del mundo.

La información disponible indica que los primeros efectos graves en la salud de este tipo de contaminación son los efectos respiratorios y los cardiovasculares agudos. Existen menos datos sobre los efectos crónicos en la salud. Los efectos indirectos en la salud como los accidentes de transporte también pueden estar asociados con la reducción de la visibilidad debido a la contaminación del aire causada por incendios.

### **3.2.2 EFECTOS AGUDOS DEL HUMO PROVENIENTE DE LA QUEMA DE LA BIOMASA EN LA SALUD**

Los estudios epidemiológicos sobre exposición al humo proveniente de la quema de la biomasa en interiores y exteriores indican que existe una estrecha relación entre exposición e incremento de síntomas respiratorios, mayor riesgo de enfermedades respiratorias y deficiencias pulmonares. Asimismo, algunos estudios indican una asociación entre exposición a este tipo de humo y visitas a las salas de emergencias. Esta bibliografía ha sido revisada detalladamente por Larson y Koenig, 1994; Brauer, 1998. Evaluaciones recientes de los efectos de la neblina en el sudeste asiático durante 1997 y 1998 respaldan la asociación con el incremento de ingresos a los hospitales. Hasta la fecha, no se han realizado estudios sobre la relación entre este tipo de humo y mortalidad.

El episodio de neblina ocurrido en el sudeste asiático durante 1997 y 1998 brindó gran cantidad de información sobre los efectos agudos de estas emergencias en la salud de la población en general. Estos efectos están descritos en los informes nacionales presentados durante el taller birregional de la OMS sobre efectos de la contaminación del aire relacionada con la neblina en la salud (OMS, 1998c). El anexo H contiene un resumen de estos informes. Dichos documentos demostraron que los niveles de contaminación del aire observados en el sudeste asiático durante los episodios de neblina de 1997 y 1998 fueron significativamente más altos que los estándares y guías sobre calidad del aire generalmente aceptadas. Las concentraciones de material particulado en la neblina fueron considerablemente mayores que las de los contaminantes gaseosos del aire y el aerosol urbano. Esto indica que los contaminantes del aire más peligrosos para la salud provienen de los incendios de vegetación. Los estudios sobre el impacto en la salud demostraron un incremento de las visitas hospitalarias relacionadas con problemas respiratorios en las áreas más afectadas durante los periodos pico del episodio. Asimismo, en Malasia aumentó la frecuencia de ataques entre niños asmáticos y disminuyeron las funciones pulmonares en un grupo de niños en edad escolar.

Además de la evaluación inicial de los efectos asociados con este episodio de neblina del sudeste en la salud, muy pocos estudios han evaluado la exposición de la comunidad al humo proveniente de la quema de la biomasa. La documentación base contiene estudios de casos sobre humos y riesgos para la salud en Indonesia (Dawud, 1998; Kunii, 1998) y Tailandia (Phonboon, 1998). En un estudio reciente (Long y otros, 1998), se investigó a 428 personas con una obstrucción entre moderada y severa de las vías respiratorias a fin de observar sus síntomas respiratorios durante dos semanas de exposición a emisiones de la combustión agrícola (paja y rastrojo). Durante la exposición, los niveles promedio de  $MP_{10}$  de 24 horas se elevaron de 15-40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 80-110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cerca de 37% de las personas no experimentó molestia alguna como resultado del humo; 42% informó de que los síntomas (tos, respiración sibilante, opresión en el pecho y falta de aliento) se desarrollaron o empeoraron debido a la contaminación del aire; 20% reportó que tenía problemas para respirar. Las mujeres y los ex fumadores tenían mayor tendencia a desarrollar esos síntomas, así como las personas con asma y bronquitis crónica. Los resultados de este estudio sugieren que las personas que padecen enfermedades respiratorias son particularmente sensibles.

Un análisis del episodio de neblina ocurrido en Singapur en 1994 (Chew y otros, 1995) indicó una asociación entre el MP<sub>10</sub> y el incremento de visitas a las salas de emergencias por casos de asma infantil. Durante el episodio de neblina, los niveles promedio de MP<sub>10</sub> fueron 20% más elevados que el promedio anual. Si bien no se realizó un análisis de los intervalos de tiempo, los autores sugieren que la asociación fue significativa para todas las concentraciones superiores a 158 µg/m<sup>3</sup>.

Se han realizado dos estudios sobre casos de emergencia por asma y niveles de MP<sub>10</sub> asociados con el humo producido por incendios de maleza en Sidney, Australia (Cooper y otros, 1994; Smith y otros, 1996). Durante 1994, los niveles de MP<sub>10</sub> fueron elevados durante un periodo de siete días (valores máximos por hora de aproximadamente 250 µg/m<sup>3</sup>). Los niveles de ozono no fueron elevados durante el episodio de humos en Sidney. Durante el episodio no se detectó ningún incremento de casos de asma en las salas de emergencias.

Un estudio similar evaluó la relación entre una serie de incendios forestales producidos en California y las visitas a las salas emergencias (Duclos y otros, 1990). Durante casi dos semanas y media de incendios, las visitas relacionadas con asma y enfermedad pulmonar obstructiva crónica se incrementaron en 40 y 30%, respectivamente. Se midieron concentraciones de MP<sub>10</sub> de hasta 237 µg/m<sup>3</sup>.

En países en desarrollo se han documentado efectos de la inhalación del humo producido por la quema de la biomasa en la salud, ya que las mujeres pasan varias horas al día cocinando en ambientes interiores sin ventilación. En algunos casos, los niños, y con mayor frecuencia, los infantes, también están expuestos a la inhalación del humo de estas fuentes. Asimismo, se han difundido y revisado recientemente efectos potenciales en la salud asociados con la exposición a emisiones de la combustión de la biomasa (Smith, 1993; Smith, 1996). Los estudios realizados en países en desarrollo indican que la exposición al humo de la biomasa se relaciona con infección respiratoria aguda en niños. Es difícil realizar comparaciones directas ya que estas exposiciones son mayores que las de la exposición de corto plazo al humo de la biomasa producido por incendios forestales. Estos estudios indican las graves consecuencias de la exposición a altos niveles de humo producido por la quema de la biomasa. El incremento de la infección respiratoria aguda en niños asociada con la exposición al humo de la biomasa puede causar muertes e incrementar la morbilidad.

Los bomberos que combaten incendios destructivos (forestales) conforman un grupo con alta exposición al humo de la biomasa (Reinhardt y Ottmar, 1997). Estos autores brindan información sobre los bomberos a fin de sugerir una asociación plausible entre la exposición al humo y efectos en la salud de la población en general. Los estudios realizados con estos bomberos señalan claramente una asociación entre exposición y efectos agudos en la salud respiratoria (Rothman y otros, 1991; Liu y otros, 1992; Harrison y otros, 1995; Serra y otros, 1996; Betchley y otros, 1997). Asimismo, si bien la mayoría de estudios ha observado efectos estacionales, éstos parecen ser relativamente mínimos y son reversibles. Cabe señalar que los bomberos se encuentran en mejores condiciones físicas que el resto de la población y por lo general, no padecen ninguna enfermedad. Por lo tanto, la presencia de efectos en su salud sugiere que en la población en general se observarán efectos similares a partir de niveles de exposición equivalentes o menores. Las exposiciones de esta población son estacionales (4 a 5 meses al año)

y sumamente variables; dependen del número de incendios por estación de intensidad de los episodios y las labores específicas de los bomberos.

Otra población expuesta a la contaminación producida por la quema de la biomasa son los residentes de las comunidades de América del Norte donde prevalece la quema de madera. Los altos niveles de contaminación del aire debido a esa práctica son estacionales (de 3 a 8 meses según el clima) y variables, ya que están influidos por las condiciones meteorológicas locales. En esas comunidades se han medido concentraciones de  $MP_{10}$  de hasta  $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , si bien los niveles pico (promedios de 24 horas) de 200 a  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  son más comunes. Casi todos estos estudios demostraron concentraciones inferiores a las del episodio de neblina ocurrido en el sudeste asiático durante 1997. De igual manera, los estudios sobre exposición estacional al humo proveniente de la quema de madera con exposiciones comparables a las experimentadas en el sudeste asiático sugieren que es razonable esperar que los incendios de vegetación similares al episodio de dicha región, tengan efectos agudos como mortalidad, efectos subcrónicos (estacionales) en la función pulmonar, así como enfermedades y síntomas respiratorios. Si bien actualmente no se puede determinar el efecto de largo plazo a partir de un solo episodio de contaminación del aire, la exposición anual al humo de la biomasa debe ser motivo de preocupación. En áreas urbanas, la exposición crónica (de varios años) a la contaminación del aire por partículas, en niveles mucho menores que los del sudeste asiático en 1997, ha sido asociada con una reducción en la expectativa de vida y la aparición de nuevos casos de enfermedades pulmonares crónicas.

### **3.2.3 EFECTOS AGUDOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR PARTÍCULAS EN LA SALUD**

Numerosos estudios han indicado que los niveles actuales de contaminación del aire por partículas están relacionados con efectos adversos en la salud. El resultado más sorprendente de estos estudios es la asociación de este tipo de contaminación con el incremento de la mortalidad diaria (Schwartz, 1991; Dockery y otros, 1992; Pope y otros, 1992; Schwartz y Dockery, 1992a; Schwartz y Dockery, 1992b; Dockery y otros, 1993; Schwartz, 1993; Spix y otros, 1993; Pope y otros, 1995). Una característica común de estos estudios es que el material particulado del aire se produce durante los procesos de combustión. Los estudios de partículas producidas de manera natural (como aquellas generadas por el polvo o las erupciones volcánicas) muestran efectos menos graves en la salud para una concentración equivalente de partículas (Hefflin y otros, 1994; Buist y otros, 1983; Dockery y Pope, 1994). En casi todos los casos, los estudios indicaron una asociación entre contaminación del aire por partículas e incremento del riesgo de muerte, especialmente entre ancianos y personas que padecen enfermedades respiratorias o cardíacas (Schwartz, 1994a; Schwartz, 1994b). Estudios recientes han sugerido una asociación entre las partículas y la mortalidad infantil (Bobak y León, 1992; Woodruff y otros, 1997) así como con un peso bajo al nacer (Wang y otros, 1997). El incremento del riesgo de admisiones hospitalarias y visitas a las salas de emergencias también ha sido relacionado con aumentos de corto plazo en los niveles de contaminación del aire (Pope, 1989; Pope, 1991; Schwartz y otros, 1993; Dockery y Pope, 1994; Schwartz, 1994a; Schwartz, 1994b; Schwartz, 1995; Schwartz, 1996).

Las guías de la OMS sobre calidad del aire para Europa no recomendaron valores guía específicos para material particulado, ya que los estudios disponibles no indicaban una concentración y duración de la exposición que pudieran considerarse como valores umbral (OMS, 1995). En lugar de ello, los datos disponibles sugieren una continuidad de efectos paralela a una exposición creciente. El cuadro 3.2.3-1, elaborado en parte a partir de las guías de la OMS, resume las relaciones cuantitativas entre concentraciones de partículas en el aire y diversos efectos en la salud.

**Cuadro 3.2.3-1 Intervalos y medias aritméticas (con 95% de confiabilidad) de los cambios porcentuales en la mortalidad y la morbilidad debido al MP<sub>10</sub>, estimado por 10 µg/m<sup>3</sup> (OMS, 1995; Dockery y Pope, 1994)**

Efecto	Cambio porcentual
<b>Incremento de la mortalidad diaria</b>	
Total de muertes	0,59-0,82
Muertes relacionadas con enfermedades respirato	3,4
Muertes relacionadas con enfermedades cardiovasculares	1,4
<b>Incremento en el uso de hospitales (enfermedades respiratorias)</b>	
Admisiones	0,50-1,17
Visitas a salas de emergencias	1,0
<b>Exacerbación del asma</b>	
Ataques de asma	3,0
Uso de broncodilatadores	2,05-4,70
Visitas a salas de emergencias	3,4
Admisiones hospitalarias	1,9
<b>Incremento de síntomas respiratorios reportados</b>	
Síntoma respiratorio inferior	1,84-5,08
Síntoma respiratorio superior	0,7
Tos	2,27-6,87
<b>Deficiencia pulmonar</b>	
Volumen de espiración forzada	0,15
Flujo máximo de espiración	0,08

A continuación se ilustra cómo se aplicaron las guías de la OMS para calcular la tasa de mortalidad en Indonesia:

**Número previsto de muertes =  $r/(1+r) \times$  (tasa actual de mortalidad)  $\times$  (población expuesta)**

donde r equivale al riesgo adicional asociado con el nivel actual de partículas en relación con un nivel de referencia. r se calculó de la siguiente manera:

$$r = (\text{porcentaje estimado del efecto de MP}_{10} \text{ por } \mu\text{g/m}^3) \times (1/100) \times (\text{cambio en MP}_{10})$$

Para calcular r se usaron los siguientes datos: 565  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración promedio mensual de  $\text{MP}_{10}$ , y 143  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  como concentración de  $\text{MP}_{10}$  en el ambiente (es decir, 565 – 143 = 422  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para el cambio en  $\text{MP}_{10}$ ). El efecto estimado del  $\text{MP}_{10}$  es 0,0705%  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Luego, r es igual a:

$$r = (0,0705 \times (1/100) \times 422) = 0,30$$

De acuerdo con este valor de r, y 7,5 por 1.000 como un estimado de la tasa actual de mortalidad (derivada del periodo 1990-1995 en Indonesia) y 12 millones para la población expuesta, el número previsto de muertes fue de:

$$\text{Número previsto de muertes} = 0,30/1,30 \times (7,5/1.000) \times 12.000.000 = 20.769$$

### **3.2.4 EFECTOS CRÓNICOS DEL HUMO PROVENIENTE DE LA QUEMA DE BIOMASA RELACIONADOS CON LA SALUD**

#### *Enfermedades pulmonares*

En los países en desarrollo, se han documentado efectos de la inhalación del humo proveniente de la quema de la biomasa en la salud, debido a que las mujeres pasan varias horas en cocinas sin ventilación. Estos estudios indican que la exposición a este tipo de humo está relacionada con el desarrollo de enfermedad pulmonar crónica en adultos (Sandoval y otros, 1993; Dennis y otros, 1996; Pérez-Padilla y otros, 1996). Es difícil realizar comparaciones directas ya que estas exposiciones son mayores que las de corto plazo al humo producido por incendios de vegetación. Estas investigaciones señalan las graves consecuencias de la exposición a altos niveles de humo producido por la quema de la biomasa. El desarrollo de enfermedades pulmonares crónicas en adultos está particularmente relacionado con la mortalidad prematura y el incremento de la morbilidad.

#### *Cáncer*

Los estudios sugieren de manera consistente que la contaminación del aire causada por la quema de combustible fósil está relacionada con el incremento de casos de cáncer al pulmón. Dos estudios prospectivos de cohorte realizados recientemente reportaron aumentos de 30 a 50% en la tasa de cáncer al pulmón debido a la exposición a partículas respirables. Estas partículas constituyen una mezcla compleja de gases proveniente del escape de motores Diesel, carbón, gasolina y quema de madera. El riesgo excesivo de cáncer al pulmón asociado con la contaminación del aire (riesgos relativos de 1,0 a 1,6) es mínimo comparado con el que genera el consumo de cigarrillos (riesgos relativos de 7 a 22). Sin embargo, es comparable con el riesgo asociado con la exposición de largo plazo al humo del tabaco (riesgo relativo de 1,0 a 1,5) (Cohen y Pope, 1995; Cohen y otros, 1997).

Los limitados datos disponibles sobre el humo producido por la quema de la biomasa y el cáncer no indican un riesgo elevado, incluso con niveles altos de exposición. Esta evidencia incluye estudios sobre la exposición de largo plazo a niveles elevados de este tipo de humo producido en

cocinas domésticas de países en desarrollo. Si bien la evidencia disponible sobre la relación entre contaminación urbana del aire con partículas y cáncer al pulmón también es limitada, sugiere un ligero incremento del riesgo. No se han realizado suficientes estudios para evaluar la consistencia de un riesgo elevado para diferentes fuentes de partículas. Sin embargo, si bien el humo de la biomasa es potencialmente carcinógeno, no lo es tanto como los gases provenientes del escape de los vehículos motorizados (Lewis y otros, 1988; Lewtas y otros, 1992; Cupitt y otros, 1994).

### **3.3 ASESORÍA PÚBLICA**

#### **3.3.1 INFORMACIÓN AL PÚBLICO**

La educación de la ciudadanía sobre los efectos potenciales de la contaminación del aire relacionada con incendios de vegetación en la salud, es uno de los componentes críticos entre los esfuerzos de los gobiernos nacionales para manejar este tipo de episodios. Estos esfuerzos deben realizarse antes y durante la ocurrencia de una emergencia a fin de mantener informada a la población. Los componentes principales de un programa de información como este incluyen el monitoreo de la calidad del aire; un sistema de recolección periódica de información sobre enfermedades relacionadas con la contaminación para propósitos de vigilancia; la divulgación del plan de acción nacional (que incluya información sobre efectos en la salud y medidas de mitigación); procedimientos operativos para los planes de acción; esfuerzos educativos especiales orientados a grupos particularmente sensibles y capacitación para responder a las preguntas formuladas con mayor frecuencia.

#### **3.3.2 INFORMACIÓN SOBRE CALIDAD DEL AIRE**

La implementación de un sistema confiable de manejo y monitoreo de la calidad del aire es uno de los requerimientos básicos para proteger la salud pública durante los incendios de vegetación. La información sobre la calidad del aire es muy importante ya que constituirá la base de las medidas preventivas y correctivas que se adopten para minimizar los daños a la salud. Se debe implementar un programa de monitoreo de la calidad del aire para proteger a la población de los episodios que generan contaminación del aire como los incendios de zonas con vegetación. Por lo general, el programa de monitoreo de la calidad del aire incluye los siguientes objetivos:

- evaluar la naturaleza y magnitud de los problemas de contaminación del aire;
- monitorear las tendencias de la calidad del aire a fin de tomar decisiones que permitan prevenir episodios de contaminación del aire, y
- evaluar la efectividad de las medidas de control de la contaminación implementadas para mejorar la calidad del aire.

El establecimiento de un sistema y un programa de monitoreo de la calidad del aire bien manejados es el primer paso para desarrollar un sistema de información sobre salud pública. En el caso de que no se puedan obtener datos actualizados sobre la calidad del aire en el terreno, los cálculos de las concentraciones de humo se pueden basar en las observaciones de la visibilidad,

pero se debe validar su correlación con las concentraciones de partículas en el contexto local. El cuadro 3.3.2-1 presenta un ejemplo de esta relación:

**Cuadro 3.3.2-1 Relación aproximada entre concentraciones de humo proveniente de incendios destructivos y condiciones de visibilidad**

Índice estándar de contaminantes (IEC)	MP <sub>10</sub> Material particulado [µg/m <sup>3</sup> ]	Visibilidad [km]/[millas]
100	150	6,0/3,7
200	350	3,0/1,8
400	500	1,5/0,9
500	600	1,0/0,6
>500	800	0,7/0,4

Una vez implementado un sistema de manejo y monitoreo de la calidad del aire, las autoridades deben decidir qué normas y objetivos van a establecer para la población. Se pueden adoptar las normas y objetivos de otros países u organismos internacionales que han realizado investigaciones confiables sobre la calidad del aire y sus efectos en la salud. Por ejemplo, el índice estándar de contaminantes (IEC) de 24 horas desarrollado por la EPA (indicado en el cuadro para MP<sub>10</sub>) es útil, ya que es aceptado internacionalmente y se basa en evidencia de los efectos de diversos contaminantes del aire en la salud de la población (EPA, 1994).

Cabe señalar que en una emergencia producida por un incendio de vegetación, el sistema de alerta de salud para los niveles de contaminación durante las 24 horas previas (indicado por los niveles de IEC) puede no ser adecuado para ayudar a la población a reaccionar rápidamente y modificar sus actividades. Los índices de contaminación no deben ser sobrestimados. Asimismo, es importante reportar información sobre contaminantes específicos. Esto se aplica especialmente al MP<sub>10</sub>, ya que por lo general, los investigadores y las guías de la OMS sobre calidad del aire no apoyan el concepto de nivel umbral (o de efecto no adverso) para la exposición a partículas. Las lecturas de índices que estén ligeramente por debajo de los niveles “no saludables”, cuando se basan en mediciones de MP<sub>10</sub> pueden brindar un falso sentido de seguridad, ya que en esos niveles también se pueden observar efectos en la salud. El gobierno debe modificar el sistema de reporte de la calidad del aire para asegurar información más oportuna sobre los niveles de contaminación durante las emergencias graves. La información sobre niveles de contaminación del aire debe difundirse por los medios de comunicación, acompañada por consejería apropiada en salud.

### **3.3.3 INFORMACIÓN SOBRE MEDIDAS ADOPTADAS EN EL ÁMBITO NACIONAL**

Se debe desarrollar un plan de acción nacional para casos de neblina (PANN) a fin de asegurar que la población se encuentre debidamente preparada para afrontar una contaminación producida por incendios de vegetación. Ello permitirá mitigar el impacto de la neblina en la salud y en el bienestar del público en general, especialmente en los sectores más vulnerables como los asmáticos, los ancianos y los niños.

Basados en el PANN, los gobiernos deben elaborar procedimientos de operación para casos de emergencia por este tipo de contaminación. Estos procedimientos se deben divulgar a través de medios de comunicación antes de que ocurra una emergencia. De esta manera, el público estará informado sobre los cambios realizados en los servicios e instalaciones públicas y familiarizado con las modificaciones que necesitarán hacer en sus actividades para reducir los efectos de la contaminación en la salud.

### **3.3.4 INFORMACIÓN ACERCA DE LOS EFECTOS EN LA SALUD Y MENSAJES DE PREVENCIÓN**

Las autoridades deben monitorear la salud de la población durante una emergencia relacionada con incendios a fin de detectar cualquier incremento del impacto en los diferentes niveles de contaminación. Los datos sobre enfermedades relacionadas con neblinas que se hayan obtenido de los centros de atención primaria de salud, hospitales y registros de mortalidad deben reportarse periódicamente. Para monitorear el impacto de la contaminación, se debe contar con datos anteriores que permitan realizar una comparación. La información recolectada permitirá a las autoridades mejorar su plan de acción nacional de largo plazo.

Se debe poner especial énfasis en explicar los efectos de diferentes niveles de contaminación en la salud de los grupos particularmente sensibles como asmáticos, ancianos y niños. Ello contribuirá a garantizar una preparación adecuada para manejar el previsible incremento en la demanda de servicios médicos durante un suceso de contaminación relacionada con incendios de vegetación.

Las autoridades deben responder a preguntas formuladas con frecuencia, como las relativas a la seguridad de los alimentos y al agua potable a través de los medios de comunicación. De acuerdo con la bibliografía médica disponible, no existe una relación entre efectos adversos en la salud y consumo de alimentos o agua expuestos.

### 3.3.5 RECOMENDACIONES

- ▶ Implementar un programa de monitoreo de la calidad del aire como actividad básica para proteger a la población de la contaminación del aire asociada con la neblina.
- ▶ Elaborar un plan de acción nacional para casos de neblina y difundirlos a través de los medios de comunicación antes de que ocurra un episodio de contaminación del aire. Ello permitirá preparar debidamente a la población con respecto a los efectos en la salud de la contaminación producida por incendios de vegetación.
- ▶ Los gobiernos deben elaborar procedimientos operativos a partir del plan de acción nacional para casos de neblina y asegurar que la población esté bien informada sobre los cambios realizados en los servicios e instalaciones públicas para casos de emergencia.
- ▶ Los centros de atención primaria, hospitales y registros de mortalidad deben reportar periódicamente datos sobre enfermedades relacionadas con la contaminación del aire.
- ▶ Desarrollar esfuerzos especiales de educación para grupos particularmente sensibles como asmáticos, ancianos y niños a fin de prepararlos debidamente para episodios de contaminación.
- ▶ A través de los medios de comunicación, las autoridades de salud deben responder activamente a las preguntas formuladas con mayor frecuencia (por ejemplo, las relativas a la seguridad de los alimentos y del agua potable expuestos al humo durante periodos prolongados).

## 3.4 MEDIDAS DE MITIGACIÓN

A continuación, se enumeran las medidas de mitigación recomendadas para episodios agudos. Primero se presentan las medidas más simples y luego aquellas que suponen mayores alteraciones y demandan mayores requerimientos tecnológicos y financieros.

### 3.4.1 PERMANENCIA EN INTERIORES

La permanencia en los ambientes interiores de casas o edificios sin aire acondicionado solo brinda una protección limitada contra la contaminación del aire con partículas finas. La investigación reciente indica que el impacto de las partículas exteriores en los espacios interiores está determinado principalmente por la tasa de ventilación y que este impacto se puede calcular fácilmente a partir de cualquier tasa de intercambio de aire. En las casas norteamericanas típicas, el aire exterior presenta 75 y 65% de partículas finas y gruesas, respectivamente. Las tasas geométricas medias de intercambio de aire equivalen a 0,45 a 0,55/h, pero varían según la

estación y la localización geográfica. Por lo general, las viviendas con aire acondicionado muestran tasas de intercambio de aire menores que aquellas con ventanas abiertas. Según un estudio, las viviendas con aire acondicionado tuvieron tasas de intercambio de aire de 0,8/h, mientras que aquellas sin aire acondicionado alcanzaron tasas de 1,2/h, lo cual implicó fracciones de 67 y 75% en interiores del  $MP_{2,5}$  presente en exteriores, respectivamente. Un método de reducción de la exposición a partículas consiste en disminuir las tasas de intercambio de aire mediante el aislamiento durante las estaciones frías y la instalación de sistemas de aire acondicionado durante las estaciones cálidas para evitar abrir las ventanas. La filtración de partículas exteriores en los edificios comerciales puede ser muy variable ya que depende de la tasa de intercambio de aire y de las características específicas del sistema de ventilación, incluida la eficiencia de los filtros de aire.

Para mejorar la protección que brinda la permanencia en ambientes interiores, los ocupantes de las viviendas y los administradores de edificios deben tomar medidas para reducir la filtración del aire exterior. Los sistemas de aire acondicionado, especialmente aquellos con filtros efectivos, disminuyen considerablemente los niveles de partículas en los ambientes interiores. Las escuelas, los centros de cuidado infantil, las casas de retiro, las clínicas de reposo, los hospitales y los hospicios deben brindar habitaciones con aire acondicionado para personas particularmente sensibles. En la medida de lo posible, estos sistemas de aire acondicionado deben contar con filtros efectivos y las personas deben buscar ambientes protegidos por ellos.

### **3.4.2 MODIFICACIONES EN EL ESTILO DE VIDA**

Además de la permanencia en ambientes interiores, las autoridades también deben asesorar al público sobre otras medidas que permitan mitigar la exposición a través modificaciones en su estilo de vida como la reducción de la actividad física y la restricción del consumo de cigarrillos.

### **3.4.3 USO DE PURIFICADORES DE AIRE**

Los purificadores de aire pueden usarse como una medida de mitigación de la contaminación producida por incendios de vegetación; se debe publicar información sobre su efectividad. Los purificadores de aire portátiles son aparatos compactos y autónomos, diseñados para reducir los niveles de material particulado en un ambiente cerrado. En caso de neblina intensa, pueden disminuir la presencia de partículas finas de una sala o un dormitorio típico hasta un nivel aceptable; por ejemplo, cuando la lectura del IEC debido a material particulado excede 200. Los purificadores de aire se clasifican según el Clean Air Delivery Rate (CADR), que describe el volumen de aire filtrado por un purificador. Si el CADR de un aparato corresponde al espacio específico en el cual es colocado, se puede lograr una purificación efectiva del aire. Se deben elaborar recomendaciones sobre el uso de purificadores de aire, especialmente para hogares cuyos miembros son vulnerables a los efectos del deterioro de la calidad del aire. Se podrían realizar evaluaciones basadas en los modelos de purificadores de aire disponibles en el mercado (o establecer un programa de certificación) y asesorar al público sobre la adquisición del modelo más adecuado para sus casas u oficinas. Lamentablemente, la economía limitará la distribución

de esos aparatos entre la población. Como ocurre con los sistemas de aire acondicionado, el uso creciente de purificadores de aire puede tener un impacto significativo en el consumo de energía.

### **3.4.4 USO DE MÁSCARAS**

Se debe asesorar al público sobre el uso de máscaras, especialmente cuando los individuos realizan actividades en ambientes exteriores durante los periodos de contaminación del aire. Asimismo, se debe informar al público sobre la selección adecuada de máscaras y su utilidad relativa para la filtración de las partículas presentes en la neblina generada por el humo. Si bien las máscaras provisionales (por ejemplo, los pañuelos) son poco costosas y están al alcance de gran parte de la población, su efectividad es cuestionable. Al margen de esta reserva, es probable que los beneficios de usar máscaras compensen los costos fisiológicos y económicos.

Básicamente, existen dos tipos de máscaras en el mercado: las máscaras quirúrgicas y los respiradores. Se debe advertir al público de la utilidad limitada de las máscaras quirúrgicas para prevenir la inhalación de emisiones de partículas finas durante los incendios de vegetación. Generalmente, esas máscaras no pueden filtrar partículas de menos de 10  $\mu\text{m}$ . En contraste, los respiradores, que son máscaras especiales diseñadas para proteger a los trabajadores expuestos a peligros relacionados con la salud ocupacional, con frecuencia, pueden filtrar 95% o más de las partículas finas producidas durante de este tipo incendios.

Si bien los respiradores pueden ser útiles, resultan incómodos e incrementan el esfuerzo necesario para respirar. Pueden ser usados por personas que padecen enfermedades crónicas cardiorrespiratorias, pero su empleo debe basarse en una recomendación médica. De acuerdo con algunas evaluaciones, durante un periodo de uso de ocho horas, un respirador de 95% de eficiencia puede brindar sin dificultad una filtración satisfactoria para respirar a un adulto saludable promedio. La resistencia respiratoria y la incomodidad del usuario se incrementan a medida que se elevan los niveles de eficiencia.

Durante un episodio intenso de neblina, el público debe evitar actividades en ambientes exteriores, antes que usar una máscara y permanecer en dichos ambientes durante periodos prolongados. Sin embargo, para aquellas personas que no pueden evitar permanecer en exteriores, el uso de respiradores brinda cierto alivio. Quienes padecen enfermedades cardiopulmonares y requieren de máscaras por recomendación médica, deben elegir el respirador adecuado, es decir, aquel diseñado para remover partículas.

#### *Clasificación y descripción de los respiradores según su modo de operación*

##### ❖ Respiradores que purifican el aire:

- Antes de ser inhalado, el aire pasa a través de un filtro, cartucho o envase que remueve partículas, vapores, gases o una combinación de estos contaminantes. La actividad respiratoria del usuario opera el respirador que funciona sin electricidad.

##### ❖ Respiradores que suministran aire:

El usuario recibe aire limpio e independiente del aire ambiental.

- Respirador autónomo (RA). El usuario lleva un suministro de aire, oxígeno o material generador de oxígeno;
- Respiradores con suministro de aire;
- Máscara con manguera: consta de una máscara para el rostro, un tubo de respiración, un equipo de seguridad resistente y una manguera suministradora de aire, también resistente, de amplio diámetro y que no se dobla.

#### *Elección del respirador:*

Para elegir un respirador, se debe comprender claramente el riesgo que implica para los usuarios. Los factores que se deben considerar incluyen las emisiones, la concentración de oxígeno, el tiempo de exposición y la actividad física. También se puede considerar el uso de máscaras para el rostro con cartuchos o RA. En Estados Unidos, el Occupational Safety and Health Administration (OSHA) y el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) han definido normas para regular el uso y la certificación de respiradores (NIOSH, 1995; OSHA, 1998b). De acuerdo con estos reglamentos (42 CFR parte 48), el NIOSH, por ejemplo, certificará tres clases de filtros (N, R y P) con tres niveles de eficiencia (95, 99 y 99,97%) para cada clase. La eficiencia indica el grado de remoción de partículas pequeñas (0,3  $\mu\text{m}$ ). Los respiradores de la serie N (no resistentes a aceites) brindan protección contra partículas libres de aceite u otros aerosoles de deterioro severo. Estos respiradores no tienen límites de tiempo excepto para la retención de partículas y son adecuados para el humo generado por los incendios de vegetación.

En Europa, la European Committee for Standardization (CEN) también tiene normas para la protección y clasificación de respiradores (CEN, 1999). En cuanto a las partículas, existen tres niveles de eficiencia del filtro: P1 (80%), P2 (94%) y P3 (99,97%). Los respiradores P1 también son adecuados para este tipo de humo.

La elección de un respirador aprobado por el NIOSH o CEN dependerá de su disponibilidad en la región o el país. Asimismo, existen otras instituciones que aprueban respiradores en diferentes países y su elección dependerá de las normas locales vigentes. El cuadro 3.4.4-1 sirve de guía en la elección de respiradores para el público en general.

**Cuadro 3.4.4-1 Relación aproximada entre los efectos generales de las concentraciones de humo producido por incendios destructivos en la salud y los respiradores recomendados**

<b>Material particulado MP<sub>10</sub> [µg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Efectos generales en la salud</b>	<b>Respirador recomendado</b>
150	Síntomas ligeros	Ninguno
350	Síntomas graves y reducción de la tolerancia en grupos particularmente sensibles	N95 o P1 para personas particularmente sensibles que realizan actividades en ambientes exteriores
500	Presentación prematura de algunas enfermedades además de síntomas graves y reducción de la tolerancia en personas saludables.	N95 o P1 para personas saludables que realizan actividades en ambientes exteriores
600	Muerte prematura en personas enfermas y ancianas. Las personas saludables experimentarán síntomas adversos que afectan sus actividades.	N95 o P1 para personas particularmente sensibles en instalaciones interiores sin control atmosférico.
800	Síntomas agudos y discapacitantes experimentados por sectores significativos de la población.	N95 o P1 para personas saludables en instalaciones interiores sin control atmosférico.

### **3.4.5 MEDIDAS DE PREVENCIÓN EN AMBIENTES EXTERIORES**

Es necesario tomar medidas preventivas para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores que deben mantener sus actividades en ambientes exteriores. Los empleadores deben brindar respiradores adecuados a los trabajadores, quienes deben usarlos en dichos ambientes como parte de los requerimientos de seguridad para proteger su salud. Quienes no pueden usar respiradores y trabajan en ambientes exteriores, deben ser trasladados para que realicen tareas en interiores. Además, se deben minimizar los trabajos en exteriores que impliquen actividad física intensa. Por razones de seguridad, no se debe permitir labores en exteriores que supongan riesgos de caída desde altura, a menos que se hayan tomado medidas preventivas para reducirlos.

Los trabajadores que padecen enfermedades cardiacas o respiratorias son más sensibles a los efectos de la neblina y deben consultar con el médico sobre la conveniencia de trabajar en exteriores y usar respiradores. Si tienen problemas para hacerlo, los empleadores deben trasladarlos para que realicen labores en interiores, que requieran menos esfuerzo físico.

### **3.4.6 EVACUACIÓN A REFUGIOS DE EMERGENCIA**

Durante episodios graves, la preparación de refugios de emergencia con sistemas efectivos de aire acondicionado y filtración de partículas constituye otra medida de protección. Las personas particularmente sensibles que no tienen acceso a otros ambientes con aire acondicionado deben tener acceso libre a esos refugios. Pueden estar ubicados dentro de grandes instalaciones comerciales, instituciones educativas o centros comerciales. Sin embargo, también se debe considerar el riesgo de infección debido al sobrepoblamiento en estos locales.

No se recomienda como medida de mitigación, la evacuación de poblaciones enteras a otras zonas geográficas en respuesta a un episodio de neblina producida por el humo.

### **3.4.7 ACTIVIDADES EDUCATIVAS Y COMERCIALES**

La decisión de cerrar o restringir las actividades comerciales dependerá de factores de tránsito, salud, ambientales y socioeconómicos, así como de otras condiciones locales. De acuerdo con el diseño de los edificios, la exposición dentro de las escuelas puede ser similar a la de las viviendas o los negocios. Sin embargo, la visibilidad puede ser tan baja durante episodios graves que el riesgo de accidentes de tránsito puede elevarse. Además, las emisiones industriales se pueden restringir de acuerdo con la contaminación del aire local y las características de las emisiones industriales.

### **3.4.8 RECOMENDACIONES**

- ▶ Para mejorar la protección que brinda la permanencia en ambientes interiores, los ocupantes de las viviendas y los administradores de edificios deben tomar medidas destinadas a reducir la filtración del aire exterior.
- ▶ Las escuelas, los centros de cuidado infantil, las casas de retiro, las clínicas, los hospitales y los hospicios están obligados a brindar cuartos con aire acondicionado a las personas particularmente sensibles. Estos cuartos deben contar con filtros efectivos.
- ▶ Durante episodios graves de humo, se debe asesorar al público sobre las modificaciones que necesitan hacer en sus estilos de vida, como la reducción de las actividades físicas y la restricción del consumo de cigarrillos.
- ▶ Se debe evaluar el uso de purificadores de aire portátiles y asesorar apropiadamente al público sobre la compra de modelos adecuados de estos implementos para casas y oficinas.
- ▶ Se debe informar al público sobre los tipos de máscaras contra el polvo y los respiradores y su utilidad relativa para la filtración de partículas de humo. Esto incluye el uso y la selección adecuada de máscaras y respiradores disponibles en el mercado.
- ▶ Se deben tomar medidas preventivas como la entrega de respiradores adecuados para proteger la salud y la seguridad de los trabajadores que deben mantener sus labores en exteriores.
- ▶ Durante episodios graves, las personas particularmente sensibles deben tener acceso libre a refugios de emergencia con aire acondicionado (que permitan una filtración adecuada de las partículas). Estos refugios pueden estar ubicados dentro de grandes edificios comerciales, instituciones educativas o centros comerciales.

## **3.5 ORIENTACIONES METODOLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN DE LOS EFECTOS DE LOS INCENDIOS DE VEGETACIÓN EN LA SALUD**

### **3.5.1 ANTECEDENTES**

Los efectos de la exposición a la contaminación del aire en la salud están determinados por varios factores como las características de los contaminantes, las exposiciones sufridas por la población, las exposiciones individuales, la susceptibilidad de los individuos expuestos, factores potenciales de confusión y la gama de efectos en la salud que se han estudiados en este

documento. La disponibilidad de datos sobre esos factores afecta en gran medida el tipo de estudio que pueda realizarse.

Los diseños de estudios sobre la epidemiología de la contaminación del aire son muy variados e incluyen las siguientes posibilidades: estudios de exposición controlada de corto plazo (estudios de cámara), estudios de exposición de corto plazo y estudios de exposición de largo plazo. Esta sección se centrará en los dos últimos diseños, ya que reflejan el enfoque epidemiológico típico para el problema de la exposición a la contaminación del aire. Sin embargo, durante un periodo de emergencia, se deben determinar las necesidades inmediatas de la comunidad expuesta al humo producido por los incendios de vegetación. En esa situación, las autoridades pueden realizar una rápida evaluación epidemiológica centrada en las preocupaciones demográficas y de salud de la comunidad afectada.

Un componente importante de un plan de salud pública para tratar las exposiciones relacionadas con la contaminación es un sistema de vigilancia para monitorear las enfermedades respiratorias o cardiovasculares. Si bien muchos países cuentan con un sistema de ese tipo para enfermedades infecciosas, muy pocos tienen uno similar para males no infecciosos. Sin embargo, con el creciente número de bases computarizadas de datos clínicos, es posible implementar un sistema de vigilancia para enfermedades relacionadas con la contaminación del aire producida por los incendios.

### **3.5.2 FACTORES POTENCIALES DE IMPORTANCIA PARA LOS ESTUDIOS**

Dado el objetivo de proteger la salud pública, se debe conocer la amplia variedad y todo el potencial de los factores que pueden afectar la salud a fin de tener una comprensión integral de los efectos de los incendios de vegetación en este campo. Si bien se han documentado emisiones totales y efectos adversos del material particulado en la salud, no se dispone de información sobre otros factores que pueden afectar la salud humana. Sin embargo, estos se deben considerar al momento de evaluar esos efectos para un incendio de vegetación, especialmente en países en desarrollo. Estos factores adicionales se pueden presentar en futuros incendios. Entre los más importantes están los siguientes:

#### ❖ Mediciones de la contaminación del aire en la comunidad

Contar con sistemas de monitoreo establecidos en la población (y no en la fuente) es importante para obtener mejor información sobre las exposiciones sufridas por la ciudadanía.

#### ➤ Material particulado (MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>)

La tendencia actual consiste en obtener más datos sobre la fracción de material particulado más fino. Las fracciones más gruesas pueden contener polvo o arena, lo que puede afectar la visibilidad, pero tienen un efecto mínimo en la salud humana. La fracción de partículas finas es probablemente el mejor indicador del humo generado por incendios.

➤ Monóxido de carbono y ozono

El monóxido de carbono es un indicador de combustión incompleta y puede ser una medida muy útil para la exposición al humo. Los niveles de ozono se pueden elevar debido a un incendio de vegetación, pero estos niveles se incrementan mínimamente en comparación con los de contaminación con partículas. La medición del nivel de ozono no debe formar parte de la respuesta de salud pública a una emergencia generada por este tipo de incendios.

➤ Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Los COV pueden servir de marcadores para la exposición a contaminantes relacionados con incendios. Sin embargo, solo son útiles como una herramienta de investigación; la medición del nivel de COV no debe formar parte de la respuesta de salud pública a una emergencia generada por incendios de vegetación.

❖ Datos sobre la exposición humana a contaminantes (los datos de este tipo son más escasos)

➤ Muestreo del aire en viviendas o individuos

Si bien este tipo de muestreo brinda datos más valiosos, no resulta práctico para estudios de gran escala. Algunas investigaciones han usado sistemas de monitoreo personal para validar el uso de monitores establecidos en la población.

➤ Biomarcadores de exposición

Si se identifica un COV apropiado, será posible obtener y analizar muestras de sangre, ya que este componente constituye un indicador de exposición reciente.

➤ Factores ambientales no contaminantes asociados con la calidad del aire y con efectos en la salud.

La mayoría de efectos en la salud que se han estudiado (exacerbación de enfermedades respiratorias y de la hospitalización) están afectados por cambios climáticos, los cuales pueden, a su vez, influir en la contaminación del aire debido a factores tales como las inversiones y la velocidad del viento. Las cantidades importantes que deben considerarse incluyen la temperatura, la velocidad y la dirección del viento, la humedad, la estacionalidad y la presencia de polen y otros alérgenos.

❖ Factores que afectan la exposición individual a los contaminantes del aire exterior.

Todo estudio epidemiológico debe considerar los siguientes factores:

➤ Patrón de tiempo de las actividades

En la mayoría de países desarrollados y en muchos países en desarrollo, más de 90% del tiempo transcurre en ambientes interiores. Esta proporción puede variar entre los distintos países.

➤ Características de las viviendas

Las personas que viven en estructuras que permiten un intercambio de aire con el ambiente exterior (por ejemplo, por medio de ventanas abiertas) pueden experimentar una mayor susceptibilidad a enfermedades respiratorias que quienes se encuentran en estructuras cerradas. En muchas regiones tropicales no existe un verdadero ambiente “interior”.

➤ Intervenciones para reducir la exposición a los contaminantes

Si bien se ha recomendado realizar estas intervenciones, su efectividad aún es incierta.

➤ Máscaras o respiradores; generalmente, incrementan el esfuerzo de respiración

➤ Permanencia en ambientes interiores

❖ Factores que afectan a consecuencias en la salud y la exposición a los contaminantes entre los individuos.

➤ Edad, etnia y género

Por lo general, los niños pequeños y los ancianos se encuentran con mayor riesgo de morbilidad y mortalidad cardiopulmonar.

➤ Enfermedades preexistentes

Las personas que padecen enfermedades respiratorias (asma y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas) o cardíacas son generalmente más particularmente sensibles a los contaminantes del aire.

➤ Embarazo

➤ Condición socioeconómica

La condición socioeconómica puede influir en la exposición a los contaminantes (debido a la ubicación o al tipo de vivienda) y en los efectos en la salud (debido al acceso a la atención en salud y al tratamiento médico). Las personas con mayor acceso a recursos y servicios tendrían los medios necesarios para adoptar medidas preventivas contra emisiones relacionadas con incendios, como el uso de purificadores de aire y de filtros y sistemas de aire acondicionado.

➤ Exposiciones ocupacionales

Algunas exposiciones ocupacionales están relacionadas con enfermedades respiratorias crónicas. Los trabajadores que laboran en ambientes exteriores tienen mayor riesgo de contraer enfermedades respiratorias que quienes lo hacen en ambientes interiores. La exposición total debido a la contaminación del aire, interior y ocupacional puede diferir considerablemente de la exposición ambiental.

➤ Consumo de tabaco

El tabaco es conocido por causar enfermedades respiratorias y pulmonares, incluido el cáncer al pulmón. Los fumadores tienen mayor riesgo que los no fumadores de sufrir otros efectos crónicos en la salud respiratoria. Estos efectos se pueden exacerbar cuando se incrementan las emisiones transportadas por el aire.

➤ Condición nutricional

Una condición nutricional deficiente puede aumentar la susceptibilidad de las personas a la contaminación del aire.

➤ Prácticas de cocina

Las mujeres, especialmente en los países en desarrollo, tienen riesgo de contraer enfermedades respiratorias debido a que cocinan con fuego abierto dentro de sus viviendas.

➤ Acceso a la información, atención médica y agua potable

Las personas con acceso a medios de comunicación están alertas ante los episodios de humos o neblina y disponen de información para responder a ellos. Las personas con acceso a la atención médica tienen mayor posibilidad de sobrevivir a las enfermedades que aquellas con un acceso limitado. El acceso al agua potable durante episodios de sequía que ocurren junto con los incendios representa una condición de salud favorable.

❖ Efectos en la salud

El tipo de efecto en la salud estudiado depende de los tipos de datos disponibles y del tipo de análisis planificado.

➤ Mortalidad

Si bien se dispone de datos sobre mortalidad, la calidad de la información específica sobre sus causas puede variar en cada país.

➤ Hospitalizaciones por enfermedades cardiopulmonares

Con frecuencia, esta información se obtiene a partir de datos administrativos o registros. Asimismo, se puede obtener directamente de los hospitales, pero ello requiere una búsqueda manual.

➤ Admisiones a las salas de emergencias

Algunas veces, esa información se puede obtener a través de datos administrativos. Se han realizado muchos estudios con datos extraídos de registros de las salas de emergencias.

➤ Exacerbación sintomática

Este componente de los estudios de panel o cohorte se puede relacionar con las admisiones u hospitalizaciones en las salas de emergencias.

➤ Cambios en la función pulmonar

Este factor es parte de un estudio de panel y requiere el uso del flujo máximo o de una medición espirométrica portátil. Asimismo, puede ser parte de un estudio de exposición y no exposición.

➤ Síntomas cardiopulmonares

Esta variable también forma parte de un estudio de panel, de un estudio de exposición y no exposición o una investigación de corte transversal. Los síntomas típicos incluyen tos, respiración sibilante, falta de aliento y angina.

➤ Enfermedad respiratoria superior

Esta variable también forma parte de un estudio de panel, de un estudio de exposición y no exposición o de una investigación de corte transversal.

➤ Irritación de la membrana mucosa

Esta variable forma parte de un estudio de panel o de una investigación de corte transversal. Incluye conjuntivitis e irritación del oído, la nariz o la garganta.

### **3.5.3 DISEÑOS DE ESTUDIOS PARA DETECTAR EFECTOS RELACIONADOS CON EXPOSICIONES AGUDAS EN LA SALUD**

Los efectos en la salud pueden ser la muerte, la hospitalización, la exacerbación de enfermedades, el agravamiento de enfermedades preexistentes y el empeoramiento de síntomas y parámetros fisiológicos como la función pulmonar.

❖ Estudios centrados en la población

Por lo general, estos modelos de estudio se centran en efectos como la mortalidad o la hospitalización por males específicos o por todas las enfermedades. En esta categoría, el prototipo es el estudio de muertes relacionadas con el episodio de niebla ocurrido en Londres en 1952.

❖ Estudios de series temporales

En los últimos años, se han publicado numerosos estudios de series temporales que se centran en el efecto de la contaminación del aire por partículas en la mortalidad relacionada con enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como en las hospitalizaciones por enfermedades como el asma, la neumonía, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la enfermedad de la arteria coronaria y el paro cardíaco congestivo. Estos estudios pueden ser muy complicados desde un punto de vista analítico.

❖ Estudios de cohortes

Por lo general, estos estudios se centran en efectos como los síntomas, la exacerbación de enfermedades o la complicación de la función pulmonar.

❖ Estudios de panel

Los estudios de panel miden datos (flujos máximos, uso de broncodilatadores, síntomas asmáticos, posible monitoreo personal) en un grupo reducido de personas (por ejemplo, asmáticos) durante un lapso relativamente corto. Esos estudios dependen del autorreporte y pueden presentar dificultades en el análisis.

❖ Estudios de casos y controles

En esos estudios, se realiza un muestreo en personas con un efecto agudo en la salud como la exacerbación de un mal preexistente, la hospitalización por una enfermedad pulmonar o la muerte por enfermedad cardiopulmonar; luego, los individuos se comparan con personas similares que no presentan los síntomas. Asimismo, se evalúan las exposiciones previas a contaminantes y otros factores de riesgo. Entre las limitaciones figuran los problemas para evaluar las exposiciones retrospectivas. Los estudios de casos y controles pueden ser un modelo útil para examinar los efectos de las intervenciones preventivas.

### **3.5.4 DISEÑOS DE ESTUDIOS PARA DETECTAR EFECTOS RELACIONADOS CON EXPOSICIONES CRÓNICAS**

Los efectos en la salud de la exposición crónica a los contaminantes del aire pueden incluir mortalidad, tasas de hospitalización, tasas de enfermedad (como EPOC, enfermedad cardíaca y cáncer al pulmón) y deficiencia de la función pulmonar. En contraste, los estudios relacionados

con la exposición a incendios de vegetación se centran en los efectos agudos en la salud. Así, todo estudio acerca de exposiciones y efectos crónicos en la salud debe formar parte de un proyecto de investigación y no de una respuesta de salud pública ante una situación de emergencia.

❖ Estudios ecológicos centrados en la población

En estos estudios, no se llega a conocer la exposición específica de una persona, pero sí las de la comunidad. El objetivo consiste en observar los efectos (tasas de mortalidad o enfermedad presentada en el largo plazo) en áreas con distintos niveles de contaminación del aire. El hecho de que tomen en cuenta factores de confusión y el aseguramiento de la calidad de los datos son aspectos importantes de este tipo de estudios.

❖ Estudios de cohortes

Los estudios de cohortes recolectan datos de base de distintos grupos de sujetos (según sexo, edad, condición de fumador/no fumador, ocupación, enfermedad presente o subyacente, etc.). Los grupos de personas. Estos grupos son estudiados durante un tiempo para observar efectos como mortalidad prematura, desarrollo de enfermedades cardiopulmonares o la complicación de la función pulmonar. Si bien estos estudios tienen potencial para generar datos muy importantes en una población bien definida, son limitados debido a su costo elevado y a su dificultad de aplicación.

❖ Estudio de casos y controles

Los estudios de casos y controles realizan un muestreo en personas con un efecto crónico en la salud (como el desarrollo de EPOC, el cáncer al pulmón o paro cardíaco congestivo) y personas que no lo presentan. Luego, evalúan las exposiciones previas a contaminantes y otros factores de riesgo en ambos grupos. Entre las limitaciones de este tipo de estudio, están los problemas con la evaluación de exposiciones retrospectivas.

### **3.5.5 EVALUACIÓN DE LOS DATOS**

Los datos recolectados en cualquiera de los estudios presentados se deben analizar cuidadosamente para determinar los factores de confusión y covariantes adecuados. Las técnicas de análisis estadístico varían según el diseño aplicado y están fuera del alcance de este documento. Se han desarrollado nuevas rutinas estadísticas para determinar mejor los factores importantes para estudiar los efectos en la salud relacionados con exposiciones a contaminantes.

### **3.5.6 PRIORIDADES**

Las prioridades de un plan de investigación para evaluar los efectos en la salud dependerán del tipo de recursos y datos disponibles, así como de la información que se espere obtener. Es poco probable que la investigación sirva de guía a los encargados de tomar decisiones durante una

emergencia excepto cuando ya existe una vigilancia permanente de las enfermedades cardiorrespiratorias y se brinden datos en tiempo real. Si bien los estudios prospectivos son valiosos y ofrecen información importante, dependen de exposiciones constantes o predecibles en la población estudiada. Los incendios de vegetación son episódicos y sus efectos en la salud pueden ser difíciles de evaluar a través de estudios prospectivos. Para investigaciones realizadas luego de un incendio forestal, los análisis retrospectivos de los datos existentes brindarían información más útil para los encargados de tomar decisiones.

### **3.5.7 CONCLUSIONES**

La identificación de los efectos en la salud relacionados con incendios de vegetación es una tarea difícil. Existe una gama de modelos de estudios según los recursos y los datos disponibles. Sin embargo, todo modelo requiere una planificación cuidadosa del diseño, implementación y análisis.

El Ministerio de Salud puede establecer un sistema de vigilancia para enfermedades cardiorrespiratorias crónicas antes de una emergencia de este tipo que permita monitorear los cambios en esos males. De lo contrario, es poco probable que una vigilancia permanente brinde información confiable para tomar las medidas necesarias. Luego de un incendio, los centros de salud disponen de varios diseños de estudios para determinar los efectos de dichos episodios en la salud y para elaborar una política basada en los datos y los resultados obtenidos.

## **3.6 APLICACIÓN DE GUÍAS APROPIADAS PARA LA CALIDAD DEL AIRE DE CORTO PLAZO**

### **3.6.1 INTRODUCCIÓN**

El objetivo principal de estas guías es proteger la salud pública de los efectos del humo generado por los incendios de vegetación. Las guías para calidad del aire establecen niveles de exposición que no constituyen un riesgo significativo para la salud y están basadas en la información científica más reciente. Asimismo, pueden incluir aspectos ecológicos. Para definir las normas de calidad del aire, las autoridades nacionales y locales deben considerar otros factores al momento de tomar decisiones relacionadas con la evaluación y manejo de riesgos, incluidos los niveles de exposición prevalentes, la factibilidad técnica, las medidas de control en la fuente, las estrategias de mitigación, así como las condiciones sociales, económicas y culturales (OMS, 1987).

### **3.6.2 LA DOBLE FUNCIÓN DE LAS GUÍAS PARA CALIDAD DEL AIRE DE CORTO PLAZO COMO UNA HERRAMIENTA PARA EL MANEJO DE RIESGOS**

Cuando se deteriora la calidad del aire debido a un incendio de vegetación, se requiere una acción inmediata para mitigar los efectos adversos en la salud de la población. En esa situación, las guías para calidad del aire también deben servir como una herramienta de información para tomar las medidas adecuadas. Estas guías deben relacionar la calidad del aire y los niveles de exposición con las medidas públicas de prevención y las actividades de comunicación de riesgos para la salud (véase la sección 3.3). Se deben establecer diferentes niveles de exposición, efectos en la salud y medidas para operar en el campo (por ejemplo, leve, moderado, grave), incluidos los factores no relacionados con la salud. Este enfoque se ilustra con dos casos de guías para la gestión de la calidad del aire adoptadas en Europa y los Estados Unidos.

Primero, diversos países de Europa usan un “sistema de alerta de la contaminación del aire” como guía para medir las exposiciones máximas a la niebla en zonas urbanas durante invierno o verano (OMS, 1992). Por lo general, cuando se espera que los efectos sean leves, no se requiere otra medida que anunciar la alerta y las implicancias para la salud. Cuando se espera que los efectos sean moderados, se debe asesorar al público sobre la exposición o reducción de la dosis para personas particularmente sensibles. Cuando se espera que los efectos sean graves, se pueden considerar medidas voluntarias adicionales y de emergencia en el corto plazo, como el cierre de escuelas y la restricción del tránsito.

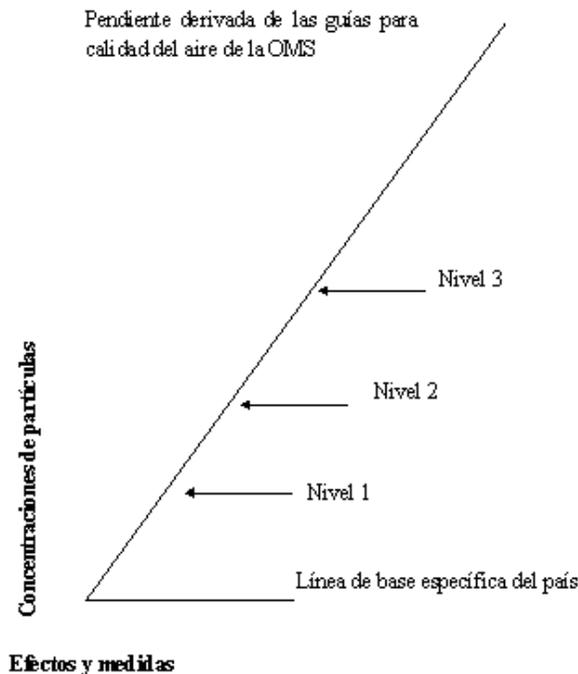
Por otro lado, la EPA y diversas instituciones han desarrollado el IEC, un índice de calidad del aire urbano, basado en medidas ambientales integradas de contaminantes criterios (EPA, 1994). La EPA y las autoridades locales usan el IEC como una herramienta de información pública para asesorar a la población acerca de los efectos generales en la salud asociados con diferentes niveles de contaminación y para determinar las medidas preventivas necesarias. Como en el caso de Europa, un ligero incremento en el índice o en el material particulado también aumentará las prestaciones de salud por parte del Estado y las autoridades locales. El siguiente nivel conducirá a una etapa de “alerta” cuando la contaminación pueda restringir algunas actividades. Un nivel superior dará lugar a una etapa de “advertencia”, durante la cual se pueden prohibir algunas actividades que producen contaminación. El siguiente nivel sería de “emergencia” y requeriría un cese de la mayoría de actividades contaminantes.

### **3.6.3 APLICACIÓN DE LAS GUÍAS PARA CALIDAD DEL AIRE DE LA OMS**

El humo de los incendios de vegetación consiste en partículas finas que pueden respirarse. Estas partículas están sujetas a un transporte transfronterizo y de largo alcance, lo cual incrementa en el corto plazo los niveles de material particulado en las áreas afectadas. El material particulado se debe considerar de manera especial al momento de elaborar guías sobre calidad del aire apropiadas de corto plazo. Nuevos datos epidemiológicos no permitieron identificar un nivel umbral de exposición a las partículas por debajo del cual no se produce ningún efecto (Wilson y Spengler, 1996; OMS, 1999). A fin de establecer sus propios niveles, las autoridades nacionales y locales se basan ahora en las relaciones entre exposición a las partículas y efectos en la salud, en lugar de hacerlo en los niveles umbrales usuales. Este enfoque de evaluación de riesgos asume que existen efectos en la salud en todos los niveles de exposición y que se deben elaborar políticas para minimizar el riesgo de que estos se produzcan.

Para fines prácticos, las guías sobre calidad del aire se pueden desarrollar para incendios forestales de corto plazo a partir del enfoque general de las guías de la OMS (OMS, 1987; 1999), en combinación con una perspectiva sobre manejo de riesgos como la descrita antes. Pueden existir interrogantes con respecto al tiempo promedio y a las mediciones que representen mejor la calidad del aire o los niveles de exposición. El tiempo promedio usado y reportado en las guías puede ser de 24 horas, lo cual es conforme con la evidencia disponible en los estudios de series temporales sobre efectos de la exposición diaria en el corto plazo. Debido a que el material particulado es el contaminante principal de los incendios de vegetación, la medición de las concentraciones de partículas se debe aplicar en las guías sobre dichos incendios para reflejar directamente sus efectos en la salud.

En la práctica, las autoridades nacionales y locales pueden establecer algunos niveles para el material particulado (MP<sub>10</sub> o MP<sub>2,5</sub>) relacionados con efectos en la salud, así como actividades de asesoría pública y mitigación (véanse las secciones 3.3, 3.4). Por ejemplo, se pueden desarrollar tres niveles por encima del nivel de fondo normal: la etapa leve (alerta), la moderada (advertencia) y la grave (emergencia). La información disponible sobre exposición-respuesta en las guías para calidad del aire de la OMS puede servir de base para elaborar esos intervalos de manera apropiada para cada país o región. La figura 3.6.3-1 ilustra la idea de las guías para calidad del aire de corto plazo para humos generados por incendios de vegetación.



**Figura 3.6.3-1 Diversos niveles de los sistemas de alerta**

### *Etapas propuestas para la asesoría*

En las siguientes medidas se recomienda que las personas permanezcan en ambientes interiores para reducir la exposición al humo. Sin embargo, esa recomendación no se aplica a viviendas expuestas a corrientes de aire, selladas de manera deficiente y con una alta tasa de intercambio de aire.

#### **Nivel 1. Alerta**

Medida: Todas las personas con enfermedades pulmonares o cardíacas deben permanecer en interiores con las puertas y las ventanas cerradas, y evitar trabajos excesivos, así como la exposición al humo del tabaco y otras sustancias irritantes. Las personas que toman medicamentos regularmente deben disponer por lo menos de una provisión para cinco días. Las personas con enfermedades crónicas deben solicitar orientación a sus médicos, sin importar la ocurrencia de síntomas. El resto de la población debe contactar a un centro de atención de salud cuando surjan algunos de los siguientes síntomas: dolor de cabeza, tos constante, opresión o dolor en el pecho, respiración sibilante, producción excesiva de flema, dificultad para respirar y náuseas. Se deben evitar las actividades enérgicas en ambientes exteriores.

#### **Nivel 2. Advertencia**

Medida: Las advertencias del nivel 1 también se aplican a este nivel. Además, se debe asesorar a las personas con problemas respiratorios y cardíacos crónicos para la eventual evacuación a ambientes libres de humo, siempre y cuando esto se pueda realizar de manera segura. Ese ambiente puede estar ubicado lejos de la comunidad o en un lugar “limpio”, como el refugio de la Cruz Roja o una escuela con ventanas y puertas bien selladas y con equipos adecuados de filtración de aire. El resto de la población debe tratar de permanecer en ambientes interiores con las puertas y las ventanas cerradas, evitar trabajos pesados y la exposición al humo del cigarrillo y a otras sustancias irritantes.

#### **Nivel 3. Emergencia, condiciones graves de humo**

Medida: Las personas saludables que elijan permanecer en la comunidad deben mantenerse en interiores, con las puertas y las ventanas cerradas, reducir sus actividades físicas, disminuir el consumo de cigarrillos y conservar la energía. Las personas que sientan molestias deben desplazarse fuera del área o hasta una instalación de “aire limpio” previamente designada. Asimismo, los encargados de los centros de salud deben reubicar a las personas con problemas respiratorios o cardíacos, así como a los ancianos, enfermos y niños pequeños, en una instalación de “aire limpio”. Se debe tratar de mantener a las familias unidas. Las personas reubicadas deben retornar a sus viviendas tan pronto como las condiciones lo permitan.

**Retorno**

Medida: Las personas afectadas pueden retornar al área una vez que se haya controlado el incendio destructivo, se haya declarado el área fuera de peligro y se hayan anulado todas las alertas de salud pública.

## **4. PREVENCIÓN DE EPISODIOS QUE PUEDEN AFECTAR LA SALUD**

### **4.1 LA FUENTE: POLÍTICAS SOBRE INCENDIOS Y USO DE TIERRAS**

Durante una reunión de expertos donde se evaluaron los incendios y humos de 1997 y 1998, la FAO revisó las políticas públicas que afectan los incendios forestales. La reunión concluyó lo siguiente (FAO 1998):

A menudo, el estado actual de las políticas nacionales de respuesta ante los incendios destructivos y a los generados por características del uso de la tierra, se define por una reacción ad hoc ante una situación que ya se ha desarrollado, en lugar de una mitigación preventiva antes de que surja la emergencia. Con frecuencia, la elaboración de políticas no considera las causas fundamentales de la incidencia y la propagación de incendios, que pueden estar fuera del sector forestal, como la pobreza rural y el desamparo o los efectos de otras políticas públicas relacionadas con el uso de la tierra y los incentivos. Algunas veces, la incidencia y la propagación de incendios pueden deberse a políticas de manejo forestal mal diseñadas; en particular, a políticas de exclusión total de incendios que han conducido a la acumulación de combustible y, en consecuencia, a liberaciones catastróficas de fuego.

En general, las políticas de uso de tierras rara vez se basan en información fiable sobre las implicaciones del grado o las causas de los incendios forestales. Tampoco incluyen procesos de consulta o participativos con los más interesados y afectados. Incluso cuando se establecen políticas vinculadas con la reducción de la incidencia y del daño producido por los incendios forestales, pueden haber áreas institucionales débiles que no permiten su aplicación. Esto puede deberse a una escasez de fondos públicos producto de la inestabilidad política o a problemas económicos.

#### **Acción preliminar que se requiere para elaborar políticas públicas relacionadas con el manejo de incendios y prácticas sustentables de uso de tierras:**

Existe la necesidad de establecer sistemas fiables y actualizados para el reporte, análisis y almacenamiento de datos en los niveles nacional, regional y mundial. Este tipo de datos, así como la información sobre las causas de los incendios y sus efectos socioeconómicos y ambientales, son indispensables para formular políticas y establecer un acuerdo internacional sobre los términos y definiciones para el intercambio y disseminación de información.

La información sobre opciones de manejo de recursos y sus consecuencias es esencial para la participación de todos los directamente interesados en la formulación y el desarrollo de políticas.

## **Conclusiones y recomendaciones a los países miembros sobre principios de políticas para el uso sustentable de las tierras y los bosques:**

Ninguna fórmula puede cubrir la amplia gama de condiciones ecológicas, socioeconómicas y culturales que existen entre y dentro de las regiones, ni los diferentes objetivos de las diversas sociedades. Sin embargo, existen ciertos principios generales comunes a todas las situaciones y objetivos. Estos principios incluyen:

- ❑ Formulación de políticas nacionales y regionales que aborden específicamente los incendios forestales como un componente integral de las políticas de uso de tierras.
- ❑ Flexibilidad en la implementación de políticas y capacidad para modificar y revisar las relacionadas con los incendios.
- ❑ Objetivos claros y cuantificables en cuanto a políticas y estrategias de implementación para minimizar los diversos efectos adversos de los incendios no controlados y maximizar los beneficios de la prevención de incendios o uso controlado del fuego. Estos objetivos y estrategias de implementación incluirían prácticas sustentables de uso de tierras, políticas intersectoriales compatibles, responsabilidades conjuntas en el manejo de incendios en el nivel comunitario y participación del sector privado y de las ONG.
- ❑ Participación de todos los directamente interesados en el desarrollo de políticas, especialmente a través de la delegación de estrategias de manejo forestal a la comunidad. Reconocimiento de los encargados de tomar decisiones de que el manejo sustentable de tierras en muchos casos solo se puede lograr a través de la delegación del control de los recursos forestales y de la participación de las comunidades en todos los aspectos de manejo y protección contra incendios. Estas estrategias delegadas requerirán la revisión de las políticas y leyes existentes, y la introducción de acuerdos apropiados de tenencia de tierras para brindar incentivos orientados a una participación local equitativa en el manejo forestal y en la protección y control de incendios.
- ❑ Se debe crear un marco político favorable para todos los aspectos del manejo sistemático de incendios (prevención, detección, supresión, incendios prescritos, rehabilitación posterior a los episodios, etc.) a fin de lograr un equilibrio apropiado entre prevención, supresión y uso de incendios prescritos, a partir de las condiciones locales. Este marco debería generar esfuerzos para cuantificar los valores monetarios y no comerciales relacionados con los costos y beneficios para la sociedad y los encargados de tomar decisiones.
- ❑ Se requieren políticas para otras formas de uso de las tierras; en particular, políticas de crédito que promuevan opciones no favorables a la deforestación.
- ❑ Las políticas que tienden a incrementar los incendios forestales deben considerar los efectos en la salud pública. Las políticas encargadas de preservar la salud de los ecosistemas propensos a incendios deben equilibrar la salud pública y la salud forestal.

Algunos aspectos técnicos pueden apoyar la formulación e implementación de políticas, tales como los siguientes:

### **Manejo sistemático o integrado de incendios:**

- Asignar más recursos humanos y financieros a la prevención de incendios para reducir el gasto que se destinaría en el futuro para suprimirlos;
- Promover y reglamentar el incendio prescrito para diversos propósitos de uso de tierras, incluida la reducción de combustibles peligrosos, e informar al público sobre las finalidades de la quema prescrita. Sin embargo, se debe considerar que estos incendios son causados por seres humanos y, por lo tanto, representan emisiones contra el balance de carbono de un país, mientras que un incendio destructivo surge naturalmente cuando no se pueden reducir las cargas de combustible (Protocolo de Kyoto; Naciones Unidas 1997).
- Definir el proceso mediante el cual se elaboran los planes de manejo de incendios para alcanzar los objetivos del manejo de recursos de las unidades de conservación;
- Elaborar programas de educación, extensión y creación de conciencia pública sobre incendios en general y en aspectos relacionados con políticas en particular, de acuerdo con las necesidades de los directamente interesados;
- Implementar programas de capacitación en los diversos aspectos del manejo de incendios y en todos los niveles, incluidas las brigadas de bomberos voluntarios y la capacitación de agricultores en el uso seguro del fuego;
- Integrar la planificación del manejo de incendios con la de recursos intersectoriales;
- Promover prácticas de silvicultura para mantener ecosistemas saludables y, a la vez, reducir los efectos de los incendios;
- Elaborar políticas para una estructura de autoridad sobre incendios que identifique claramente a los responsables de los diversos organismos involucrados;
- Elaborar un programa especial de manejo de incendios para regiones contaminadas con elementos radiactivos en Rusia, Ucrania y Belarús, debido a la amenaza de incendios de vegetación contaminada con elementos radiactivos. Esto también incluiría un registro cuidadoso de datos y experiencias para emergencias similares en el futuro.

### **Cooperación institucional:**

- ❑ Promover la distribución de los costos del manejo de incendios entre los directamente interesados en todos los niveles;
- ❑ Desarrollar una cooperación intersectorial en los niveles nacional y local;
- ❑ Desarrollar acuerdos internacionales que faciliten el intercambio de experiencias, e
- ❑ Incrementar la capacidad de manejo de incendios.

### **Restauración y rehabilitación:**

- ❑ Rescatar los recursos utilizables después de los incendios;
- ❑ Promover la recuperación natural a través de la protección, siempre que sea posible, para mantener la integridad genética;
- ❑ Comprender un nuevo aprovisionamiento cuando sea necesario, y
- ❑ Restaurar la infraestructura y rehabilitar las comunidades locales.

### **Tecnología, investigación e información:**

Las nuevas tecnologías ofrecen los medios para introducir nuevas políticas de manejo y uso de tierras más aceptables desde el punto de vista ambiental y social. Se debe prestar atención especial a las técnicas de roza de “quema nula”.

Se debe fortalecer la investigación en los ámbitos nacional y regional para desarrollar políticas sobre incendios y capacidades de manejo de estos, especialmente en torno a aspectos socioeconómicos y culturales. Se requiere investigación sobre los incendios en varios temas:

- ❑ Desarrollo de nuevas tecnologías de detección a distancia para apoyar las decisiones sobre manejo de incendios, incluidas las que hacen uso de sensores para la detección y alerta temprana.
- ❑ Técnicas de recuperación posteriores al incendio, efectos de estos y procesos de recuperación del ecosistema.
- ❑ Efecto del cambio climático en los regímenes y gravedad de los incendios.

La experiencia acumulada no debe dejarse de lado y se debe recopilar información local sobre las prácticas tradicionales relacionadas con los incendios como una guía para las políticas orientadas a manejarlos.

Se deben desarrollar sistemas para evaluar el daño y los beneficios de los incendios y centrarse en sus costos y beneficios reales.

Las políticas y técnicas destinadas a incrementar la productividad agrícola, a la vez que alientan los elementos positivos y desalientan los negativos, reducirán la conversión forestal para la agricultura no sustentable y por lo tanto, disminuirán el daño causado por los incendios forestales.

### **Conclusiones y recomendaciones para las organizaciones internacionales:**

Se requiere una colaboración y coordinación continua entre las diversas organizaciones internacionales, incluidas la FAO, PNUD, PNUMA, OMS, OMM, otros organismos de las Naciones Unidas y ONG, interesados en actividades relacionadas con los incendios forestales en los ámbitos mundial y regional.

Se deben establecer acuerdos transfronterizos o regionales sobre manejo de incendios, con el apoyo técnico y financiero de organizaciones internacionales.

Se alienta a las organizaciones internacionales a apoyar el diseño e implementación de un inventario o sistema global de reporte de incendios, en colaboración con la comunidad científica y los usuarios. Se requiere una terminología internacional sobre manejo de incendios para apoyar los sistemas de reporte en los ámbitos mundial y regional.

Se requiere un sistema mundial de información sobre incendios que brinde acceso inmediato y en tiempo real sobre este tipo de emergencias, datos de archivos y otras fuentes requeridas por los países para elaborar programas de manejo de incendios, incrementar la preparación y responder a brotes en los ámbitos nacional, regional y mundial.

Todas las organizaciones internacionales interesadas deben desempeñar una función catalítica en el establecimiento de redes destinadas a promover la distribución de información y los conocimientos, así como la cooperación técnica con los países en desarrollo en este terreno. Se deben asignar los recursos necesarios para estos fines.

También se requieren guías y códigos de conducta para la prevención y control de incendios, no solo en el sector forestal sino en todo sector que pueda tener un efecto en los incendios forestales (por ejemplo, la de construcción de caminos y establecimiento de líneas de energía).

Aún se requiere asistencia técnica de las organizaciones internacionales, en particular en cuanto a apoyo institucional y a la creación de capacidades.

## Formulación de otras guías:

Desde que inició sus actividades en 1986, el International Tropical Timber Council (ITTC) identificó los incendios forestales como un problema grave. En conformidad con una decisión del ITTC, la International Tropical Timber Organisation (ITTO) formuló un conjunto de guías internacionales para la protección de bosques tropicales contra incendios. Esto dio lugar a las "ITTO Guidelines on Fire Management in Tropical Forests" en 1996 (anexo E). Las guías contienen 29 principios y recomendaciones: política y legislación, estrategias (planificación del manejo de incendios, opciones para el manejo de incendios, supresión de incendios, función de las comunidades en la protección contra los incendios), monitoreo e investigación, marco institucional y desarrollo de capacidades, aspectos socioeconómicos, manejo y uso de recursos del terreno, y capacitación y educación pública.

En la consultoría de la FAO sobre "Public policies affecting forest fires", el grupo de Europa regional y Asia templada y boreal reconoció claramente que la ITTO había asumido una función pionera en el diseño de un marco para la formulación de políticas y estrategias nacionales de manejo de incendios. En consecuencia, el grupo recomendó:

*"Siguiendo el ejemplo de las ITTO Guidelines on Fire Management in Tropical Forests, se insta a la FAO que apoye la formulación de guías similares para regiones boreales y templadas".*

En el anexo E, se adjuntan las ITTO Guidelines on Fire Management in Tropical Forests.

## 4.2 RECOMENDACIONES

- ❑ Se debe implementar el Global Vegetation Fire Inventory (GVFI) para evaluar el potencial de contaminación por humos e incendios en los ámbitos nacional, regional y global.
- ❑ Se debe fortalecer la capacidad de los centros de excelencia para monitorear, archivar y diseminar información, así como para pronosticar riesgos de incendio y emergencias similares.
- ❑ Se alienta a los organismos de las Naciones Unidas y otras organizaciones y programas internacionales, en particular a la OMS, OMM, FAO, PNUMA, UNESCO, DIRDN e ITTO, para que cooperen sinérgicamente en la prevención, manejo y mitigación de desastres causados por incendios y humos.
- ❑ Se debe prestar atención especial a las emisiones radiactivas generadas por incendios en terrenos contaminados con radionucleidos.
- ❑ Se requiere investigación adicional para recopilar información sobre incendios en diferentes ecosistemas, así como para desarrollar factores de emisión, razones de emisión y otros datos para la combustión con llama y sin llama (es decir, distribución del tamaño de la partícula, composición, propiedades toxicológicas, etc.). Se debe determinar la variedad de factores de emisión y las razones de emisión, así como la variabilidad y estabilidad de las razones y factores de emisión con el transcurso del tiempo y el tipo de vegetación.

- Se requiere investigación adicional sobre los cambios fisicoquímicos y los factores que contribuyen a las alteraciones que ocurren durante el transporte (meteorología local, concentración de la pluma, etc.).
- Se debe recopilar información sobre los niveles de exposición y la actividad de los incendios conjuntamente con episodios anteriores de incendios y humos.
- Se debe realizar una investigación sobre enfoques de mitigación, en particular:
  - Evaluación de la factibilidad de los diferentes acuerdos para implementar “albergues en caso de neblina” (en hogares privados, escuelas, hospitales, asilos y edificios públicos) y se debe brindar protección contra la neblina a través de diferentes enfoques para la filtración de aire, el sellado de habitaciones, etc.;
  - Evaluación de los enfoques más efectivos para el control de una futura emergencia generada por neblina mediante el transporte de grupos vulnerables hasta dichos albergues; provisión de máscaras a trabajadores clave en ambientes exteriores y otros métodos de mitigación;
  - Evaluación de la eficacia de permanecer en ambientes interiores, incluida una evaluación del efecto de las partículas exteriores en las concentraciones de aire interno según los diversos tipos de edificios;
  - Evaluación de la efectividad real del uso de máscaras para polvo por la población en general, incluido su uso efectivo por los individuos: ajuste de las máscaras, eficacia de los diversos tipos de máscaras disponibles y capacitación para mejorar la eficacia de las estas;
  - Investigación de las diversas máscaras que podrían ser efectivas como equipo de protección personal para mitigar los efectos en la salud.
- Investigación relacionada con los efectos del humo producido por la quema de la biomasa en la salud:
  - Identificación de los mecanismos de efecto en la salud asociados con el humo proveniente de la quema de la biomasa, y
  - Evaluación del efecto del humo producido por la quema de la biomasa en la mortalidad de la población en general.
- El trabajo futuro para identificar los efectos de los incendios de vegetación en la salud también debe abordar los factores que influyen en dichas consecuencias. La bibliografía disponible se centra principalmente en emisiones totales y la salud; sin embargo, este es solo un criterio parcial de la amplia gama de temas incluidos dentro de los mencionados efectos.
- El trabajo futuro debe incluir factores que afectan la exposición de las poblaciones a las emisiones de incendios de vegetación. El conocimiento de las características químicas y físicas de las emisiones que afectan las exposiciones humanas permitirá predecir enfermedades o la muerte durante futuros incendios. Por ejemplo, las variaciones en la vegetación y el contenido de humedad influyen en la descarga de monóxido de carbono en diferentes áreas del mundo.

- En la comunidad científica se debe fomentar el trabajo orientado a establecer los mecanismos biológicos para identificar los efectos de los incendios de vegetación en la salud humana. Esta base es necesaria para determinar la vinculación entre causa y efecto y fortalecer los resultados de los estudios ecológicos realizados hasta la fecha. El conocimiento de la plausibilidad biológica ayudará a identificar los factores pertinentes que afectan la salud humana en este tipo de incendios.
- Se debe alentar a la comunidad que trabaja en el campo de la salud para que mire más allá de su esfera inmediata y explique los efectos de los incendios. Estos episodios y las respuestas a ellos son multisectoriales, y por ello, se requiere un enfoque en la salud multidisciplinario para las medidas de mitigación y para la prevención de futuras enfermedades, así como la muerte.
- Al inicio, quizás sea difícil que las autoridades nacionales y locales tomen decisiones sobre los niveles de material particulado, que afectan a sus jurisdicciones, que brinden asesoría pública o adopten medidas de mitigación. Un taller especial puede ser necesario para abordar este tema.
- Se puede establecer un grupo de trabajo que defina niveles apropiados de material particulado y promueva la atención y la acción internacional para la preparación ante futuros episodios de este tipo y su control.
- Estas guías de salud para incendios de vegetación deben actualizarse cada cierto tiempo a fin de reflejar las evidencias científicas más recientes sobre material particulado y sus efectos en la salud.

## Anexo A

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baker MB, Harrison H, Vinelli J, Erickson KB (1979) Simple stochastic models for the sources and sinks of two aerosol types. *Tellus* 31: 39-51.

Betchley C, Koenig JQ, Van Belle G, Checkoway H, Reinhardt T (1997) Pulmonary function and respiratory symptoms in forest firefighters, *American Journal of Industrial Medicine* 31: 503-509.

Blake NJ, Blake DR, Wingenter OW, Sive BC, McKenzie LM, Lopez JP, Simpson LJ, Fuelberg HE, Sachse GW, Anderson BE, Gregory GL, Carroll MA, Albercock GM, Rowland FS (1999) Influence of southern hemispheric biomass burning on mid tropospheric distributions of nonmethane hydrocarbons and selected halocarbons over the remote South Pacific. *Journal of Geophysical Research*, 104: 16,213-16,232.

Bobak M, Leon DA (1992) Air pollution and infant mortality in the Czech Republic, 1986-88. *The Lancet* 340 (8826): 1.010-1.014.

Brauer M (1998) Health Impacts of Biomass Air Pollution. Contribución al WHO Bi-regional Workshop on Health Impacts of Haze-Related Air Pollution, 1 al 4 de junio de 1998, Kuala Lumpur, Malasia. Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para el Sudeste Asiático, Delhi, India, Regional Office for the Western Pacific, Manila, Filipinas (Documento base).

Brauer M, Hisham-Hashim J (1998) Indonesian fires: Crisis and reaction. *Environmental Science and Technology* 32:404A-407A.

Browell EV, Fenn MA, Butler CF, Grant WB, Claytin MB, Fishman J, Bachhmeier, AS, Anderson, BE, Gregory GL, Fuelberg HE, Bradshaw JD, Sandholm ST, Blake DR, Heikes BG, Sachse GW, Singh HB, Talbot RW (1996) Ozone and aerosol distributions and air mass characteristics over the South Atlantic Basin during the burning season. *Journal of Geophysical Research* 101: 24,043-24,068.

Buist AS, Johnson LR, Vollmer WM, Sexton GJ, Kanarek, PH (1983) Acute Effects of Volcanic Ash from Mount Saint Helens on Lung Function in Children. *American Review of Respiratory Diseases* 127: 714-719.

CEN (1999) European Committee for Standardization, Bruselas, Bélgica, véase <http://www.cenorm.be/>

Chew FT, Ooi BC, Hui JK, Saharom R, Goh D, Lee BW (1995) Singapore's haze and acute asthma in children. *The Lancet* 346 (25 de noviembre): 1427.

Chia LS, Wong ML (1977) Atmospheric Pollution and its Control in Singapore. Proceedings of the Symposium on our Environment, Singapur, pp. 100-123.

Cohen AJ, Pope CA III (1995) Lung cancer and air pollution. Environmental Health Prospectus 103 (Suplemento 8): 219-224.

Cohen AJ, Pope CA III, Speizer FE (1997) Ambient air pollution as a risk factor for lung cancer. Salud Pública Mexicana 39(4): 346-355.

Colman JJ, Blake DR, Rowland, FS (1998) Atmospheric residence time of CH<sub>3</sub> Br, estimated from the Junge spatial variability relation. Science 281: 392-396.

Cooper CW, Mira M, Danford M, Abraham K, Fasher B, Bolton P (1994) Acute exacerbations of asthma and bushfires. The Lancet 343 (11 de junio): 1509.

Cresswell MP (1996) Satellite Remote Sensing –An Introduction, University of Liverpool, véase <http://www.liv.ac.uk/~mark/open1.htm>

CSA (1999a) Radarsat, Canadian Space Agency, Ottawa, Canadá, véase <http://www.ball.com/aerospace/radrsat.html>

CSA (1999b) Terra – The EOS Flagship, Canadian Space Agency, Ottawa, Canadá, véase <http://eos-am.gsfc.nasa.gov/mopitt.html>

CSA/NASA (1997) Radarsat: Space age marvel and working class hero. Canadian Space Agency, Ottawa, Canadá, National Aeronautics and Space Administration, Langley, VA, Estados Unidos, véase [http://www.vexcel.com/tech\\_feat/may95radarsat.html](http://www.vexcel.com/tech_feat/may95radarsat.html)

Cupitt LT, Glen WG, Lewtas J (1994) Exposure and Risk from Ambient Particle-bound Pollution in an Airshed Dominated by Residential Wood Combustion and Mobile Sources. Environmental Health Perspectives 102 (Suplemento 4): 75-84.

Davis DD, Crawford J, Chen G, Chemiedes W, Liu S, Bradshaw J, Sandholm S, Sachse G, Gregory G, Anderson B, Barrick J, Backmeier A, Collins J, Browell E, Blake D, Rowland S, Kondo Y, Singh H, Talbot R, Heiker B, Merrill J, Rodriguez J, Newell RE (1996) Assessment of ozone photochemistry in the western North Pacific as inferred from PEM-West A observations during the fall 1991, Journal of Geophysical Research 101: 2.111-2.134, 1996.

Dawud Y (1998) Smoke episodes and assessment of health impacts related to haze from forest fires: Indonesian experience. (Documento base).

DeAngelis DD, Ruffin, Reznik R (1980) Preliminary characterization of emissions from wood-fired residential combustion equipment. Informe final para la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, EPA - 600/7-80-040.

DeMore WB, Sander SP, Golden DM, Hampson RF, Kurylo MJ, Howard CJ, Ravishankara AR, Kolb CE, Molina MJ (1997) Chemical kinetics and photochemical data for use in stratospheric modelling, JPL Publications 97-4, Pasadena, California.

Dennis RJ, Maldonado D, Norman S, Baena E, Castano H, Martinez G, Velez JR: (1996) Woodsmoke exposure and risk for obstructive airways disease among women. *Chest* 109: 115-119.

DLR (1997) High temperature Environmental Disaster Recognition System Prototype FOCUS, Proposal to ESA, 7 de abril de 1997. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt eV (Centro Aeroespacial de Alemania), Berlín, Alemania.

DLR (1999) Small Satellite Project BIRD, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt eV (Centro Aeroespacial de Alemania), Berlín, Alemania, véase <<http://www.ba.dlr.de/bird>>.

DMSP (1999) US Military Defense Meteorological Satellite Program, véase <http://leonardo.jpl.nasa.gov/msl/Programs/dmsp.html>

Dockery DW, Schwartz J, Spengler, JD (1992) Air pollution and daily mortality: associations with particles and acid aerosols. *Environmental Research* 59: 362-373.

Dockery DW, Pope CA III, Xu Xiping, Spengler JD, Ware, JH, Fay, ME, Ferris, BG, Speizer FE (1993) An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal of Medicine* 329: 1.753-1.759.

Dockery DW, Pope CA III (1994) Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annual Review of Public Health* 15: 107-132.

Dost (1986) Comunicación privada.

Duclos P, Sanderson LM, Lipsett M (1990) The 1987 Forest Fire Disaster in California: Assessment of Emergency Room Visits. *Archives of Environmental Health* 45: 53-58.

Dusha-Gudym SI (1996) The effects of forest fires on the concentration and transport of radionuclides. En: *Fire in ecosystems of boreal Eurasia* (Goldammer JG y Furyaev VV, eds.), 476-480. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

ECPC (1999) Experimental Climate Prediction Center, Scripps Institute of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, California, Estados Unidos, véase <http://meteora.ucsd.edu/ecpc/>

EEPSEA (1998) The Indonesian Fires and Haze of 1997: The Economic Toll. Economy and Environment Program for SE Asia. Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), Singapur; véase <http://www.idrc.org/eepsea/specialrept/specreptIndofire.htm>

Ehhalt DH, Rohrer F, Wahner A, Prather MJ, Blake DR (1998) On the use of hydrocarbons for the determination of tropospheric OH concentrations, *Journal of Geophysical Research*, 103: 18981-18997.

EPA (1987) Network Design and Optimum Site Exposure Criteria for Particulate Matter. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Research Triangle Park, NC: Office of Air Quality Planning and Standards; informe no. EPA450/487009, mayo de 1987.

EPA (1994) Measuring Air Quality: The Pollutant Standards Index. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC, EPA 451/K-94-001.

EPA (1998a) Particulate matter research needs for human health risk assessment to support future reviews of the National Ambient Air Quality Standards for particulate matter, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, National Center for Environmental Assessment, Research Triangle Park, NC 27711, EPA/600/R-97/132F, enero de 1998.

EPA (1998b) Quality Assurance Guidance Document 2.12: Monitoring PM<sub>2.5</sub> in Ambient Air Using Designated Reference or Class I Equivalent Methods. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Research Triangle Park, NC: National Exposure Research Laboratory, abril de 1998.

ESA (1999) European Space Agency, European Space Research Institute (ESRIN), Frascati, Italia, véase <http://esapub.esrin.esa.it/eoq/eoq52/buon52.htm>; <http://www.esa.int/esrin/>; <http://shark1.esrin.esa.it/FIRE/fire.html>

FAO (1999) Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires, Roma, 28 al 30 de octubre de 1998. FAO Forestry Paper 138. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia.

GFMC (1999a) Global Fire Monitoring Center, véase <http://www.uni-freiburg.de/fireglobe>

GFMC (1998b) Global Fire Monitoring Center, véase <http://www.uni-freiburg.de/fireglobe/bibex>

Goldammer JG (coordinador) (1997) Programa de Alerta Temprana del Decenio Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN). Informe sobre la alerta temprana de incendios y otros peligros ambientales. Con la contribución de R.E.Burgan, P.Cheney, M.A.Fosberg, V.Kelhä, J.Roads, A.Simard y B.J.Stocks. Secretaría del DIRDN, Ginebra, octubre de 1997. Impreso para la IDNDR Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters, Potsdam, C 1-35.

Goldammer JG (1999) Public policies affecting forest fires in Europe and boreal/temperate Asia. En: Proceedings, FAO Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires, 113-164. FAO Forestry Paper 138.

Harrison R, Materna BL, Rothman N (1995) Respiratory health hazards and lung function in wildland firefighters. *Occupational Medicine* 10(4): 857-870.

Hefflin BJ, Jalaludin B, McClure E, Cobb N, Johnson CA, Jecha L, Etzel RA (1994) Surveillance for dust storms and respiratory diseases in Washington State, 1991. *Archives of Environ. Health* 49: 170-174.

Hofmeister VA, Brage JAP (1998) Smoke emissions characterization and assessment of health risks related to downwind air quality: Case study of forest fire episode in Roraima – Amazonia (Brasil). (Documento base).

IBAMA (1999) Monitoramento Florestal da Amazônia, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente Recursos Naturais Renováveis, véase <http://www.ibama.gov.br/novidade/monitora.html>

INPE (1999) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, National Institute of Space Missions, San José dos Campos, Brasil, véase <http://www.atsme.inpe.br/services.htm>

INPE-CPTEC (1999) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, National Institute of Space Missions, San José dos Campos, Brasil, Monthly Climate Data Products for Brazil, véase [http://www.neonet.nl/ceos-idn/datasets/INPE\\_CPTEC\\_CLIMATE\\_BRAZIL.html](http://www.neonet.nl/ceos-idn/datasets/INPE_CPTEC_CLIMATE_BRAZIL.html), <http://www.cptec.inpe.br/products/clima/ecprodi.html>

ISO (1994) International Standard 4225. Air Quality – General Aspects – Vocabulary. International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza.

ISO (1995) International Standard 7708. Air Quality – Particle size fraction definitions for health-related sampling. International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza.

JPL (1999) Multi-angle Imaging SpectroRadiometer, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, Ca, Estados Unidos, véase <http://osa.jpl.nasa.gov/~gwb/mihome.html>

Kaufman YJ, Tucker CJ y Fung I (1990) Remote sensing of biomass burning in the tropics. *Journal of Geophysical Research* 95: 9927-9939.

Kaufman YJ, Justice C, Flynn L, Kendall J, Prins E, Ward DE, Menzel PE, Setzer A (1998) Monitoring global fires from EOS-MODIS. *Journal of Geophysical Research*, en prensa, diciembre de 1998.

Koike M, Kondo Y, Kawakami S, Singh HB, Ziereis H, Merrill JT (1996) Ratios of reactive nitrogen species over the Pacific during PEM-West A. *Journal of Geophysical Research* 101: 1829-1851.

Kunii O (1998) Basic facts – Determining downwind exposures and their associated health effects, assessment of health effects in practice: A case study in the 1997 Forest Fires in Indonesia. (Documento base).

Larson T y Koenig J (1994) Wood Smoke: Emissions and Noncancer Respiratory Effects. *Annual Review of Public Health* 15: 133-156.

Levine JS (1998) Gaseous and Particulate Emissions Released to the Atmosphere During Forest Fires: A Case Study of Kalimantan and Sumatra, Indonesia in 1997, NASA Langley Research Center, VA, Estados Unidos. (Documento base).

Levine JS (1999) The 1997 fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia: Gaseous and particulate emissions. *Geophysical Research Letters* 26: 815-818.

Lewis CW, Baumgardner RE, Stevens RK, Claxton LD, Lewta J (1988) Contribution of Woodsmoke and Motor Vehicle Emissions to Ambient Aerosol Mutagenicity. *Environmental Science and Technology* 22: 968-971.

Lewtas JL, Zweidinger R, Stevens R, Cupitt L (1992) Sources of genotoxicity and cancer risk in ambient air. *Pharmacogenetics* 2: 288-296.

Liu D, Tager IB, Balmes JR, Harrison RJ (1992) The Effect of Smoke Inhalation on Lung Function and Airway Responsiveness in Wildland Fire Fighters. *American Review of Respiratory Diseases* 146: 1469-1473.

Lobert JM, Scharffe DH, Hao WM, Kuhlbusch TA, Seuwen R, Warneck P y Crutzen PJ (1991) Experimental evaluation of biomass burning emissions: nitrogen and carbon containing compounds. En: *Global Biomass Burning: Atmospheric, Climate, and Biospheric Implications*, editado por J.S. Levine, pp. 155-161, MIT Press, Cambridge, MA, Estados Unidos.

Long W, Tate RB, Neuman M, Manfreda J, Becker AB, Anthonisen NR (1998) Respiratory symptoms in a susceptible population due to burning of agricultural residue. *Chest* 113: 351-357.

Ludwig J, Marufu LT, Huber B, Andreae MO y Helas G (1999) Combustion of biomass fuels in developing countries: A major source of atmospheric pollutants (en preparación).

McKenzie LM, Hao WM, Richards GN, Ward DE (1995) Measurement and modelling of air toxins from smouldering combustion of biomass. *Environmental Science and Technology*, vol. 29, No. 8, pp. 2.047-2.054.

Miller BR, Huang J, Weiss RF, Prinn RG, Fraser PJ (1998) Atmospheric trend and lifetime of chlorodifluoromethane (HCFC-22) and the global tropospheric OH concentration, *Journal of Geophysical Research*, 103, 13237-13248.

Morawska L, Thomas S (1999) Particle size characteristics from vegetation burning. En preparación para ser publicado.

Morawska L, Thomas S, Bofinger ND, Wainwright D y Neale D (1998) Comprehensive characterization of aerosols in a subtropical urban atmosphere: particle size distribution and correlation with gaseous pollutants. *Atmospheric Environment*, 32: 2.461-2.478.

McMahon CK y Tsoukalas S (1978) Polynuclear aromatic hydrocarbons in forest fire smoke. En: P.W. Jones y R.I. Freudenthal, eds. Carcinogenesis, vol. 3: Polynuclear Aromatic Hydrocarbons. Raven Press, Nueva York.

MIDAS (1997a) SPOT Satellite Images, Manchester Information Datasets and Associated Services, Manchester, Reino Unido, véase <http://midas.ac.uk/maps/spot/spot1.html>

MIDAS (1997b) SPOT Satellite Images – The UK from Space. Manchester Information Datasets and Associated Services, Manchester, Reino Unido, véase <http://midas.ac.uk/maps/spot/spot3.html>

MTV (1998) Monitoring of Tropical Vegetation Group, Joint Research Centre, Ispra, Italia, véase [http://shark1.esrin.esa.it/FIRE/fire\\_Links.html](http://shark1.esrin.esa.it/FIRE/fire_Links.html); <http://www.mtv.jrc.it>

Naciones Unidas (1997) Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Naciones Unidas, FCCC/CP/1997/L.7/Add.1, 10 de diciembre de 1997.

NASA (1998) Geoscience Laser Altimeter System, National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, Estados Unidos, véase <http://icesat.gsfc.nasa.gov/lam/out/glas2.htm>

NASA (1999a) Terra – The EOS Flagship, National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, Estados Unidos, véase <http://terra.nasa.gov/>

NASA (1999b) Human Space Flight (HSF) – International Space Station, National Aeronautics and Space Administration, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, Estados Unidos, véase <http://www.spaceflight.nasa.gov/station/index.html>

NASDA (1998) Tropical Rainfall Measuring Mission TRMM, National Space Development Agency, Japón, véase [http://yyy.tksc.nasda.go.jp/Home/This/This-e/trmm\\_e.html](http://yyy.tksc.nasda.go.jp/Home/This/This-e/trmm_e.html)

Nichol J (1997) Bioclimatic impacts of the 1994 smoke haze event in Southeast Asia. Atmospheric Environment 31: 1209-1219.

NIOSH (1995) Changes in occupational safety regulations will permit better respirators to protect against dust and disease, National Institute for Occupational Health and Safety, Washington DC, Estados Unidos, véase <http://www.saftek.com/niosh/press1.html>

NOAA (1999a) What is an El Niño?, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington DC, Estados Unidos, véase <http://www.pmel.noaa.gov/toga-ao/el-nino-story.html>

NOAA (1999b) El Niño – Southern Oscillation (ENSO) Homepage, National Oceanic and Atmospheric Administration, Washington DC, Estados Unidos, véase <http://www.ogp.noaa.gov/enso/>

OMM, GAW Report N°. 113, The Strategic Plan of the Global Atmosphere Watch (GAW), Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.

OMM-TD/N° 778 Documentation on RSMC support for environmental emergency response, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.

OMM-N° 8, Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation, 6<sup>ta</sup> Ed., Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.

OMM (1992) International Meteorological Vocabulary, OMM N° 182, Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.

OMS (1980) Glossary on Air Pollution. Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa, Copenhague, Dinamarca.

OMS (1987) Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Publications, European Series N°.23, Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa, Copenhague, Dinamarca.

OMS (1991) Acrolein. Environmental Health Criteria 127, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.

OMS (1992a) Indoor air pollution from biomass fuel. Reporte de una consulta de la OMS realizada en junio de 1991, WHO/PEP/92.3A, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.

OMS (1992b) Acute Effects on Health of Smog Episodes. WHO Regional Publications, European Series N°. 43, Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa, Copenhague, Dinamarca.

OMS (1995) Organización Mundial de la Salud, Update and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe, Oficina Regional de la OMS para Europa, Copenhague, Dinamarca.

OMS (1998a) Selected heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons, Environmental Health Criteria 202, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.

OMS (1998b) Healthy Cities Air Management Information System AMIS, CD ROM, 2<sup>da</sup> edición, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.

OMS (1998c) Organización Mundial de la Salud, WHO Bi-regional Workshop on Health Impacts of Haze-Related Air Pollution, 1 al 4 de junio de 1998, Kuala Lumpur, Malasia.

OMS (1999) Organización Mundial de la Salud, Air Quality Guidelines, Ginebra (próxima publicación).

OSHA (1998a) New respirator usage requirements – OSHA regulations effective October 5, 1998, Occupational Safety and Health Administration, US Department of Labor, Washington DC, Estados Unidos, véase <http://www.gmad.com/requirement.htm>

OSHA (1998b) OSHA regulations (Standards 29 CFR)–1910.134 Respiratory protection, Occupational Safety and Health Administration, US Department of Labor, Washington DC, Estados Unidos, véase [http://www.osha-slc.gov/SLTC/respiratory\\_advisor/oshfiles/1910\\_0134.html](http://www.osha-slc.gov/SLTC/respiratory_advisor/oshfiles/1910_0134.html)

Patashnick H, Rupprecht EG (1991) Continuous PM<sub>10</sub> measurements using the tapered element oscillating microbalance. *Journal of Air and Waste Management Association* 41: 1079-1083.

Pérez-Padilla R, Regalado J, Vedal S, Pare P, Chapela R, Sansores R, Selma M (1996) Exposure to Biomass Smoke and Chronic Airway Disease in Mexican Women. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 154: 701-706.

Phonboon K (1998) Smoke emissions characterization and assessment of health risks related to downwind air quality: Estudio de caso, Tailandia. (Documento base).

Pinto JP, Grant LD, Hartlage TA (1998a) Report on USEPA Air Monitoring of Haze in South East Asia Biomass Fires. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, National Center for Environmental Assessment, Research Triangle Park, NC, informe N°. EPA/600/R98/071 (Documento base).

Pinto JP, Stevens RK, Willis RD, Kellogg R, Mamane Y, Novak J, Šantroch J, Beneš I, Lenicek J, Bureš V (1998b) Czech air quality monitoring and receptor modelling study. *Environmental Science and Technology* 32: 843-854.

PNUMA (1999) Wildland Fires and the Environment: A Global Synthesis. UNEP/DEIAEW/TR.99-1, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

PNUMA/OMS (1994a) GEMS/Air Methodology Review Handbook Series, vol. 1: Quality Assurance in Urban Air Quality Monitoring, WHO/EOS/94.1, UNEP/GEMS/94.A.2, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

PNUMA/OMS (1994b) GEMS/Air Methodology Review Handbook Series, vol. 2: Primary Standard Calibration Methods and Network Intercalibrations for Air Quality Monitoring, WHO/EOS/94.2, UNEP/GEMS/94.A.3, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

PNUMA/OMS (1994c) GEMS/Air Methodology Review Handbook Series, vol. 3: Measurement of Suspended Particulate Matter in Ambient Air, WHO/EOS/94.3, UNEP/GEMS/94.A.4, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

PNUMA/OMS (1994d) GEMS/Air Methodology Review Handbook Series, vol. 4: Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality, WHO/EOS/94.4, UNEP/GEMS/94.A.5, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

Pope CA III (1989) Respiratory disease associated with community air pollution and a steel mill, Utah Valley. *American Journal of Public Health* 79: 623-628.

Pope CA III (1991) Respiratory hospital admissions associated with PM<sub>10</sub> pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. *Archives of Environmental Health* 46: 90-97.

Pope CA III, Schwartz J, Ransom MR (1992) Daily mortality and PM<sub>10</sub> pollution in Utah Valley. *Archives of Environmental Health* 47: 211-217.

Pope CA III, Thun MJ, Nambodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath Jr CW (1995) Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 151: 669-674.

Prins EM y Menzel PW (1996) Investigation of biomass burning and aerosol loading and transport utilizing geostationary satellite data. En *Biomass Burning and Global Change*, ed. J.S.Levine, pp.65-72, MIT Press, Cambridge, MA.

Prins EM, Felts JM, Menzel PW (1998) An overview of GOES-8 diurnal fire and smoke results for SCAR-B and the 1995 fire season. En *South Journal of Geophysical Research*, en prensa, diciembre de 1998.

Radke LF, Lyons JH, Hobbs PV, Hegg DA, Sandberg DV (1990) Airborne monitoring and smoke characterization of prescribed fires on forest lands in western Washington and Oregon — reporte final. Forest Service, Portland, OR. Pacific Northwest Research Station. Government Reports Announcements Index, Issue 16, FSGTR PNW 251.

Reinhardt TE, Hanneman A, Ottmar R (1994) Smoke exposure at prescribed burns. Final Report to USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station and University of Washington, Department of Environmental Health.

Reinhardt TE, Ottmar R (1997) Smoke exposure among wildland firefighters: A review and discussion of current literature. United States Department of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Research Station.

Rothmann N, Ford DP, Baser ME, Hansen JA, O'Toole T, Tockman MS, Strickman PT (1991) Pulmonary Function and Respiratory Symptoms in Wildland Firefighters. *Journal of Occupational Medicine* 33(11): 1163-1167.

Samah AA, Tick LJ (1992) Investigation of transport of air pollution in the Klang Valley, Kuala Lumpur, Malasia. *J. Fiz. Mal.*13: 18-28.

Sandoval J, Salas J, Martinez-Guerra ML, Gomez A, Martinez C, Portales A, Palomar A, Villegas M, Barrios R (1993) Pulmonary arterial hypertension and cor pulmonale associated with chronic domestic woodsmoke inhalation. *Chest* 103: 12-20.

SBRS (1997) MODIS LST Group Projects, Santa Barbara Remote Sensing, véase [http://www.icess.ucsb.edu/~wan/modis\\_projects.html](http://www.icess.ucsb.edu/~wan/modis_projects.html)

Schwartz J (1991) Particulate air pollution and daily mortality in Detroit. *Environmental Research* 56: 204-213.

Schwartz J (1993) Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama. *American Journal of Epidemiology* 137(10): 1136-1147.

Schwartz J (1994a) Air pollution and daily mortality: A review and meta analysis. *Environmental Research* 64: 36-52.

Schwartz J (1994b) Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Alabama. *American Journal of Epidemiology* 139: 589-598.

Schwartz J (1994c) PM<sub>10</sub>, ozone, and hospital admissions for the elderly in Minneapolis-St. Paul, Minnesota. *Archives of Environmental Health* 49: 366-374.

Schwartz J (1994d) What are people dying of on high air pollution days? *Environmental Research* 64: 26-35.

Schwartz J (1995) Short term fluctuations in air pollution and hospital admissions of the elderly for respiratory disease. *Thorax* 50: 531-538.

Schwartz J (1996) Air pollution and hospital admissions for respiratory disease. *Epidemiology* 7: 20-28.

Schwartz J, Dockery DW (1992a) Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *American Review of Respiratory Disease* 145: 600-604.

Schwartz J, Dockery DW (1992b) Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. *American Journal of Epidemiology* 135(1): 12-19; documento de discusión 20-25. [Erratum (1995): *American Journal of Epidemiology* 141:87].

Schwartz J, Slater D, Larson TV, Pierson WE, Koenig JQ (1993) Particulate air pollution and hospital emergency room visits for asthma in Seattle. *American Review of Respiratory Disease* 147: 826-831.

Serra A, Mocci F, Randaccio FS (1996) Pulmonary Function in Sardinian Fire Fighters. *American Journal of Industrial Medicine* 30: 78-82.

Setzer AW, Malingreau JP (1996) AVHRR monitoring of vegetation fires in the tropics: towards a global product. En *Biomass Burning and Global Change*, ed. J.S.Levine, cap. 3, MIT Press, Cambridge, Mass, pp. 48-81.

SFC (1998) NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, Estados Unidos, véase <http://nuclei.chem.howard.edu/~jhalpern/ASEE/research.htm>

Sharkey B ed. (1997) Health Hazards of Smoke: recommendations of the April 1997. Consensus Conference. Tech. Rep. 9751-2836-MTDC. Missoula, Mt: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center, 84 pp.

Singh HB, Herlth D, Kolyer R, Chatfield R, Viezee W, Salas LJ, Chen Y, Bradshaw JD, Sandholm ST, Talbot R, Gregory GL, Anderson B, Sachse GW, Browell E, Bachmeier AS, Blake DR, Heikes B, Jacob D, Fuelberg HE (1996) Impact of biomass burning emissions on the composition of the South American troposphere: Reactive nitrogen and ozone. *Journal of Geophysical Research*, 101: 24203-24219.

Smith KR (1993) Fuel combustion, air pollution exposure and health: The situation in developing countries. *Annual Review of Energy and Environment* 18: 529-566.

Smith KR (1996) Indoor air pollution in developing countries: Growing evidence of its role in the global disease burden, 7<sup>th</sup> International Conference on Indoor Air Quality and Climate, vol. 3, 33-44.

Smith MA, Jalaludin B, Byles B, Lim JE, Leeder SR (1996) Asthma presentations to emergency departments in western Sydney during the January 1994 Bushfires. *International Journal of Epidemiology* 25: 1.227-1.236.

Spix C, Heinrich J, Dockery D, Schwartz J, Voelksch G, Schinkowski K, Coellen C, Wichmann E (1993) Air pollution and daily mortality in Erfurt, Alemania oriental, 1980-1989. *Environmental Health Perspectives* 101: 518-526.

Subcommittee on Airborne Particles (1979) Airborne particles: Committee on Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants. University Park Press, Baltimore.

UNECE/FAO (1998) Forest Fire Statistics 1995-1997, UN Economy Commission for Europe/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Timber Bulletin, Vol. LI, N°.4. ECE/TIM/BULL/51/4, Nueva York, Ginebra, 19 pp.

USGS (1999a) United States Geological Survey, Woods Hole, MA, Estados Unidos, véase [http://obs.er.usgs.gov/index\\_text.html](http://obs.er.usgs.gov/index_text.html)

USGS (1999b) United States Geological Survey, Woods Hole, MA, Estados Unidos, véase <http://landsat7.usgs.gov/>

UW (1999) University of Wisconsin, Estados Unidos, véase <http://www.uwex.edu/disted/sat/>  
Wang Xiaobin, Hui Ding, Ryan L, Xu Xiping (1997) Association between air pollution and low birth weight: a community-based study. *Environmental Health Perspectives* 105: 514-520.

Wade DD, Ward DE (1973) An analysis of the Air Force bomb range fire. USDA Forest Service Research Paper SE-105, Southeastern Forest Experimental Station.

Walker D (1996) SPOT Satellite Data, Satellite pour l'Observation de la Terre (Satélite para la observación de la Tierra), véase <http://www.stile.lut.ac.uk/~gydrw/STILE/t0050008.html>

Ward DE, Core JE (1984) Source emission profiles for Douglas-fir and hemlock slash burning. En: Actas de la Pacific Northwest International Section Meeting of the Air Pollution Control Association, Portland, OR, noviembre de 1984, Pittsburgh, PA.

Ward DE, Hardy C (1989) Organic and elemental profiles for smoke from prescribed fires. En: Watson, J. G. Ed. Receptor models in air resources management: Transactions of an international specialty conference of the Air and Waste Management Association. San Francisco, CA. Pittsburgh, PA: 299-321.

Ward DE, Rothman N, Strickland P (1989) The effects of forest fire smoke on firefighters ► a comprehensive study plan. A special report for Congressional Committee of Appropriations for Title II► Related Agencies. USDA Forest Service and National Wildfire Coordinating Group, US Department of Agriculture, Forest Service Intermountain Research Station.

Ward DE, Hao WM, Peterson J (1993) An inventory of particulate matter and air toxic emissions from prescribed fires in the USA for 1989. En: Proceedings of the Air and Waste Management Association, 1993 Annual Meeting and Exhibition. Documento 93-MP-6.04.

Wedding JB, Weigand MA (1993) An automatic particle sampler with beta gauging. Journal of Air and Waste Management Association 43: 475-479.

Wilson R, Spengler J (1996) Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects. Harvard University Press, Boston.

Woodruff TJ, Grillo J, Schoendorf KC (1997) The relationship between selected causes of post-neonatal infant mortality and particulate air pollution in the United States. Environmental Health Perspectives 105: 608-612.

Yokelson RJ, Ward DE, Griffith DWT (1996) Open-path Fourier transform infrared studies of large-scale laboratory biomass fires. Journal of Geophysical Research 101 (D15): 21067-21080.

Yokelson RJ, Susott R, Ward DE, Reardon J, Griffith DWT (1997) Emissions from smouldering combustion of biomass measured by open-path Fourier transform infrared spectroscopy. Journal of Geophysical Research 102, 865-868, 877.

## Anexo B

### LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AC y CC	Aseguramiento de calidad y control de calidad
ACURATE	Atlantic Coast Unique Regional Atmospheric Tracer Experiment
AGU	American Geophysical Union, Washington DC, Estados Unidos
AIEA	Agencia Internacional de Energía Atómica, Viena, Austria
AMIS	Sistema de Información sobre la Gestión de la Calidad del Aire (Air Management Information System) (OMS, Ciudades Saludables)
ANATEX	Across North America Tracer Experiment
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASEAN	Asociación de Naciones del Asia Sudoriental, Tokio, Japón
ASMA	Alam Sekitar Malaysia Sdn Bhd, Kuala Lumpur, Malasia
ASMC	ASEAN Specialized Meteorological Center
B[a]P	Benzo[a]pireno
BAD	Banco Asiático de Desarrollo, Manila, Filipinas
BIBEX	Biomass Burning Experiment (IGBP-IGAC)
BIRD	Biospectral Infrared Detection Microsatellite Mission (DLR)
BLM	US Bureau of Land Management
CADR	Clean Air Delivery Rate
CAPTEX	Cross Appalachian Tracer Experiment
CAS	Commision for Atmospheric Sciencies, OMS
CDAS	Climate Data Assimilation System
CDS	Comisión para el Desarrollo Sustentable
CE DG	Comisión Europea – Dirección General
CEN	Comité Europeo de Normalización
CEPE	Comunidad Económica para Europa
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CFC	Clorofluorocarbono
CFR	Code of Federal Regulations
CH <sub>4</sub>	Metano
CIFOR	Centro de Investigación Forestal Internacional
CMD	Cyclopedic Medical Dictionary
CMRE	Centros Meteorológicos Regionales Especializados de la OMM
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, junio de 1992)
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
COV	Compuestos orgánicos volátiles
CP	Conferencia de las partes
CPI	Centro de Procesamiento de Imágenes
CSA	Canadian Space Agency

CSIRO	Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization
CSR	Centro de Sensoramiento Remoto de IBAMA
CTBT	Comprehensive Test Ban Treaty
DAO	Data Assimilation Office en el Goddard SFC de la NASA, Maryland, Estados Unidos
DIRDN	Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Centro Aeroespacial de Alemania)
DMSP	Defense Meteorological Satellite Programme
ECMWF	European Center for Medium Range Weather Forecasts
ECPC	Experimental Climate Prediction Center
EDC	EROS Data Center
EEPSEA	Economy and Environment Program for SE Asia
EHA	Emergencies and Humanitarian Action, OMS, PHE, Ginebra
ENSO	El Niño Southern Oscillation (Oscilaciones del clima provocadas por El Niño)
EOS-AM1	Satélite del sistema de observación de la Tierra (Earth Observing System, actualmente TERRA; con imágenes de órbitas a las 10.00)
EOSDIS	Sistema de información y datos de observación de la Tierra (Earth Observing System Data and Information System)
EOS-PM1	Satélite del sistema de observación de la Tierra (con imágenes de órbitas a las 13.00)
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency)
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
ERA	ECMWF Re-analysis Archive
ERIAM	Espectrorradiómetro de imágenes de ángulos múltiples (Multi-angle Imaging Spectro-radiometer, MISR)
ERIRM	Espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer, MODIS)
EROS	Sistema de observación de los recursos terrestres del USGS (Earth Resources Observation System of the USGS)
ERS	Satélite de detección a distancia de la ESA (ESA Remote Sensing Satellite)
ESA	Agencia Espacial Europea (European Space Agency)
ESRIN	European Space Research Institute
ETCO	Escáner de la temperatura y color del océano
ETEX	European Tracer Experiment
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FCCC	Framework Convention on Climate Change
FGGE	First GARP Global Experiment
GEF	Global Environmental Facility
GEMINI	Global Emergency Management Information Network Initiative
GEMS	Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente (PNUMA/OMS) (Global Environmental Monitoring System)
GFMC	Global Fire Monitoring Center
GLAS	Geoscience Laser Altimeter System
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
GRIB	Gridded Binary format

GURME	GAW Urban Research Meteorology and Environment
H <sub>2</sub> S <sub>2</sub>	Disulfuro de hidrógeno
HAP	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (polinucleares)
HCHO	Formaldehído
HM	Trazador de metano pesado
HNO <sub>3</sub>	Ácido nítrico
HSF	Human Space Flight
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambientel dos Recursos Naturais Renováveis (Instituto Brasileño para el Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables)
IBFRA	Asociación Internacional de Investigación de los Bosques Boreales (International Boreal Forest Research Association)
ICA	Índice de contaminación del aire
IEC	Índice estándar de contaminantes de la EPA
IGAC	International Global Atmospheric Chemistry (Proyecto)
IGBP	International Geosphere Biosphere Programme
INPE-CPTEC	Instituto de Pesquisas Especiais (Agencia Aeroespacial Civil del Brasil, São José dos Campos, São Paulo, Brasil)
INV	Índice normalizado de vegetación
ISO	Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)
ISS	Estación Espacial Internacional (International Space Station)
ITTA	International Tropical Timber Agreement
ITTC	International Tropical Timber Council
ITTO	International Tropical Timber Organization
IUFRO	Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (International Union of Forestry Research Organizations)
JRC	Joint Research Centre, Ispra
LANDSAT	Land (detección a distancia) Satellite (satélite terrestre)
LIDAR	Instrumento de detección y medición del alcance de la luz (Light detection and ranging instrument)
LPC	Laboratorio de propulsión a chorro
LST	Temperatura de la superficie terrestre (Land-surface temperature)
MAPS	Medición de la contaminación atmosférica a través de satélites (Measurement of atmospheric pollution from satellites)
MCT	Medición de la contaminación en la troposfera
METEOSAT	Meteorological Satellite (Satélite meteorológico)
MIDAS	Manchester Information Datasets and Associated Services
MIR	Estación espacial “de paz” rusa
MP	Material particulado sin considerar el tamaño de las partículas
MP <sub>10</sub>	Concentración de partículas con diámetros aerodinámicos inferiores a 10 micrómetros.
MP <sub>2,5</sub>	Concentración de partículas con diámetros aerodinámicos inferiores a 2,5 micrómetros.
MTA	Modelo de Transporte Atmosférico
MVT	Monitoreo de la Vegetación Tropical

NAAQS	Normas nacionales de calidad del aire ambiental (National ambient air quality standard)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Estados Unidos)
NASDA	National Space Development Agency (Japón)
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Centers for Environmental Prediction (antes, NMC)
NH <sub>3</sub>	Amoniaco
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NMC	National Meteorological Center
NMHS	National Meteorological and Hydrological Service
NO	Óxido de nitrógeno
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration de los Estados Unidos
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
O <sub>3</sub>	Ozono
OEH	Occupational and Environmental Health, OMS, PHE, Ginebra
OH	Radical hidroxilo
OIAC	Organización Internacional de Aviación Civil
OIT	Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, Suiza
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización no gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OPS	Organización Panamericana de la Salud
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PANN	Plan de Acción Nacional en caso de Neblina (National Haze Action Plan, NHAP)
PARN	Plan de Acción Regional en caso de Neblina (Regional Haze Action Plan, RHAP)
PARTS	Programme to Address ASEAN Regional Transboundary Smoke (Programa para Manejar el Humo Transfronterizo en la Región de ASEAN)
PFT	Trazador de perfluorocarbono
PHE	Department for Protection of the Human Environment, OMS, Ginebra
PMIA	Programa Mundial de Investigación Atmosférica (OMM)
PNC	Predicción Numérica del Clima
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POLDER	Polarization and directionality of the earth's reflectances
PROARCO	Programa de Prevenção e Controle de Queimadas e de Combate aos Incêndios Florestais no ARCO do Desflorestamento da Amazônia
RADARSAT	Satélite canadiense de observación de la Tierra (Canadian Space Agency/Canada Center for Remote Sensing) con equipo SAR.
REALT	Radiómetro de escaneo a lo largo de una trayectoria (Along track scanning radiometer, ATSR)
RAMAR	Radiómetro avanzado de muy alta resolución (Advanced very high resolution radiometer, AVHRR)

REM	Radioactivity Environmental Monitoring Data Bank en JRC, Ispra
RI	Radiación Infrarroja
RISO	Riso Research Institute, Roskilde, Dinamarca
RU	Reino Unido
SAFARI	Southern Africa Fire-Atmosphere Research Initiative
SAG	Scientific Advisory Groups in the GAW programme
SAR	Synthetic Aperture Radar (radar de apertura sintética)
SBRS	Santa Barbara Remote Sensing
SFC	Space Flight Center
SIG	Sistema de Información Geográfica
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
SOP	Procedimiento normalizado de operación (Standard operating procedure)
SPOT	Système pour l'Observation de la Terre
STARE	Southern Tropical Atlantic Regional Experiment
TEOM	Tapered element oscillating microbalance
TOMS	Satélite para el monitoreo del ozono en la troposfera (Tropospheric Ozone Monitoring Satellite, TOMS)
TPS	Total de partículas suspendidas
TRACE-A	Transport of Atmospheric Chemistry Experiment – África
TRACT	Transporte de contaminantes del aire en un terreno complejo (Transport of air pollutants over complex terrain)
TRANSALP	Transalpine atmospheric transport simulation
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
TU	Tiempo universal (antes hora promedio según el observatorio de Greenwich)
TWA	Concentración promedio ponderada en relación con el tiempo para determinar el nivel de exposición a emisiones (Time weighted average)
UE	Unión Europea
UNDRO	Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastres (United Nations Disaster Relief Organization) (no está en operación)
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USDA	United States Department of Agriculture
USGS	United States Geological Survey
UV	Radiación ultravioleta
VIS	Imágenes visibles
VMA	Vigilancia Mundial de la Atmósfera
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza (World Wide Fund for Nature)

## Anexo C

### GLOSARIO

Este glosario contiene términos importantes sobre el control de incendios en zonas silvestres. Algunos de estos términos han sido extraídos de la United Nations Wildland Fire Management Terminology (FAO, 1986) y modificados para este documento (véanse también Pyne y otros [1996] y Goldammer y otros [1998])

Ácido nítrico	Líquido gaseoso incoloro o amarillento, cuya fórmula es $\text{HNO}_3$ . Es altamente corrosivo y su vapor es muy peligroso. El ácido nítrico y los nitratos (principalmente, el nitrato de amonio) se presentan en la atmósfera bajo la forma de aerosoles: el ácido se forma a partir de óxidos de nitrógeno y luego reacciona con el amoniaco para formar el nitrato de amonio (OMS, 1997).
Aerosol	Suspensión de partículas sólidas, líquidas o de ambos tipos en un medio gaseoso, con una velocidad de descenso mínima (ISO, 1994).
Análisis del tamaño de la partícula	Análisis de las dimensiones y la determinación de la forma de las partículas. Comprende las operaciones mediante las cuales se puede obtener la distribución del tamaño de la partícula (Willeke, 1993).
Áreas no inflamables	Franjas de tierra (20 a 300 metros) integradas a la planificación del control de incendios, donde se conserva la vegetación nativa menos inflamable o se modifica permanentemente la vegetación para controlar con mayor facilidad los incendios (a diferencia de los cortafuegos). Algunas áreas no inflamables contienen cortafuegos estrechos que pueden ser caminos o franjas estrechas construidas a mano. Durante los incendios, estos cortafuegos pueden hacerse rápidamente con herramientas manuales. Estas áreas tienen las ventajas de que previenen la erosión, proporcionan un lugar seguro para la labor de los bomberos, suponen bajos costos de mantenimiento y brindan una apariencia placentera.
Asma	Enfermedad producida por una mayor respuesta del tracto traqueobronquial a diversos estímulos, lo que causa una contracción paroxismal de las vías bronquiales (CMD, 1997). Véase también <i>paroxismo</i> .
Biomasa	Sustancia orgánica de origen biótico: microorganismos vivos o sustancias inertes como madera, residuos de cultivos o excremento animal.

Biótico	Relativo a la vida (Webster, 1994).
Bosque húmedo tropical	Bioma forestal situado en áreas que reciben no menos de 100 mm de lluvia por mes durante dos de cada tres años, con una temperatura media anual de 24 °C o más. Generalmente, es de baja cobertura y cerrado. Se subdivide en bosque lluvioso tropical y bosque caduco húmedo tropical (ITTO, 1997)
Bosque seco tropical	Bosque abierto con una cubierta continua de pasto. Se diferencia de otros bosques tropicales por su carácter estacional y su bajo nivel de precipitaciones. Incluye sabanas boscosas y con árboles.
Broncodilatador	Medicamento que expande los bronquios a través del relajamiento muscular (CMD, 1997).
Bronquiolitis	Inflamación de los bronquiolos (CMD, 1997).
Bronquiolo	Una de las subdivisiones más pequeñas de los bronquios (CMD, 1997).
Bronquios	Las dos divisiones principales que van desde la tráquea hasta los pulmones y permiten el paso del aire (CMD, 1997).
Bronquio terminal	Unas de las subdivisiones más pequeñas de los bronquios (CMD, 1997).
Bronquitis	Inflamación de la membrana mucosa de las vías bronquiales (CMD, 1997).
Bruma	Término aplicado a la suspensión de pequeñas gotas en un gas. En meteorología, está relacionada con la visibilidad a menos de 2 km, pero a más de 1 km (ISO, 1994). Véase también <i>niebla</i> .
Calor	Energía térmica y transferencia de energía térmica.
Cáncer al pulmón	Cáncer que puede aparecer en la tráquea, en las bolsas de aire y en otras vías pulmonares. Puede aparecer como una úlcera en la tráquea, como un nódulo o masa aplanada pequeña o en la superficie que bloquea los tubos de aire. Puede extenderse hacia el sistema linfático y los vasos sanguíneos (CMD, 1997).
Capa de inversión	Capa atmosférica donde la temperatura aumenta o permanece constante con la altura (OMM, 1992).

Capa de mezcla	Capa adyacente a la superficie terrestre que se mezcla por convección, turbulencia inducida por fricción o ambas (OMM, 1992).
Capa de ozono	Capa atmosférica que se encuentra aproximadamente entre 10 y 50 km sobre la superficie terrestre, donde el porcentaje de ozono es relativamente alto. Por lo general, la concentración máxima ocurre a 20 ó 25 km (OMM). Brinda una protección efectiva contra los rayos solares ultravioletas (OMS, 1980).
Cardiovascular	Relativo al corazón y a los vasos sanguíneos (CMD, 1997).
Clasificación de peligros de incendios	Componente del sistema de control de incendios que integra los efectos de los peligros de incendios seleccionados en uno o más índices cualitativos o numéricos de las necesidades de protección (ITTO, 1997).
Clima	Síntesis de las condiciones climáticas en un área específica, caracterizada por estadísticas de largo plazo (valores medios, variaciones, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos (OMM, 1992).
Clorofluorocarbonos	Compuestos orgánicos derivados de la sustitución completa de átomos de hidrógeno en el metano y etano por átomos de flúor y cloro. Son gases incoloros, inodoros, que contienen carbono, cloro y flúor; su sigla es CFC. Son muy estables en la troposfera, pero inestables en la estratosfera. Se sabe que contribuyen al agotamiento del ozono en la estratosfera (OMS, 1990).
Combustible	Todo material orgánico que se puede encender, presente en bosques y otras formas de vegetación, incluidos los sistemas agrícolas (ITTO, 1997).
Combustibles aéreos	Combustibles forestales fijos que no tienen contacto directo con el terreno y constan principalmente de hojas, tallos, ramas, troncos, cortezas, lianas y otras parras. Por lo general, se secan fácilmente y pueden conducir los incendios superficiales hacia la vegetación (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Combustibles escalonados	Combustibles que brindan una continuidad vertical entre los estratos. El incendio puede transportar con relativa facilidad los combustibles desde la superficie hasta las copas de los árboles o arbustos y contribuir con el inicio y propagación de incendios de copas (FAO, 1986; ITTO, 1997).

Combustión	Reacción química en la cual un material se combina con el oxígeno durante la evolución del calor: “quema”. La quema de combustibles que contienen carbono e hidrógeno se completa cuando ambos elementos se oxidan totalmente con dióxido de carbono y el agua. La combustión incompleta puede generar (1) cantidades apreciables de carbono en la ceniza, (2) emisión de parte del carbono en forma de monóxido de carbono y (3) reacción de las moléculas combustibles para producir una variedad de productos más complejos que las moléculas combustibles en sí (cuando estos productos no sufren combustión, son emitidos en forma de humo) (OMS, 1980).
Condensación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Transición del estado gaseoso al líquido.</li> <li>2. Proceso físico mediante el cual el vapor de agua se transforma en rocío, niebla o pequeñas gotas de nube (OMS, 1992)</li> </ol>
Control de humos	Véase <i>reducción de humos</i> .
Control de incendio	Completar una línea de control alrededor de un incendio y, por ende, de todo incendio puntual e isla interior que se quiera salvar, y enfriar todas las “manchas” calientes que representen una amenaza inmediata para la línea de control hasta que ésta se mantenga bajo condiciones previsibles (ITTO, 1997).
Convección	Movimientos internos organizados dentro de una capa o aire que conducen al transporte vertical del calor, <i>momentum</i> , etc. (OMM, 1992). En el aire, la convección se produce con mayor frecuencia debido a la capacidad de flotamiento de una masa de aire en contacto con una superficie caliente, lo que produce una corriente vertical de aire sobre la superficie. La convección también puede ocurrir por la mecánica de corrientes y remolinos de aire, como cuando el aire pasa sobre un terreno elevado.
Cortafuego	Cualquier discontinuidad natural o construida para separar, detener y controlar la propagación de un incendio o brindar una línea de control para suprimirlo; se caracteriza por la falta total de combustibles bajo el suelo mineral (a diferencia del área no inflamable) (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Departamento de emergencias	Término usado en ocasiones, para Sala de Emergencias (CMD, 1997).
Detección a distancia	Identificación de sustancias, emisiones o parámetros meteorológicos en la atmósfera a través de instrumentos que no tienen un contacto físico directo con la muestra examinada (ISO, 1994). Según la

OMM, la detección a distancia se define como la recopilación y registro de datos desde un punto distante; por ejemplo, observaciones de la atmósfera basadas en radares y satélites a diferencia de la detección en el terreno *in situ* (OMS, 1992).

Diámetro aerodinámico de las partículas

Diámetro de una esfera de  $1 \text{ g/cm}^3$  de densidad con la misma velocidad terminal que la partícula debido a la fuerza gravitacional en el aire en condiciones predominantes de temperatura, presión y humedad relativa (ISO, 1995).

Diámetro equivalente

Diámetro de una partícula esférica de la misma densidad que, relacionada con un fenómeno o propiedad específica (por ejemplo, la velocidad en caída libre; el área superficial, el volumen y las propiedades aerodinámicas), se comportaría como la partícula investigada (Willeke, 1993).

Dióxido de carbono

Gas incoloro, inodoro, no combustible, cuya fórmula es  $\text{CO}_2$ . Es un componente común del aire y pesa aproximadamente 50% más que éste. Se forma a partir de ciertos procesos naturales (véase *ciclo del carbono*) y por la quema de combustibles que contienen carbono. Se ha calculado que la cantidad de dióxido de carbono presente en el aire aumenta 0,27% al año. Si bien las concentraciones locales de dióxido de carbono en el aire solo alcanzan niveles peligrosos para la salud en casos excepcionales, cumplen una función significativa en el deterioro de piedras y la corrosión (OMS, 1980).

Dióxido de nitrógeno

Véase *óxidos de nitrógeno*.

Disnea

Fatiga o dificultad para respirar, acompañada a veces de dolor (CMD, 1997).

Distribución del tamaño de la partícula

Distribución de los diámetros equivalentes de las partículas en una muestra o proporción de partículas cuyo diámetro equivalente se encuentra dentro de límites definidos (Willeke, 1993).

Efecto adverso

Cambio en la morfología, fisiología, crecimiento, desarrollo o ciclo de vida de un organismo, que deteriora su capacidad funcional o su capacidad para compensar el estrés adicional e incrementa su sensibilidad a los efectos dañinos de otras influencias ambientales (OMS, 1994).

Elevación de la pluma

Altura de la línea central de una pluma por encima del nivel en que fue emitida a la atmósfera (ISO, 1994).

Enfermedad	Condición patológica del cuerpo que presenta una serie de signos clínicos, síntomas y hallazgos de laboratorio pertinentes y que la identifican como una entidad anormal que difiere de otra condición normal o patológica (CMD, 1997).
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)	Enfermedad que reduce la capacidad de ventilación de los pulmones. Los criterios diagnósticos incluyen un historial de disnea persistente, con o sin tos crónica, y menos de la mitad de la capacidad normal de respiración máxima prevista. Las enfermedades que causan esta condición son la bronquitis crónica, el enfisema pulmonar, el asma crónico y la bronquiolitis crónica (CMD, 1997).
Enfisema	Enfermedad pulmonar crónica marcada por un incremento anormal de los espacios distales del aire (los más distantes del centro) hacia los bronquiolos terminales, lo que produce cambios destructivos en sus paredes (CMD, 1997).
Espiración	Expulsión de aire de los pulmones al respirar. Normalmente, la duración de la espiración es menor que la de la inspiración. Por lo general, si la espiración dura más que la inspiración, ello se debe a la presencia de una condición patológica tal como enfisema o asma (CMD, 1997).
Espirometría	Medición de la capacidad de aire de los pulmones (CMD, 1997).
Evaluación de la exposición	Evaluación cuantitativa o cualitativa del contacto de una sustancia química con la parte externa del cuerpo humano que incluye intensidad, frecuencia y duración del contacto, vía de exposición (por ejemplo, dérmica, oral o respiratoria), tasas (tasas de ingestión química), cantidad resultante que excede el límite (dosis) y cantidad absorbida (dosis interna) (OMS, 1999).
Expansión en abanico	Formación de una pluma de contaminación que se expande más hacia los lados que en dirección vertical. A menudo, la expansión lateral se produce por un cambio en la dirección del viento debido a la altura, mientras que la expansión vertical es inhibida por la estabilidad térmica (OMM, 1992).
Expansión en ascenso	Pluma de contaminación de base plana, pero de gran expansión vertical, lo que indica una atmósfera estáticamente estable hasta la base de la pluma e inestable por encima de ella (OMM, 1992).

Expansión en espiral	Formación de una pluma de contaminación distorsionada por grandes remolinos verticales en una atmósfera inestable (OMM, 1992).
Expansión en forma de cono	Formación de una pluma de contaminación que se expande a sotavento de una fuente en forma de cono. Por lo general, ocurre en un ambiente de estabilidad casi neutral (OMM, 1992).
Exposición	La exposición a un producto químico consiste en el contacto de éste con el límite exterior del cuerpo humano, es decir, la piel y las aberturas del cuerpo tales como la boca, los orificios nasales, cortes y lesiones (OMS, 1999).
Forzamiento del clima	Fuerza que ejerce una perturbación climática.
Fuego de contención	Incendio que se produce entre el incendio principal y el contrafuego para acelerar la propagación de este último. El fuego de contención a veces se denomina <i>incendio frontal</i> (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Función	Realización de una actividad especial. La función normal es la actividad normal de un órgano. El funcionamiento anormal o la deficiencia de un órgano para realizar su actividad es el inicio de una enfermedad o de procesos que pueden producir una enfermedad (CMD, 1997).
Gradiente adiabático	Gradiente vertical de temperatura de una masa de aire (OMM, 1992).
Gradiente adiabático seco	Gradiente adiabático de aire seco y aire húmedo no saturado. Su valor es aproximadamente 10 °C/km (ISO, 1994; OMM, 1992).
Gradiente vertical	Tasa de cambio de cualquier elemento meteorológico con la altura (OMM, 1992).
Hidrocarburo	Compuesto orgánico que contiene solo carbono e hidrógeno. Los átomos de carbono pueden ordenarse en cadenas abiertas, con o sin ramificaciones, o en anillos cerrados. Existen dos tipos de hidrocarburos de anillo: <i>compuestos alicíclicos</i> , que consisten en tres o más átomos de carbono ordenados en un anillo cerrado (cuyas propiedades son similares a las de los compuestos de cadena abierta, de igual masa molecular) y <i>compuestos aromáticos</i> . La estructura molecular de los compuestos aromáticos se basa en la del benceno, el miembro más simple de la clase, que contiene seis átomos de carbono unidos por tres enlaces simples y tres enlaces dobles de

carbono-carbono. Si contienen dos o más anillos, estos compuestos se describen como *policíclicos*; también se usa el término “polinuclear” (como en “hidrocarburo aromático polinuclear”, abreviado frecuentemente como HAP). Los hidrocarburos de cadena abierta son los componentes principales de la gasolina y otros combustibles de petróleo. Aun en elevadas concentraciones, estos compuestos no son considerados un riesgo para la salud. Sin embargo, muchos hidrocarburos aromáticos son altamente tóxicos (OMS, 1980; OMS, 1997). Los ejemplos de hidrocarburos aromáticos policíclicos incluyen el antraceno, el naftaleno y el benzo[a]pireno (OMS, 1980).

Hidrocarburo  
aromático policíclico

Véase *hidrocarburo*.

Hidrocarburo  
aromático polinuclear

Véase *hidrocarburo*.

Hidrógeno

Gas incoloro, inodoro, inflamable, que se combina químicamente con el oxígeno para formar agua. También se forma en las plumas de combustión (OMS, 1980).

Hollín

Material particulado carbonoso formado al azar y que puede ser grueso, fino o coloidal, según su origen. El hollín consta de cantidades variables de sólidos carbonosos e inorgánicos junto con alquitranes y resinas absorbidas y ocluidas.

Observaciones: subproducto no deseado de la combustión incompleta o pirólisis. El hollín generado dentro de las llamas consiste esencialmente en agregados de esferas de carbono. Si bien el hollín encontrado en las chimeneas domésticas contiene pocos agregados, puede incluir cantidades sustanciales de fragmentos particulados de coque o carbón de leña. El hollín de los motores diesel contiene básicamente agregados, alquitranes y resinas.

Humedad relativa del aire  
húmedo respecto al agua

Proporción de la fracción molecular de vapor de agua en el aire en relación con la fracción molecular correspondiente si el aire se saturara con respecto al agua a una presión y temperatura específica (OMM, 1992). Véase también *humedad*.

Humo

Aerosol producido por combustión, descomposición térmica o evaporación térmica. Sus partículas pueden ser sólidas (humo del óxido de magnesio) o líquidas (humo del tabaco) (IUPAC, 1997). La definición estándar internacional de *humo* es: “un aerosol visible producido generalmente por la combustión” (ISO, 1994). La OMM

define el humo como una suspensión atmosférica de partículas pequeñas producida por la combustión (OMM, 1992).

Humo de la biomasa	Término usado para designar el humo generado por la quema de biomasa.
Incendio de copas	Incendio que se expande por árboles o arbustos de copa en copa, de manera más o menos independiente del incendio superficial (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Incendio destructivo	Incendio que ocurre en una zona silvestre, a menos que sea prescrito (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Incendio en el terreno	Incendio en un terreno orgánico, por ejemplo, pantanos tropicales secos y capas de turba (ITTO, 1997).
Incendios en zonas silvestres	Según el pensamiento contemporáneo, existen dos categorías de incendios en zonas silvestres: incendios destructivos e incendios prescritos. Un incendio destructivo es uno no deseado y para cuyo control, por lo tanto, se deben adoptar medidas. Un incendio prescrito es deseado o al menos cumple con los objetivos del manejo y, por ello, se lo promueve. La propagación de incendios es el estado transitorio entre un incendio prescrito y un incendio destructivo (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Incendio masivo	Incendio producido por varias igniciones simultáneas. Estos incendios generan altos niveles de energía (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Incendio prescrito	Incendio incluido en la prescripción. Puede originarse por igniciones planificadas o no planificadas.
Incendio superficial	Incendio que solo quema basura en la superficie, otros residuos del suelo forestal y pequeñas cantidades de vegetación (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Información sobre incendios	Toda la infraestructura, redes de comunicación, bases de datos y otros hardware y software que brindan datos a un sistema de provisión de información para la toma de decisiones sobre el control de incendios (ITTO, 1997).
Interfaz zona silvestre/ zona residencial	Línea, área o zona donde las estructuras y otras obras humanas se encuentran o confunden con combustibles vegetales o zonas silvestres no explotadas (ITTO, 1997).

Inversión de la temperatura	Distribución vertical de la temperatura, de manera que esta aumente con la altura (OMM, 1992).
Luz infrarroja	Rayos invisibles del espectro que se encuentran fuera del extremo rojo del espectro visible, irradiado por calor.
Lluvia	Precipitación de partículas de agua, en forma de gotas de más de 0,5 mm de diámetro u otras más pequeñas ampliamente dispersas (OMM, 1992).
Manejo de humos	Aplicación de los conocimientos sobre el comportamiento de los incendios y los procesos meteorológicos para minimizar el deterioro de la calidad del aire durante los incendios prescritos.
Manejo de incendios	Todas las actividades requeridas para la protección de los valores forestales contra los incendios y el uso de estos para cumplir con los objetivos y metas del manejo de tierras (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Marcador biológico	Cualquier parámetro usado para medir la interacción entre un sistema biológico y un agente ambiental, ya sea químico, físico o biológico (OMS, 1993).
Materia particulada suspendida	Las partículas sólidas y líquidas en el aire que son lo suficientemente pequeñas para no sedimentarse en la superficie terrestre debido a la gravedad. También se define como el material que puede removerse del aire al pasar por un filtro adecuado (Willeke, 1993). Véase también: <i>aerosol</i> , <i>polvo</i> .
Metano	Gas incoloro, inodoro, cuya fórmula es CH <sub>4</sub> . Es inflamable y con el aire produce mezclas explosivas. El metano es el componente principal de la mayoría de los gases naturales y un elemento importante del gas de carbón. Se forma a partir de la descomposición de la materia orgánica, por ejemplo, en los pantanos. El término común usado para denominar a este tipo de gas es “gas de los pantanos” (OMS, 1980).
Monóxido de carbono	Gas incoloro, casi inodoro, insípido, inflamable, cuya fórmula es CO. Se produce a partir de la combustión incompleta de materiales orgánicos (por ejemplo, en los motores de los automóviles) y normalmente se presenta en cantidades traza en la atmósfera. A concentraciones mayores de 100 cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> (0,01%), es altamente tóxico. Su afinidad con la hemoglobina (con la que forma carboxihemoglobina) es aproximadamente 200 y 300 veces la del oxígeno y sus efectos incluyen la reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina y la muerte por asfixia. Al

igual que las concentraciones de humo de tabaco en ambientes no ventilados, las de monóxido de carbono en la ciudad (generadas principalmente por los tubos de escape de los vehículos) pueden ser lo suficientemente altas para generar preocupación (OMS, 1980).

Morbilidad	Número de personas enfermas o casos de enfermedades en relación con una población específica (CMD, 1997).
Mortalidad	Proporción de muertes; razón entre el número de muertes y una población (CMD, 1997).
Muestreo	Recolección de una porción representativa para someterla a análisis y pruebas (OMS, 1980). El <i>muestreo continuo</i> es un muestreo ininterrumpido y se realiza durante una operación o por un periodo determinado. El <i>muestreo al azar</i> o <i>muestreo puntual</i> se realiza durante un tiempo muy corto (ISO, 1994).
Neblina	Suspensión de partículas sumamente pequeñas (secas) en la atmósfera. Si bien estas partículas no se pueden observar a simple vista, son lo suficientemente numerosas para dar a la atmósfera una apariencia opalescente y una visibilidad reducida (ISO, 1994; OMM 1992).
Niebla	Como estándar internacional, la niebla es un término general referido a la suspensión de gotas pequeñas en un gas. En meteorología, se refiere a la suspensión de gotas pequeñas de agua que produce una visibilidad de menos de 1 km (ISO, 1994). La OMM define la niebla como la suspensión de gotas pequeñas de agua (con frecuencia, microscópicas) en el aire que también reduce la visibilidad horizontal en la superficie terrestre a menos de 1 km (OMM, 1992).
Nitrato	Véase <i>ácido nítrico</i> .
Nitrógeno	Elemento gaseoso, cuyo número atómico es 7, masa atómica relativa 14,0067 gn y símbolo, N. Es el componente principal del aire (78% de su volumen).
Núcleo	Partícula de cualquier naturaleza en la cual se acumulan moléculas de agua o hielo debido al cambio a un estado más condensado (OMM, 1992).
Núcleo de condensación	Núcleo donde el vapor de agua se puede condensar (OMS, 1992).
Oxidación	Transformación de un sustrato orgánico que se puede dividir racionalmente en etapas o cambios básicos, estos últimos consisten

en la remoción de uno o varios electrones del sustrato, seguida o precedida por un aumento o pérdida de agua o de iones de hidróxido o por una sustitución nucleofílica con agua o viceversa o por una redistribución molecular (intramolecular) (IUPAC, 1997).

Oxidante  
(en química atmosférica)

Es un término sumamente cualitativo que incluye a todos los gases traza con mayor potencial de oxidación que el oxígeno (por ejemplo, el ozono, el nitrato peroxiacetil, el peróxido de hidrógeno, los peróxidos orgánicos, el  $\text{NO}_3$ , etc.). En la medida de lo posible, se recomienda usar términos definitivos que determinen el oxidante específico de interés (IUPAC, 1997).

Óxidos de nitrógeno

Serie de siete compuestos, de los cuales solo tres son importantes en la atmósfera. El *óxido dinitrógeno* (óxido nitroso), cuya fórmula es  $\text{N}_2\text{O}$ , es un gas incoloro que cumple una función importante dentro del ciclo del nitrógeno. Es el compuesto de nitrógeno de mayor abundancia en la atmósfera y un gas invernadero; sin embargo, no es peligroso como contaminante. El *óxido de nitrógeno* (óxido nítrico), cuya fórmula es  $\text{NO}$ , es un gas tóxico incoloro que reacciona fácilmente con el oxígeno (y muy rápidamente con el ozono) para formar dióxido. Se forma a partir de procesos de combustión, por ejemplo, en calderas y motores de combustión interna. El  $\text{NO}$  participa activamente en las reacciones atmosféricas que producen *smog fotoquímico*. El dióxido de nitrógeno, cuya fórmula es  $\text{NO}_2$ , es un gas tóxico pardo rojizo. A temperaturas ordinarias, el vapor es una mezcla equilibrada de  $\text{NO}_2$  y el dímero  $\text{N}_2\text{O}_4$  (tetróxido de dinitrógeno); cuando se calienta, este último se disocia y aumenta el contenido de  $\text{NO}_2$ . A temperaturas mayores de  $140\text{ }^\circ\text{C}$ , el  $\text{NO}_2$  se disocia en  $\text{NO}$  y oxígeno (OMS, 1997).

En la bibliografía sobre contaminación del aire, se usa el término “óxidos de nitrógeno” y la fórmula  $\text{NO}_2$  para la mezcla de  $\text{NO}$  y  $\text{NO}_2$  en el aire (OMS, 1997).

Óxido nítrico

Véase *óxidos de nitrógeno*.

Oxígeno

Elemento gaseoso, cuyo número atómico es 8, masa atómica relativa, 15,9994, y símbolo, O. El oxígeno es un gas incoloro e inodoro que permite la combustión en el aire. El oxígeno molecular ( $\text{O}_2$ ) constituye 20,95% del volumen de aire seco en la parte inferior de la atmósfera. El  $\text{O}_2$  es esencial para la conservación de casi todas las formas de vida. A una altitud mayor de 20 km, el oxígeno atómico se presenta en cantidades significativas y a 100 km, se encuentra en forma predominante. Para la forma triatómica del oxígeno, véase *ozono*.

Ozono	Alótopo triatómico de oxígeno; gas azul pálido con un olor acre característico, cuya fórmula es O <sub>3</sub> . Es un oxidante altamente reactivo, muy tóxico y a concentraciones mayores de 125 µg/m <sup>3</sup> , es considerado un contaminante importante (OMS, 1980). Se presenta de manera natural en la atmósfera y en altas concentraciones en la atmósfera superior, donde se forma a partir de la acción de la radiación solar ultravioleta. En la troposfera, se forma principalmente debido a reacciones fotoquímicas con hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.
Paciente externo	Persona que recibe tratamiento en un hospital, clínica o posta, pero no es hospitalizada (CMD, 1997).
Paroxismo	Ataque o reaparición súbita de los síntomas de una enfermedad; exacerbación de síntomas (CDM, 1997).
Partícula	Masa pequeña discreta de materia sólida o líquida (ISO, 1994).
Partículas finas	Partículas con diámetros aerodinámicos inferiores a 2,5 micrómetros.
Partículas ultrafinas	Partículas con diámetros aerodinámicos inferiores a 0,1 micrómetros.
Peligro de incendio	Complejo de combustibles definido por volumen, tipo, condición, orden y localización, que determina tanto la facilidad de ignición como la dificultad de supresión de incendios (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Peso bajo al nacer	Peso anormalmente bajo (generalmente de menos de 2.000 g) de un recién nacido (CMD, 1997).
Planificación de la etapa previa a la supresión	Todas las medidas de información y preparación previas a la ejecución de acciones de supresión de incendios (ITTO, 1997).
Planificación previa al ataque	Planificación de incendios dentro de porciones señaladas del terreno que incluye los siguientes elementos: ubicación de líneas de fuego, campamentos, fuentes de agua, lugares para helicópteros, sistemas de transporte, tasas probables de desplazamiento y limitaciones para este en diversos tipos de unidades de ataque, construcción de líneas de fuego específicas, tasa probable de construcción de líneas, limitaciones topográficas en la construcción de líneas, etc. (ITTO, 1997).

Pluma	Corriente de aire identificable, con una temperatura o composición diferente de la de su ambiente. Ejemplos: pluma de humo de una chimenea y pluma flotante producida por la convección del suelo caliente (OMM, 1992).
Polvo	Partículas sólidas pequeñas. Convencionalmente, son aquellas partículas con diámetros menores de 75 µm, que se sedimentan por su propio peso, pero que pueden permanecer suspendidas por algún tiempo (ISO, 1994). Los estándares nacionales pueden ser más específicos e incluir diámetros de la partícula o una definición en términos de un tamiz de abertura específica. El polvo se presenta en la atmósfera de manera natural y como resultado de las actividades humanas (Willeke, 1993).
Precipitación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hidrometeoro que comprende la caída de un conjunto de partículas. Las formas de precipitación son: lluvia, nieve, gránulos de nieve, bolas de nieve, polvo de diamante, granizo y bolas de hielo (WMO, 1992).</li> <li>2. Remoción del contenido de las masas de aire a un sustrato, generalmente la superficie.</li> </ol>
Precipitación en partículas	Remoción de los contaminantes del aire en un sustrato sin ayuda de lluvia, nubes ni niebla.
Precipitación por la lluvia	Remoción de contaminantes del aire mediante procesos de enjuague, lluvia, niebla y rocío.
Prevención de incendios	Todas las medidas de control de incendios, manejo y uso forestal, así como aquellas relacionadas con los usuarios del terreno y el público en general, que pueden prevenir incendios o reducir su gravedad y propagación (ITTO, 1997).
Quema controlada	Incendio prescrito que ocurre en un área específica y dentro de límites bien definidos. Se usa para reducir el peligro de combustión, como un tratamiento en la silvicultura o con ambos fines (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Quema prescrita	Aplicación controlada de incendios en vegetación en estado natural o modificado, bajo condiciones ambientales específicas para restringir el incendio a un área determinada y, a la vez, producir la intensidad de calor y la tasa de propagación requeridas para alcanzar los objetivos planificados del manejo de recursos (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Quema temprana	Quema prescrita a comienzos de la estación de sequía (antes de que el pasto, las hojas de árboles y la maleza se sequen completamente o

las hojas caigan) para evitar daños más graves causados por incendios futuros (ITTO, 1997).

Radical hidroxil	Radical univalente que contiene hidrógeno y oxígeno, OH, un oxidante sumamente efectivo en la atmósfera.
Reducción de humos	Medidas legales que se pueden adoptar en los ámbitos comunitario, regional o nacional para controlar la emisión de humos y así reducir la contaminación producida por estos (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Residuos forestales	Acumulación de materia viva o inerte (generalmente, árboles) que se suma a actividades humanas como el cultivo forestal, las actividades culturales y la roza (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Respiración	Acción de respirar (es decir, inhalar y exhalar), durante la cual los pulmones reciben aire a través de la inspiración y eliminan dióxido de carbono a través de la espiración (CMD, 1997).
Respirador	Máscaras especiales diseñadas para proteger a los trabajadores expuestos a los peligros de la salud ocupacional.
Respiratorio	Relativo a la respiración (CMD, 1997).
Retardante de la acción del fuego	Cualquier sustancia ► a excepción del agua►, que reduce la inflamabilidad de los combustibles o desacelera su tasa de combustión ya sea por una acción química o física. Por ejemplo, un líquido o pasta aguada aplicada desde el aire o el suelo durante una operación de supresión de incendios (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Sala de emergencias	Área de un hospital destinada a la atención de pacientes que presentan casos de emergencia (CMD, 1997).
Sequía	Ausencia prolongada o escasez marcada de precipitación (OMM, 1992).
Síntoma	Cualquier cambio perceptible en el cuerpo o en sus funciones que indica la presencia de una enfermedad o bien la clase o las fases de esta (CMD, 1997).
Síntoma respiratorio inferior	Síntoma en las vías respiratorias inferiores (es decir, desde la tráquea hasta los bronquiolos).
Síntoma respiratorio superior	Síntoma en las vías respiratorias superiores (es decir, desde la nariz hasta la laringe).

<i>Smog</i>	Neblina con un alto contenido de contaminantes (OMM, 1992). Véase también <i>smog fotoquímico</i> .
<i>Smog fotoquímico</i>	Resultado de las reacciones entre óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos y oxidantes en la atmósfera bajo la influencia de la luz solar que produce compuestos oxidantes y suele causar una visibilidad deficiente, irritación ocular o daño material y vegetal si está suficientemente concentrado (ISO, 1994).
Tasa	Velocidad o frecuencia de ocurrencia de un evento, generalmente expresada con respecto al tiempo o a algún otro patrón conocido (CMD, 1997). La <i>tasa de muerte o mortalidad</i> es el número de muertes en una población específica, con frecuencia expresada por 100.000 habitantes, durante un periodo determinado (por lo general, 1 año). La <i>tasa de morbilidad</i> consiste en el número de casos anuales de ciertas enfermedades en relación con la población en la cual ocurren. La <i>tasa de mortalidad infantil</i> es el número de muertes anuales de infantes menores de un año dividido entre el número de nacimientos ocurridos en el mismo periodo. La <i>tasa máxima de flujo de espiración</i> es la tasa máxima de exhalación durante la exhalación forzada, medida en litros por segundo o litros por minuto.
Tasa máxima de flujo de espiración	Véase <i>tasa</i> .
Tiempo de residencia (atmosférica)	Tiempo promedio de permanencia de una molécula o un aerosol en la atmósfera luego de ser emitido o generado. Para compuestos con fuentes y tasas de emisión bien definidas, el tiempo de residencia se calcula según la razón de la concentración promedio global de la sustancia en relación con su tasa de producción global. No solo depende de las tasas de emisión sino también de las de pérdida debido a procesos de remoción química y física (IUPAC, 1997).
Tormenta convectiva	Tormenta con movimientos aéreos masivos, verticales y fuertes (FAO, 1986).
Tráquea	Tubo cilíndrico que comprende desde la laringe hasta los bronquios primarios (CMD, 1997).
Valores en riesgo	Todos los recursos naturales y bienes materiales que pueden verse amenazados por un incendio (FAO, 1986; ITTO, 1997).
Vapor	Aerosol de partículas sólidas, generalmente de procesos metalúrgicos, producido por la condensación del estado gaseoso, por lo general después de la volatilización de sustancias derretidas y a

menudo acompañado de reacciones químicas tales como la oxidación (ISO, 1994). También comprende gases cargados con partículas provenientes de un proceso químico u operación metalúrgica (OMS, 1980). Con frecuencia, se usa el plural *vapores* para referirse a las nubes visibles de gas, vapor o aerosol con un olor desagradable y hediondo (OMS, 1980; ISO, 1994).

**Visibilidad** Mayor distancia a la cual se puede identificar un objeto negro de dimensiones apropiadas contra el cielo del horizonte, ya sea durante el día o la noche si la iluminación general llega al nivel normal de la luz del día (OMM, 1992).

**Volumen de espiración forzada (VEF)** Volumen de aire que puede espirarse después de una inspiración completa. La espiración se hace lo más rápido posible y el volumen se mide en momentos precisos: ½, 1, 2 y 3 segundos. Brinda información valiosa sobre la capacidad de expulsión de aire de los pulmones (CMD, 1997).

**Zona silvestre** Área donde el desarrollo básicamente no existe, a excepción de caminos, postes de electricidad y medios de transporte. Las construcciones, si las hay, están muy dispersas y se destinan principalmente a la recreación (FAO, 1986; ITTO, 1997).

## **Referencias**

CMD (1997) Taber's Cyclopedic Medical Dictionary. 18ª edición, FA Davis Company, Filadelfia.

FAO (1986) Wildland fire management terminology. FAO Forestry Paper 30. Organización para la Agricultura y la Alimentación, Roma.

FAO (1999) Draft Update of the FAO Wildland Fire Management Terminology. FAO y Global Fire Monitoring Center, Organización para la Agricultura y la Alimentación, Roma (en preparación).

Goldammer JG (1999) The Contribution of the Global Fire Monitoring Center (GFMC) for Early Warning and Management of Wildfires. Documento presentado en la UNESCO International Scientific Conference on Fires in the Mediterranean Forests, Atenas, 3 al 6 de febrero de 1999.

ITTO (1997) Guidelines on Fire Management in Tropical Forests. ITTO Policy Development Series N°. 6. International Tropical Timber Organization, Yokohama, Japón.

IUPAC (1997) Compendium of Chemical Terminology – IUPAC Recommendations, recopilado por A.D. McNaught y A. Wilson. 2ª edición, 1997. International Union of Pure and Applied Chemistry, Blackwell Science Ltd., Oxford.

OMM (1992) International Meteorological Vocabulary. WMO-N°. 182, Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza.

OMS (1980) Glossary on Air Pollution. WHO Regional Publications, European Series N°. 9, Organización Mundial de la Salud, Oficina Regional para Europa, Copenhague.

OMS (1990) Biomarkers and Risk Assessment: Concepts and Principles. Environmental Health Criteria 155, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1993) Fully Halogenated Chlorofluorocarbons. Environmental Health Criteria 113, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1994) Assessing Human Health Risks of Chemicals: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits, Environmental Health Criteria 170, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1997) Nitrogen Oxides. Environmental Health Criteria 188, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1998) Selected Non-herocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. Environmental Health Criteria 202, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

OMS (1999) Principles for the Assessment of Risks to Human Health from Exposure to Chemicals. Environmental Health Criteria 210, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

Webster (1994) Webster's New Encyclopedic Dictionary, Könemann, Colonia, Alemania.

Willeke K y Baron PA (1993) Aerosol Measurement: Principles, Techniques and Applications, Nueva York: Van Nostrand Reinhold.

## Anexo D

# INFORME PRELIMINAR\* DEL GRUPO DE EXPERTOS AD HOC SOBRE LA BASE DE DATOS DE VERIFICACIÓN DE MODELOS DE TRANSPORTE Y DISPERSIÓN DE LARGO ALCANCE\*\*

Este reporte será presentado al panel de expertos de la OMM CE,  
Grupo de Trabajo de la CAS sobre Contaminación Ambiental y Química Atmosférica

*10 de noviembre de 1998*

**\*Advertencia.** Este borrador es una versión preliminar de un informe que se está preparando para el Grupo de Trabajo de la CAS (Commission for Atmospheric Sciences, OMS). Una vez presentado y aceptado, el reporte final puede incluir cambios respecto de esta versión. Si bien esta versión es preliminar, la información sobre la disponibilidad potencial de una amplia variedad de experimentos de campo para la validación de modelos de transporte y dispersión de largo alcance era lo suficientemente importante para ser remitida, en una etapa inicial, a la OMM, OMS y organizaciones relacionadas a fin de recibir comentarios e identificar las fuentes de financiamiento. Para mayor información, contáctese con:

[<rdraxler@arlisc.arlhq.noaa.gov>](mailto:rdraxler@arlisc.arlhq.noaa.gov) o [d.hess@bom.gov.au](mailto:d.hess@bom.gov.au)

## 1. Antecedentes

En la última reunión de la Commission for Atmospheric Sciences (CAS-XII) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) se enfatizó la importancia de la función coordinadora de la OMM en actividades de respuesta ante emergencias, así como el creciente número de modelos para comprender el transporte de contaminantes de largo alcance. La Comisión decidió que era necesario crear una base de datos para todos los experimentos de campo y la información meteorológica correspondiente en un formato común que pudiera usarse para la verificación y desarrollo de modelos. Estados Unidos y Australia convocaron a un grupo reducido de expertos para realizar tareas relacionadas y reportar sus resultados al Grupo de Trabajo sobre Contaminación Ambiental y Química Atmosférica de la CAS.

## 2. Introducción

Durante los últimos años, el transporte de largo alcance de contaminantes atmosféricos ha recibido considerable atención, lo que se ha manifestado en un número creciente de modelos relacionados. Desde Chernobyl, la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), a través de sus centros meteorológicos regionales

---

\*\* Ad Hoc Group of Experts on the Long-range Transport and Dispersion Model Verification Database.

## **Anexo E**

# **GUÍAS DE LA ITTO SOBRE MANEJO DE INCENDIOS EN BOSQUES TROPICALES**

De acuerdo con la Decisión I (XI) del International Tropical Timber Council (ITTC), se estableció un panel de expertos para elaborar guías destinadas a la protección de bosques tropicales contra incendios. Estos expertos se reunieron en Yakarta, Indonesia, del 6 al 10 de marzo de 1995 para preparar las guías preliminares a partir del documento elaborado por J. Goldammer (Alemania) y S. Manan (Indonesia). Luego de revisar las guías, el documento fue aprobado por el ITTC en su 21ª sesión realizada en Yokohama, en noviembre de 1996.

Las guías de la ITTO son consideradas como un importante documento de referencia y consulta sobre los problemas de incendios y humos en la fuente. La ITTO ha publicado el documento original, que contiene varios anexos:

International Tropical Timber Organization (ITTO) 1997. Guidelines on Fire Management in Tropical Forests. ITTO Policy Development Series N°. 6. ITTO, Yokohama, 40 pp.

Las copias están disponibles en la Secretaría de la ITTO:

International Organizations Center  
Pacifico Yokohama, 1-1-1, Minato-Mirai, Nishi-Ku  
220 Yokohama  
JAPÓN

Fax:++81-45-223-1111

Tel:++81-45-223-1110

Dirección electrónica: [itto@green.itto-unet.ocn.ne.jp](mailto:itto@green.itto-unet.ocn.ne.jp)

# 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la mayoría de incendios forestales son causados por el hombre y ocurren en zonas tropicales y subtropicales. Estos incendios son resultado de la creciente presión demográfica sobre áreas donde los incendios se usan en gran medida como una herramienta de tratamiento del terreno; por ejemplo, para convertir bosques en tierras de cultivo, conservar las tierras de pastoreo y desalentar el uso de productos que provienen de bosques estacionales y sabanas.

A lo largo de la evolución de las zonas tropicales estacionales, los incendios producidos por rayos han contribuido significativamente a la formación de ecosistemas de sabanas y bosques. Además, la influencia del fuego a través de prácticas tradicionales y milenarias de quema ha beneficiado considerablemente a comunidades de plantas consideradas como ecosistemas sustentables y estables en el largo plazo. Sin embargo, el constante cambio contemporáneo de los regímenes de incendios y la alteración de las relaciones sustentables tiempo-espacio-fuego debido al cambio en las prácticas de uso de la tierra, con frecuencia están asociados con el deterioro de bosques y sitios.

Los incendios pueden afectar gravemente los bosques tropicales húmedos. La reducción de los ciclos de cultivos rotativos y la mayor ocurrencia de incendios provocados por el uso de la tierra en bosques tropicales húmedos producen daño ecológico, ya que reducen la biodiversidad. La pérdida de la cubierta del suelo debido a los incendios afecta negativamente los regímenes hidrológicos y las propiedades del suelo, lo que conduce a una grave erosión y a la pérdida de la capa vegetal superior. El daño hecho a los recursos madereros y no madereros valiosos, a la regeneración natural y a los bosques sembrados por el hombre producen grandes pérdidas económicas.

Además, los efectos de la quema de bosques y otro tipo de vegetación tropical pueden variar en ambientes locales, regionales y globales. El humo generado por los incendios tropicales de gran escala también reduce la seguridad del tráfico aéreo, terrestre y marítimo, y puede causar problemas de salud. Por lo general, los incendios producidos en la interfaz entre la zona silvestre y las áreas residenciales producen pérdida de vidas humanas, propiedades y ponen en riesgo otros valores como compañías forestales, aserraderos, líneas de electricidad, infraestructura de otra clase y medios de vida.

Por otro lado, los incendios cumplen una función central en la conservación de muchos ecosistemas naturales, así como en la agricultura y el pastoreo. En diversas regiones, sirven para conservar las sabanas tropicales húmedas, que sin ellos, se convertirían en bosques tropicales estacionales. Con frecuencia, algunos bosques tropicales estacionales afectados por incendios generan productos madereros y no madereros valiosos.

Estas *Guías de la ITTO sobre control de incendios en bosques tropicales* se basan en las *ITTO Guidelines on Sustainable Management of Natural Tropical Forests, the Establishment and Sustainable Management of Planted Tropical Forests, and the Conservation of Biological Diversity in Tropical Production Forests*.

Las guías están diseñadas para servir de base a los encargados de elaborar políticas y a los administradores en diversos niveles para que preparen programas y proyectos sobre problemas nacionales, socioeconómicos y naturales específicos, relacionados con los incendios en bosques tropicales naturales y sembrados por el hombre. El objetivo de estas guías es colaborar con los países productores y consumidores de la ITTO en la elaboración de programas para reducir el daño causado por los incendios y ayudar a los encargados del manejo de bosques tropicales y a los residentes de áreas rurales a usar de manera segura el fuego y beneficiarse de sus efectos positivos en sistemas de uso de tierras. Las guías están elaboradas en conformidad con la Resolución 44/236 de las Naciones Unidas, donde se designó a los años noventa. el Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN). Uno de los objetivos del DIRDN es reducir los daños, desajustes económicos y muertes causados por los incendios destructivos a través de la acción conjunta internacional, especialmente, en países en desarrollo.

Las guías reconocen que gran parte de los incendios forestales se originan en sistemas agrícolas y pastorales, así como en la vegetación deteriorada que se encuentra en las afueras de los bosques. Por lo tanto, el control de incendios en estos sitios y en terrenos forestales deteriorados puede ayudar a restablecer los bosques productivos y, salvaguardar el éxito de los programas de reforestación.

## 2. POLÍTICA Y LEGISLACIÓN

### ELABORACIÓN DE POLÍTICAS

---

#### **Principio 1**

La implementación exitosa de una política de protección de bosques tropicales contra los incendios depende en gran medida del apoyo voluntario de todos los sectores de la sociedad, especialmente de las organizaciones cívicas y grupos de trabajo junto con las autoridades responsables del gobierno, así como del respaldo de una legislación adecuada que esté en armonía con las leyes sobre aspectos relacionados con este tema.

#### **Acción recomendada 1**

- a. Identificar a comunidades locales, concesionarios, compañías madereras, contratistas, organizaciones no gubernamentales de conservación (ONG), grupos de mujeres y otras organizaciones voluntarias para evaluar su interés y capacidad de colaborar con las autoridades gubernamentales en los programas de control de incendios. Siempre que sea necesario, las autoridades del gobierno deberán contribuir al desarrollo de esas organizaciones.
- b. Formular una política nacional sobre incendios como parte integral de la política nacional de uso de la tierra. Esta política debe ser aceptada por todas las partes relevantes, incluidos el gobierno, las comunidades locales y el sector privado.
- c. Establecer un organismo nacional descentralizado que cuente con personal y financiamiento adecuado o fortalecer una institución ya existente, encargada de implementar una política efectiva sobre incendios.
- d. Promulgar leyes y reglamentos nacionales y locales, y revisar las normas existentes concernientes al uso apropiado de los incendios, para asegurar la implementación efectiva de políticas de control de estos.
- e. Crear un sistema de incentivos y sanciones que promueva el uso responsable de los incendios en todos los niveles, incluidos los aserrados y la industria de tala de madera.

#### **Principio 2**

Los parques y bosques nacionales, así como las reservas equivalentes, representan muestras importantes y únicas de ecosistemas de bosques tropicales, que forman parte de la herencia natural del mundo. Los incendios destructivos, producidos con frecuencia por actividades de la población local, pueden dañar estas unidades de conservación.

## **Acción recomendada 2**

- a. Dentro del sistema nacional de control de incendios, otorgar prioridad a la protección de áreas de conservación.
- b. Elaborar planes de protección contra incendios para áreas forestales con altos valores de conservación.

### 3. ESTRATEGIAS

#### PLANIFICACIÓN DEL CONTROL DE INCENDIOS

---

##### **Principio 3**

Un plan de control de incendios es un componente esencial de la prevención, supresión y control de incendios dentro de los bosques y las áreas adyacentes. Estos planes deben formar parte de un plan mayor de manejo integral de uso de tierras (por ejemplo, silvicultura). La planificación se debe realizar a partir de la cooperación en los niveles nacional, regional, provincial y local, según convenga.

##### **Acción recomendada 3**

- a. Brindar recursos adecuados para la planificación del control de incendios en los diferentes niveles.
- b. Elaborar planes de control de incendios que incluyan objetivos claros e información sobre tenencia de tierras, bienes en peligro, grado del riesgo de incendios, historia de estos y medidas para controlarlos.
- c. Promover la participación activa de concesionarios, compañías madereras, contratistas, comunidades locales y otras organizaciones voluntarias, especialmente organizaciones no gubernamentales y grupos de mujeres. La participación se debe basar en las capacidades de estas agrupaciones que pueden mejorar a través de la capacitación en el control de incendios, y la provisión de equipo adecuado e incentivos, de ser posible.

#### OPCIONES PARA EL CONTROL DE INCENDIOS

---

##### **Principio 4**

La selección y la aplicación de opciones para el control de incendios dependen de las condiciones y circunstancias presentes en los ámbitos nacional, provincial y local, que pueden incluir:

- tipo de bosques y actividades de control;
- riesgo y fuentes de incendio;
- acceso y características del terreno;
- capacidades para el control de incendios;
- condiciones climáticas;
- uso de tierras colindantes, y
- factores socioeconómicos.

#### **Acción recomendada 4**

- a. Seleccionar y desarrollar la opción apropiada para el control de incendios, que considere las circunstancias y condiciones locales.
- b. Elaborar un programa integrado de control de incendios que incluya algunas de las siguientes medidas de control de incendios, o todas ellas:
  - participación de la comunidad en la protección contra los incendios;
  - prevención de incendios (por ejemplo, áreas no inflamables, cortafuegos y manejo de combustibles);
  - “presupresión” de incendios (por ejemplo, recolección de información sobre incendios, pronósticos del clima y del peligro de incendios, sistemas de detección, alerta temprana y reporte, evaluación del combustible, equipo, comunicaciones, abastecimiento de agua y capacitación de bomberos, etc.);
  - incendios prescritos (por ejemplo, para la reducción de combustible, tala y quema, etc.);
  - supresión de incendios;
  - cumplimiento de la ley y sistemas de incentivos;
  - programas de capacitación, extensión y creación de conciencia pública, y
  - una política de procesamiento de compostado para los residuos agrícolas provenientes de operaciones realizadas cerca de las áreas forestales.

#### **Principio 5**

Los sistemas de detección y alerta temprana de incendios son esenciales para el control rápido y efectivo de los incendios destructivos. Existe gran variedad de opciones para detectar incendios; entre ellas están las torres de observación, los aviones de vigilancia, las patrullas terrestres, los satélites y la información brindada por el público en general.

#### **Acción recomendada 5**

- a. Buscar acceso a todas las fuentes potenciales de información y comunicación para la detección temprana de incendios.
- b. Desarrollar un sistema de detección rápida y oportuna de incendios que incluya la evaluación de las posibles rutas de desplazamiento para evitar cualquier impedimento.

#### **SUPRESIÓN DE INCENDIOS**

---

#### **Principio 6**

Las situaciones típicas de incendios en muchos tipos de vegetación tropical pueden controlarse y manejarse exitosamente por un grupo de bomberos experimentados. El éxito del personal depende de la organización local encargada del control de incendios, la disponibilidad de herramientas manuales diseñadas adecuadamente y la capacitación básica de los bomberos en

cuanto a supresión de incendios y seguridad. Los países desarrollados cuentan con equipos contra incendios, que se pueden adaptar a las condiciones de los bosques tropicales.

### **Acción recomendada 6**

- a. Promover la formación de brigadas de bomberos voluntarios entre las comunidades locales y los usuarios de los bosques.
- b. Abastecer a las brigadas locales con herramientas y equipo básico para combatir incendios.
- c. Capacitar a los líderes y miembros de las brigadas en técnicas y tácticas para combatir incendios; introducir tecnologías para ello. Estas disposiciones pueden concretarse con el apoyo de las organizaciones de manejo forestal.

### **Principio 7**

Debido a las condiciones cambiantes del clima, las emergencias en el ámbito nacional pueden incluir incendios grandes, lo que puede exceder la capacidad local y provincial. Para evitar desastres se deben tomar las medidas necesarias con la debida anticipación.

### **Acción recomendada 7**

- a. Establecer un plan nacional de contingencia para combatir incendios que incluya a las agencias gubernamentales relevantes, así como a las organizaciones y comunidades locales, a fin de tratar emergencias de gran escala. Este plan debe delimitar las responsabilidades de las diversas partes involucradas para evitar la duplicación de esfuerzos y optimizar los recursos humanos y financieros. Cuando sea necesario, se debe considerar el apoyo internacional. Por otra parte, se deben realizar acuerdos financieros antes de que surjan emergencias.

## **FUNCIÓN DE LAS COMUNIDADES EN LA PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

---

### **Principio 8**

La mayoría de incendios producidos en bosques tropicales y otros incendios destructivos se deben a actividades de la población rural. Por lo tanto, una estrategia eficiente de prevención requiere, en primer lugar, conocer el contexto cultural y socioeconómico relacionado con los incendios tropicales. El programa de prevención de incendios se basa en gran medida en una relación positiva entre la comunidad rural y el encargado de controlar los incendios forestales. La confianza mutua y el apoyo público se pueden crear a través de enfoques participativos.

### **Acción recomendada 8**

- a. Emplear o promover la participación de los pobladores rurales en trabajos de prevención de incendios como el establecimiento y conservación de cortafuegos y otras prácticas con combustibles.
- b. Promover la integración del uso de tierras para cultivos y pastoreo en áreas no inflamables a través de incentivos (por ejemplo, mediante el arrendamiento gratuito de terrenos para este tipo de áreas). Cuando la quema se use como una práctica adecuada de manejo de pastizales, es necesario incorporar técnicas para minimizar el riesgo de incendios.
- c. Promover la cooperación de la comunidad en la prevención de incendios a través de incentivos diversos como iniciativas de financiamiento en favor de poblaciones que hayan evitado la propagación de incendios destructivos hacia terrenos forestales colindantes. Por ejemplo, algunas áreas lejanas carecen con frecuencia de sistemas de abastecimiento de agua potable y, por lo general, las prioridades para que se instale este servicio en dichas localidades son inciertas. Una comunidad que reduce considerablemente la ocurrencia de incendios peligrosos puede ser recompensada con la instalación inmediata de este servicio.

## 4. MONITOREO E INVESTIGACIÓN

### MONITOREO

---

#### Principio 9

La evaluación, pronóstico y monitoreo del riesgo de incendios, así como la cuantificación de incendios forestales y otros incendios en zonas rurales, son requisitos para la planificación del control de incendios. Asimismo, se pueden usar datos estadísticos para llamar la atención de las autoridades, los responsables de elaborar políticas y el público en general. En zonas tropicales, resulta difícil recolectar esta información a través de métodos desarrollados en el terreno. Los sensores aéreos y espaciales permiten monitorear áreas menos accesibles con menor población e infraestructura inadecuada.

#### **Acción recomendada 9**

- a. Buscar acceso a información meteorológica de las estaciones en el terreno y de los sistemas espaciales, y complementarla con información sobre incendios (evaluación de riesgos de incendios).
- b. Usar sistemas de sensores remotos en órbita para detectar y pronosticar incendios y obtener información en tiempo real sobre su localización geográfica.
- c. Los países miembros de la ITTO deben unirse con otros para desarrollar mecanismos internacionales (sistemas de alerta temprana) a fin de predecir incendios destructivos. Este sistema no pronosticaría la ocurrencia, sino que reportaría la evolución de las condiciones que pueden conducir a incendios graves. Asimismo, reuniría e interpretaría la información de una serie de fuentes, incluidos satélites y estaciones en el terreno.

### INVESTIGACIÓN

---

#### Principio 10

La investigación científica básica y aplicada es la fuente principal de información para el control de incendios en bosques tropicales. La investigación sobre el comportamiento de los incendios y su impacto en los ecosistemas, los ciclos biogeoquímicos, la calidad atmosférica, el clima local y global, así como la evaluación de daños y pérdidas, permitirá establecer indicadores de control de incendios en diversos ecosistemas de bosques tropicales.

#### **Acción recomendada 10**

- a. Apoyar a las universidades e instituciones de investigación, en cooperación con socios internacionales, en estudios sobre ecosistemas de bosques tropicales que incluyan las siguientes áreas de interés:

- recopilación y explicación de la información reciente sobre incendios pasados y presentes (ocurrencia e impacto ecológico);
  - inventario y elaboración de modelos de combustibles;
  - modelos de comportamiento de incendios;
  - indicadores de riesgos de incendios;
  - elaboración de mapas de riesgos de incendios;
  - pronóstico de peligros de incendios;
  - modelos de impacto ambiental;
  - impacto de las emisiones gaseosas y particuladas de los incendios en los ciclos biogeoquímicos, la atmósfera y el clima;
  - aspectos socioeconómicos de los incendios forestales, y
  - rehabilitación de los bosques afectados por incendios.
- b. Estudiar la dinámica de los terrenos de tala y quema, los bosques secundarios, así como los productos madereros y no madereros usados por las comunidades locales y que pueden provocar incendios.
- c. Establecer módulos de demostración para la cosecha no tradicional de bosques secundarios a fin de compensar la presión ejercida por las prácticas de quema agrícola.
- d. Desarrollar demostraciones sobre alternativas para la preparación de terrenos agrícolas, distintas de la quema de árboles talados.

## **Principio 11**

El personal especializado en silvicultura debe intercambiar conocimientos sobre incendios forestales y su control para promover la coordinación y cooperación en la prevención y supresión de dichas emergencias a escala mundial.

### **Acción recomendada 11**

- a. Seleccionar y llevar a cabo cursos de capacitación en medios de intercambio de información, como Internet y otros sistemas relevantes de comunicación electrónica.
- b. Promover la realización periódica de seminarios internacionales sobre control de incendios forestales.

## 5. MARCO INSTITUCIONAL Y DESARROLLO DE CAPACIDADES

### DESARROLLO INSTITUCIONAL

---

#### **Principio 12**

El desarrollo y el fortalecimiento institucional son sumamente importantes, especialmente el desarrollo de recursos humanos. El control de incendios se debe implementar bajo la jurisdicción y responsabilidad de todos los terratenientes involucrados, es decir, en tierras manejadas por gobiernos nacionales y provinciales, comunidades locales, concesionarios, compañías madereras, contratistas y empresas privadas dedicadas a la silvicultura. Sin embargo, debe existir un marco institucional que garantice la implementación de una política de incendios en el ámbito nacional.

Las medidas de control de incendios afectan a diversos sectores de la sociedad y son responsabilidad de distintas instituciones del gobierno y usuarios de tierras. Por lo tanto, debe existir un sistema que coordine entre las distintas instituciones nacionales involucradas para maximizar su eficiencia y distribuir los recursos destinados al control de incendios. Cuando sea necesario, se debe promover la asistencia a través de programas bilaterales e internacionales que permitan la transferencia de conocimientos y tecnologías avanzadas.

#### **Acción recomendada 12**

- a. Establecer o fortalecer las instituciones responsables de la elaboración e implementación de políticas nacionales contra incendios, así como la infraestructura del gobierno para desarrollar las capacidades destinadas a controlarlos en los ámbitos provincial y local.
- b. Desarrollar o fortalecer estructuras y mecanismos adecuados en los ámbitos nacional, provincial y local para establecer y coordinar brigadas contra incendios rurales, incluidas las de voluntarios.
- c. Elaborar planes operativos que definan la función de las organizaciones voluntarias, especialmente las organizaciones no gubernamentales y los grupos de mujeres. En los intervalos, se deben realizar ejercicios para fortalecer los procedimientos y mejorar la preparación.
- d. Las instituciones responsables del control de incendios deben promover acuerdos cooperativos entre comunidades rurales, ONG, compañías forestales e instituciones públicas y autoridades políticas relevantes.
- e. Las naciones y organizaciones con experiencia en el control de incendios deben asesorar a los países que carecen de infraestructura adecuada en la elaboración de marcos institucionales y desarrollo de capacidades, a fin de brindarles apoyo técnico, materiales y asistencia.

## **Principio 13**

Los incendios pueden afectar los recursos de países vecinos o tener efectos transfronterizos como la contaminación con humos. A través de acuerdos cooperativos, los países vecinos pueden ayudar a resolver problemas causados por incendios transfronterizos y permitir el intercambio de recursos en el ámbito regional.

### **Acción recomendada 13**

- a. Establecer acuerdos bilaterales y multilaterales de cooperación y asistencia mutua en el control de incendios.
- b. Los países miembros de la ITTO deben contar con brigadas móviles contra incendios en el espacio rural para controlar incendios en situaciones que desborden las capacidades del país afectado. Estas brigadas ingresarían al país (a solicitud de este) y unirían esfuerzos para combatir los incendios hasta que pase la crisis.

## **FINANCIAMIENTO E IMPLEMENTACIÓN**

---

## **Principio 14**

Los grandes incendios producidos en zonas tropicales pueden afectar negativamente las economías globales, el ambiente y la biodiversidad. La madera destruida o deteriorada disminuye el abastecimiento de recursos forestales disponibles y afecta los precios en todo el mundo. Lógicamente, el costo de controlar estos incendios se debe financiar local, nacional y, de ser necesario, internacionalmente. Para prevenir y combatir estos incendios, se deben apoyar los mecanismos e infraestructuras institucionales de los recursos nacionales y, en el caso de que sea necesario, se debe considerar la cooperación internacional.

### **Acción recomendada 14**

- a. La implementación de un programa de protección de bosques contra incendios requiere que las autoridades forestales establezcan unidades especiales que se responsabilicen de este programa en los ámbitos nacional, provincial y local con financiamiento, personal, capacidad, equipo y procedimientos operativos adecuados.
- b. Promover la cooperación y participación activa de las comunidades locales, el sector privado, las organizaciones no gubernamentales y los medios de comunicación para garantizar la implementación de un programa efectivo.
- c. Organizar regularmente talleres y ejercicios en diversos ámbitos con la participación de todas las partes afectadas, incluidos los países vecinos, según convenga, para asegurar la preparación, coordinación, conveniencia y efectividad de los procedimientos operativos.

- d. Las organizaciones internacionales y regionales relevantes deben promover esfuerzos cooperativos para prevenir y combatir los incendios forestales.
- e. Los países donantes deben apoyar a las naciones tropicales en desarrollo en la implementación de programas de protección de bosques contra incendios a través de sus programas de desarrollo, con ayuda financiera, transmisión de experiencias, transferencia tecnológica y capacitación.
- f. Los bancos de desarrollo deben brindar asistencia a los países tropicales en desarrollo para proteger sus bosques contra los incendios a través de concesiones o préstamos a tasas concesionarias.
- g. Las instituciones multilaterales como el GEF (Global Environmental Facility), el PNUD, el Common Fund for Commodities y otros acuerdos relevantes deben crear “espacios” para apoyar las actividades relacionadas con la protección de bosques tropicales contra los incendios.
- h. Las Organizaciones internacionales como la ITTO, FAO, PNUMA, UNDRO (Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastres), UNESCO y otras organizaciones relevantes, así como las actividades (DIRDN), iniciativas y convenciones internacionales, deben fortalecer programas relacionados con la protección de bosques contra incendios. Los países miembros de la ITTO deben unirse a otros para desarrollar mecanismos internacionales y obtener ayuda rápida a fin de mitigar las consecuencias de los desastres causados por incendios destructivos.
- i. La CDS (Comisión de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sustentable) debe garantizar que en la implementación de la Agenda 21 para el caso de los bosques, se preste la debida atención a los incendios forestales con respecto a posibles acuerdos de armonización y promoción de esfuerzos internacionales para proteger los bosques del mundo. La CDS debe considerar la creación de un centro global de investigación y control de incendios, auspiciado por las Naciones Unidas, que incluya un sistema de información sobre incendios de vegetación y que tenga las capacidades necesarias para apoyar el control de incendios cuando alguna nación lo solicite.
- j. Los países donantes y las instituciones que otorgan préstamos deben asegurar que sus procedimientos de evaluación de proyectos incluyan la evaluación de riesgos de incendios; cuando sea apropiado, se debe incluir los recursos necesarios en los presupuestos de los proyectos para la protección contra incendios.
- k. Buscar la cooperación de las ONG, los grupos de mujeres y otras organizaciones voluntarias para reunir los fondos que requieren los programas de protección de bosques tropicales contra incendios.
- l. Los proyectos y actividades relacionados con la protección de bosques tropicales contra incendios deben recibir apoyo del Bali Partnership Fund, que será establecido en el marco del ITTA (International Tropical Timber Agreement) de 1994.

## 6. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

### IMPLICANCIAS ECONÓMICAS

---

#### Principio 15

El daño producido por la cubierta del bosque y la quema de biomasa causan una pérdida significativa de recursos productivos. Los incendios forestales también afectan el ambiente (por ejemplo, los recursos agua y suelo) y la calidad atmosférica. Esto tiene implicancias directas e indirectas en la economía de un país. Asimismo, los programas de protección de bosques contra incendios destructivos son complejos y costosos. Muchos sectores de la economía, incluidos la silvicultura, la agricultura, la pesquería, el transporte y el sector salud, se beneficiarían con un control efectivo de incendios y deben estar preparados para contribuir equitativamente con los costos.

#### Acción recomendada 15

- a. Estimar los costos potenciales, directos e indirectos de los incendios destructivos para la economía nacional, asimismo, los costos de diversas opciones de prevención y control de incendios destructivos para asegurar la viabilidad de las políticas y los programas relacionados con este tipo de emergencias.
- b. La institución responsable debe realizar un análisis de costo/beneficio de los programas propuestos para el control de incendios en una serie de puntos. En función de los costos, debe diseñar programas efectivos que estén dentro de su presupuesto. Los gobiernos nacionales y provinciales deben estar preparados para brindar apoyo financiero para solventar los costos a las instituciones de silvicultura en el caso de que estas lo requieran.

#### Principio 16

Prevenir los incendios destructivos resulta mucho más efectivo en función de los costos que suprimirlos y cargar con las pérdidas producidas. Antes de elaborar planes de prevención efectiva, se deben determinar las causas fundamentales de los incendios. El público en general puede ser una causa importante de incendios forestales. Esto se debe quizás al desconocimiento de la importancia y el valor de los bosques. En muchos países tropicales, los cultivos rotativos no controlados (sistemas de tala y quema) son una fuente de incendios destructivos, así como el uso de incendios para la disposición de los residuos de cultivos y vegetación durante la conversión del terreno.

#### Acción recomendada 16

- a. Promover mejores sistemas agrícolas y agrosilvopastorales como alternativas para los cultivos rotativos.

- b. Establecer áreas de demostración de prácticas agrosilvopastoriles y de cultivo combinadas con otros componentes del sistema de control de incendios (por ejemplo, aplicar actividades de cultivo y pastoreo para modificar las cargas de combustibles o las áreas no inflamables).
- c. Elaborar programas de incentivos para recompensar a las comunidades y de las personas que realicen prácticas apropiadas de uso de tierras, lo que reduciría el daño causado por los incendios. En el caso de las personas, el reconocimiento formal de un buen trabajo ante los expertos con frecuencia resulta efectivo.
- d. Elaborar y promover un programa de toma de conciencia ambiental sobre la relación entre los beneficios sociales, económicos y ambientales de los bosques, así como los efectos negativos de los incendios destructivos.
- e. Implementar un programa para investigar las causas fundamentales de los incendios destructivos. Esto puede servir de base para formular un programa de prevención, educación y extensión sobre este tipo de incendios.
- f. Elaborar e implementar programas acordes con los principios de la agricultura regenerativa para promover el ciclo de nutrientes a fin de usar la biomasa para mejorar la fertilidad del suelo. Estos programas deben considerar prácticas de agricultura sustentable promovidas y diseminadas por organizaciones como el IIRR (International Institute for Rural Reconstruction), CATIE (Center for Research and Training in Tropical Agriculture) y diversas ONG de alcance rural.
- g. Mostrar diversas prácticas de tratamiento del terreno y preparación del suelo que apliquen técnicas viables y poco costosas de conservación del suelo y el agua. Considerar la posibilidad de crear lotes de demostración donde no se use el fuego como una herramienta para la preparación del sitio o la roza.

## **COMUNICACIÓN CON LA COMUNIDAD**

---

### **Principio 17**

Es posible que exista competencia o usos conflictivos de la tierra entre los habitantes rurales y otros actores como las concesiones forestales, las compañías madereras, los contratistas y las unidades de conservación. Estos conflictos pueden provocar la ocurrencia de incendios destructivos. La gente se debe beneficiar directamente del uso de áreas forestales para valorar y proteger esos recursos. La población local usa el fuego por razones económicas, religiosas, agrícolas y culturales, y continuará haciéndolo. Las experiencias obtenidas de las prácticas tradicionales de control de incendios pueden ser útiles en un contexto nacional más amplio. Algunos países tropicales tienen experiencia en el control de incendios en comunidades locales, con diversos grados de éxito. Las lecciones aprendidas a partir de estas experiencias pueden ser beneficiosas para otros países.

### **Acción recomendada 17**

- a. Realizar consultas con miembros de las comunidades de manera abierta y transparente para resolver conflictos sobre los derechos de uso de áreas forestales y la protección de bosques contra incendios.
- b. Capacitar a la población local en técnicas de manejo y control de incendios para prevenir la destrucción de la cubierta forestal, tomando en cuenta sus tradiciones y habilidades.
- c. Los gobiernos locales y los ciudadanos deben participar en las decisiones sobre el control de incendios que atañen a las áreas que están bajo su competencia. Las comunidades también pueden requerir ayuda financiera para implementar medidas de prevención en caso de incendios destructivos. La organización y la capacitación de la comunidad se deben realizar con metodologías participativas para que sean efectivas y sustentables.
- d. Permitir el intercambio de información y de experiencias sobre el control de incendios en comunidades locales a través de foros respaldados por organizaciones internacionales tales como la ITTO, FAO, CIFOR (Center for International Forestry Research) y mecanismos multilaterales.

### **Principio 18**

En muchas sociedades rurales, las mujeres cumplen una función muy importante en la agricultura, cría de ganado, recolección de madera para combustible y uso del bosque para producir bienes no madereros. Por lo tanto, las mujeres muestran mayor reconocimiento y preocupación por el ambiente natural, aunque con frecuencia resulta difícil integrarlas a los programas educativos y de extensión debido a sus demás funciones y responsabilidades. La participación activa de las mujeres en los programas de control de incendios puede ser efectiva para proteger de este tipo de episodios, los recursos de los bosques tropicales. Lo mismo se puede decir de los demás miembros de la familia, como los adultos, los niños y los ancianos.

### **Acción recomendada 18**

- a. Incluir a las mujeres como participantes activas en las actividades comunitarias de control de incendios y resaltar su conocimiento y experiencia en el uso del fuego en la agricultura, la producción ganadera y el manejo forestal.
- b. Desarrollar un componente efectivo de educación sobre incendios dirigido especialmente a mujeres en los ámbitos provincial y local. La transferencia de tecnologías de control de incendios y el intercambio de experiencias puede mejorarse a través de programas participativos y servicios de extensión en los cuales las mujeres deben cumplir funciones importantes.

## 7. MANEJO Y USO DE RECURSOS DEL TERRENO

### MANEJO FORESTAL

---

#### **Principio 19**

El control de incendios es una parte integral del manejo forestal sustentable, que, se debe basar en una planificación apropiada del uso del terreno y tomar en cuenta las opiniones de todas las partes involucradas.

#### **Acción recomendada 19**

- a. Integrar consideraciones relativas al control de incendios en la planificación del manejo forestal. Por ejemplo, cuando se realizan inventarios forestales, es importante incluir información sobre las cantidades de combustible (árboles, ramas, basura) para evaluar el peligro de que se produzcan incendios.
- b. Incorporar medidas de protección contra incendios en los contratos de concesión forestal.
- c. Incluir disposiciones para proteger a los bosques de los incendios en las de prácticas administrativas de la silvicultura.

#### **Principio 20**

El riesgo de incendios se puede reducir si se incrementa la diversidad forestal, en términos de especie, edad y estructura, particularmente en plantaciones, así como a través de técnicas preventivas de silvicultura. La reducción de la ocurrencia de incendios disminuye la vulnerabilidad del bosque a la degradación por insectos y enfermedades.

#### **Acción recomendada 20**

- a. Considerar la posibilidad de realizar una plantación subyacente o entremezclar la vegetación principal con especies de baja inflamabilidad, que sean nativas del área y que ya hayan sido probadas en el campo.
- b. Otorgar prioridad a las medidas de rehabilitación de bosques dañados por incendios.

#### **Principio 21**

Las sabanas y las tierras de pastoreo son ecosistemas tropicales importantes y, por lo general, están relacionados con los bosques. Con frecuencia, los incendios cumplen una función también importante en estos ecosistemas y deben manejarse adecuadamente a fin de conservar estos últimos y prevenir daños en bosques cercanos.

### **Acción recomendada 21**

- a. Determinar los regímenes adecuados de incendios en sabanas y tierras de pastoreo cerca de las áreas forestales y desarrollar planes de control de incendios para afrontar los requerimientos destinados a mantener estos ecosistemas.
- b. Considerar el uso de incendios prescritos y otras técnicas para evitar el daño causado por la propagación descontrolada de incendios destructivos en estos ecosistemas.
- c. Instruir a los residentes que viven dentro o cerca de estos ecosistemas (que requieren incendios periódicos para sobrevivir) en torno al uso de incendios y sobre las técnicas adecuadas en caso de que estos se produzcan.

## **USO DE LOS BOSQUES**

---

### **Principio 22**

Grandes áreas forestales se utilizan para producir madera. Las operaciones de tala comprenden diversas actividades que incluyen la construcción de infraestructura o instalaciones como caminos, campamentos, talleres, almacenamiento de combustible, etc., uso de equipos pesados como tractores, máquinas de remoción de tierra, arrastradores de troncos, camiones, vehículos, sierras eléctricas, etc. Con frecuencia, los trabajadores tienen acceso a áreas forestales durante todo el año. Estos factores, combinados con un mantenimiento descuidado y deficiente y el uso inapropiado del equipo, pueden aumentar los riesgos de incendios.

### **Acción recomendada 22**

- a. Las operaciones de tala y el uso del equipo y la maquinaria se deben controlar estrictamente y especificar claramente en los acuerdos de concesión para reducir los riesgos de incendios. Se deben usar supresores de chispas para prevenir incendios causados por sierras de cadena y otras maquinarias. La manipulación, uso y almacenamiento de gasolina se debe controlar estrictamente con instrucciones claras y estar a cargo de una persona designada para ello.
- b. Incentivar a los concesionarios, a las compañías madereras y a los contratistas para que realicen campañas regulares sobre el peligro de que se produzcan incendios a fin de crear conciencia en torno al problema y fomentar actitudes más responsables.
- c. Elaborar guías específicas para ser aplicadas durante periodos de clima muy seco o de alto riesgo de incendios. Estas medidas pueden incluir la restricción total o parcial de la tala. Puede ser necesario limitar el acceso a áreas forestales sólo para operaciones de tala de acuerdo con los planes de manejo y las actividades de cultivo, incluido el transporte de madera a plantas de procesamiento.

- d. Los acuerdos de concesión deben especificar la función y responsabilidad del concesionario en caso de incendios e incluir su participación en acciones de supresión y división de los costos de rehabilitación de bosques afectados por estos episodios.
- e. Los concesionarios, las compañías madereras y los contratistas deben capacitar adecuadamente a sus empleados y desarrollar procedimientos operativos para la prevención y supresión de incendios a fin de controlar inmediatamente los brotes que se produzcan durante las operaciones de tala.
- f. Los acuerdos de concesión requieren que el personal y los equipos de los concesionarios estén disponibles para actividades de control de incendios.

### **Principio 23**

Las operaciones de tala pueden conducir a la acumulación de biomasa, a la invasión de especies de algas y a la disección de material del suelo orgánico, lo cual incrementa el riesgo de incendios. El uso descuidado del fuego durante operaciones de recolección de madera ha provocado grandes incendios destructivos. Estos causan pérdidas económicas significativas a los gobiernos, que, con frecuencia, reciben toda la responsabilidad de rehabilitar los bosques dañados.

#### **Acción recomendada 23**

- a. Planificar operaciones de tala para evitar la creación de grandes grietas, que secan el suelo forestal y provocan la invasión de especies pioneras en la generación de incendios. Usar técnicas como el corte con fresadora para minimizar el daño a los árboles colindantes.
- b. Reducir los residuos de la tala a través de un sistema de incentivos y sanciones para los concesionarios y contratistas. Cuando sea apropiado, promover el uso de estos residuos en las comunidades locales, siempre y cuando esta actividad no aumente el riesgo de incendios.
- c. Formular e imponer leyes, reglamentos y códigos de operación aplicables a los trabajadores forestales y, de ser necesario, modificar los acuerdos contractuales para promover la protección responsable contra incendios por parte de los concesionarios y contratistas.
- d. Imponer sanciones a los concesionarios a fin de recuperar las pérdidas de los valores forestales y los costos de rehabilitación de los bosques dañados por los incendios.

## **OTROS USOS DE LOS BOSQUES**

---

### **Principio 24**

Las comunidades ubicadas dentro o cerca de las áreas forestales tienen tradiciones ancestrales de caza, pesca y recolección de alimentos, plantas medicinales y otros productos. La conversión de los bosques para darles otros usos a los terrenos, así como la presión demográfica, han incrementado la intensidad de esos usos por las comunidades, lo que aumenta el riesgo de incendios. Asimismo, los riesgos han aumentado en gran medida en áreas forestales debido a actividades recreativas y deportivas.

#### **Acción recomendada 24**

- a. Los concesionarios, las compañías madereras y los contratistas deben apoyar la organización de las comunidades locales y promover su participación activa en programas de prevención de incendios forestales.
- b. Algunas actividades forestales de las comunidades locales incluyen el uso de incendios. Estas actividades se deben regular a través de medidas que reduzcan el riesgo de que dichas prácticas desemboquen en incendios destructivos.
- c. Los conflictos y malentendidos entre las comunidades locales y los trabajadores de las concesiones forestales se deben evitar a través del diálogo y el respeto por las tradiciones y costumbres locales. Los concesionarios, las compañías madereras y los contratistas siempre deben considerar el bienestar de dichas comunidades para las oportunidades de trabajo y las instalaciones que estén disponibles.
- d. Ayudar a las comunidades a promover el respeto de los valores y costumbres tradicionales, que históricamente han preservado los recursos naturales.
- e. Durante periodos de extremo peligro de incendios, se debe controlar estrictamente el acceso a bosques para actividades recreativas. Los campamentos se deben restringir a sitios donde se pueda contar con instalaciones básicas como cocinas. En otros lugares, se debe prohibir el uso de fuego para cocinar.
- f. Patrullar las áreas frecuentadas para asegurar el cumplimiento de las normas y los reglamentos vigentes. Esta vigilancia debe intensificarse durante periodos de alto riesgo de incendios o vacaciones.

## 8. CAPACITACIÓN Y EDUCACIÓN PÚBLICA

### PROGRAMAS DE CAPACITACIÓN Y EXTENSIÓN

---

#### Principio 25

Los administradores de los distintos niveles deben conocer todos los aspectos del manejo de incendios forestales a fin de conservar la salud y la sustentabilidad de los bosques. Entre estos encargados se incluye a funcionarios del ministerio de silvicultura y otros sectores relacionados, así como a operadores de las compañías madereras, contratistas y concesionarios forestales.

#### Acción recomendada 25

- a. Identificar las necesidades de información y capacitación de los administradores y, cuando sea necesario, distribuir materiales apropiados y realizar seminarios, talleres, cursos cortos y sesiones de capacitación en el campo sobre los principios y la aplicación del control de incendios forestales, incluida la prevención y la supresión de incendios.

#### Principio 26

Las personas que viven cerca de los bosques con frecuencia desconocen que sus actividades pueden provocar incendios y, en algunos casos, la destrucción de ecosistemas forestales. Cuando los miembros de estas comunidades están adecuadamente motivados, capacitados y equipados pueden ser fuentes importantes de ayuda para la prevención, control y manejo de incendios.

#### Acción recomendada 26

- a. Preparar y realizar cursos dirigidos a autoridades forestales, concesionarios y personal de las empresas contratistas para la “capacitación de capacitadores”, que luego podrá extenderse a las comunidades locales.
- b. Identificar y reclutar a miembros adecuados de la comunidad para que sean capacitados en torno a medidas de prevención de incendios y al uso de técnicas y equipos (incluidas las herramientas tradicionales) para suprimir y controlar incendios.
- c. Preparar y ejecutar programas de educación básica y brindar materiales de extensión a las comunidades cercanas a los bosques para crear conciencia sobre la importancia del ambiente forestal y la función de los incendios.
- d. Cuando sea necesario, brindar las herramientas básicas para suprimir incendios (bajo un control estricto de los responsables) que serán usadas en casos de emergencia por las personas identificadas en el punto 6, previamente capacitados.

## **Principio 27**

Las comunidades que viven cerca de los bosques tienen valores tradicionales que determinan su percepción del bosque como entidad viviente. Los miembros de estas comunidades están influidos por líderes espirituales que probablemente serán efectivos para difundir información sobre la protección contra incendios.

### **Acción recomendada 27**

- a. Buscar la cooperación de líderes espirituales y comunitarios en los programas de control de incendios.

## **Principio 28**

La vigilancia e influencia de las ONG y los grupos de mujeres dentro de sus áreas pueden brindar una ayuda efectiva y oportuna a los programas de control de incendios forestales.

### **Acción recomendada 28**

- a. Desarrollar y conducir cursos para líderes de las ONG y grupos de mujeres sobre sus funciones en los programas de control de incendios forestales, incluida la divulgación de información sobre los peligros de incendios para los ecosistemas forestales y los medios para reducir los riesgos de estos episodios cuando se hace uso recreativo del ambiente forestal.

## **EDUCACIÓN PÚBLICA**

---

## **Principio 29**

Los incendios destructivos afectan al público y conducen a la pérdida de bienestar y medios de vida, lo cual influye negativamente en los ecosistemas forestales. La mayoría de personas, incluidos los turistas, no son conscientes de las causas de los incendios ni de sus impactos económicos y ecológicos.

El conocimiento y las actitudes del público en torno a la función y el uso de los incendios y las prácticas de manejo forestal pueden mejorar a través de la educación de niños y jóvenes.

### **Acción recomendada 29**

- a. Establecer una cooperación ► o mejorarla ► entre autoridades forestales y departamentos de educación para diseñar currículos adecuados y realizar programas de educación sobre manejo forestal y control de incendios en escuelas de educación primaria y secundaria. Buscar la forma de incluir aliados no tradicionales en las campañas de educación contra incendios.

- b. Usar los medios de comunicación para informar al público en general sobre las causas, los efectos y el control de los incendios forestales. El éxito de estas campañas de toma de conciencia pública dependerá de la selección de símbolos y lemas adecuados, que permitan a la gente identificarse con el mensaje. Promover la cooperación y participación de organizaciones religiosas, grupos cívicos y ONG en este tipo de campañas.
- c. Informar a los turistas y a los visitantes, mediante panfletos y volantes, sobre los problemas generados por los incendios y en torno a su responsabilidad en la prevención de incendios provocados por fogatas de campamentos y otras actividades recreativas.
- d. Educar en aspectos ambientales, manejo de bosques y recursos naturales, y evaluar los efectos de los incendios destructivos en los niveles escolares primario y secundario.

especializados (CMRE), han dado mayor importancia a los accidentes con reactores nucleares. Actualmente, existen ocho centros para diseñar modelos (Toulouse, Bracknell, Montreal, Washington, Melbourne, Tokio, Beijing y Moscú), cada uno con sus propias capacidades para diseñar modelos. En el simposio del European Tracer Experiment (ETEX) se evaluaron 47 modelos. La reciente ratificación del Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT) requerirá el uso de modelos de dispersión atmosférica para atribuir las concentraciones de aire medidas a una ubicación específica de la fuente. Existe potencial para desarrollar una nueva clase de modelos relacionados solo con este aspecto. La introducción de motores de propulsión a chorro más efectivos en función del combustible (que funcionan a altas temperaturas) ha incrementado la sensibilidad de los aviones comerciales modernos a la ceniza volcánica producida por las erupciones. Actualmente, la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) está organizando centros para el diseño de modelos de dispersión de ceniza volcánica.

La mayoría, si no la totalidad de modelos de transporte atmosférico (MTA), está relacionada con uno o más modelos operativos de pronóstico meteorológico o con un archivo meteorológico específico, que luego es usado por los MTA. Los datos estimados por los modelos meteorológicos son evaluados y comparados rutinariamente con las normas comunes de rendimiento. Si bien los MTA tienen normas de verificación similares, existen muy pocos datos para realizar estas evaluaciones. Esto se debe quizás a que estos datos son difíciles de obtener y con frecuencia, están limitados a episodios únicos o experimentos controlados (y costosos) en el terreno que no se encuentran disponibles. Sin embargo, existen muchos experimentos aislados, algunos de los cuales son emisiones de trazadores controlados y otros provienen del muestreo de trazas de oportunidad. El problema con muchos de estos datos es que algunos son muy antiguos, los informes son difíciles de localizar y, en el caso de que existan, éstos se encuentran en distintos formatos, y no todos los experimentos archivan los datos meteorológicos correspondientes.

La reciente culminación de proyectos de reanálisis meteorológico en varios centros meteorológicos internacionales permite relacionar datos meteorológicos modernos de óptima calidad con datos provenientes de los experimentos de dispersión. La idea sería crear un conjunto de CD-ROM que contenga datos experimentales, informes relevantes, datos meteorológicos, análisis estadísticos y software en un formato común sin derechos de autor. Esta nueva base de datos común permitiría realizar estudios de sensibilidad y verificación con menor preparación y esfuerzo que los requeridos en la actualidad. Además, cada centro de elaboración de modelos o grupo de investigación podría generar resultados para cada experimento a fin de compararlos con los resultados obtenidos por otros grupos en un simposio de verificación de modelos.

Los objetivos de este informe consisten en sugerir algunas normas comunes para el archivo de datos, revisar qué datos experimentales se deben incluir, elaborar una lista de medidas comunes de rendimiento de los modelos que podrían incorporarse a la base de datos y estimar su costo, proponer compañías o laboratorios potenciales de investigación para realizar el trabajo y quizás identificar posibles fuentes de financiamiento.

### 3. Estándares para los datos

Existen tres fuentes primarias de datos:

- 1) información sobre la descarga de contaminantes;
- 2) datos meteorológicos usados para calcular el transporte y la dispersión de contaminantes, y
- 3) valores de los contaminantes medidos que pueden ser comparados con los resultados del modelo.

Todas estas fuentes deben estar en un formato común a fin de poder configurar cualquier simulación experimental y generar resultados de manera rápida. Deben existir ciertos requerimientos mínimos para la inclusión de experimentos en la base de datos, según el tipo de experimento, información o medidas adoptadas.

#### 3.1 Datos meteorológicos

Es importante que los datos meteorológicos usados en los experimentos de dispersión no solo tengan un mismo formato sino que, además, provengan de la misma fuente. La fuente común de cuadrículas de campos, obtenida con mayor facilidad, provendría de uno de los proyectos de reanálisis meteorológico. Un reanálisis incluye la recuperación de datos obtenidos de la superficie, a través de sonda radioviento, pibal, aviones, buques, satélites y otros datos, y supone el control de calidad y la asimilación de estos datos en un sistema que se mantiene invariable mientras dure el proceso. Ello elimina omisiones asociadas con los cambios en este sistema y desarrolla un modelo de pronóstico meteorológico para producir las series de tiempo de las cuadrículas de campos meteorológicos.

Si un experimento de dispersión hubiera archivado observaciones especiales, estas podrían incluirse en la base de datos principal. Cada experimento de dispersión debería incluir solo un subconjunto limitado de datos del reanálisis (suficiente para realizar los cálculos requeridos) a fin de limitar el volumen de datos y garantizar acuerdos con centros meteorológicos que requieran datos sin restricción. El conjunto total de datos estaría disponible en el centro original. Es posible que estas cuadrículas de campos meteorológicos sean solo una versión de la “verdad” y que por consiguiente, puedan modificarse o procesarse previamente para respaldar diversos estudios de investigación o elaboración de modelos. Sin embargo, es lo mejor que se puede hacer con respecto a la exhaustividad de los procedimientos de reanálisis y dentro de las limitaciones presupuestarias del proyecto.

Una vez identificados los experimentos que se van a incluir, se puede obtener un volumen estimado de datos. No obstante, para propósitos de planificación, se puede suponer que se usarán datos del reanálisis de NCEP (NOAA)/NCAR. Los campos están disponibles en una cuadrícula gaussiana (2,5 grados) en 28 niveles sigma. Si las variables (5 en total) se archivan en todos los niveles del modelo y se comprimen en formato Grib (aproximadamente 2 bytes por punto de datos) en 4 campos diarios, los requerimientos de espacio serían 12 megabytes por día (o solo 50 días por CD). Debido a que algunos experimentos de dispersión duran varios meses, se requiere una subcuadrícula correspondiente al dominio experimental para reducir el volumen de datos. El dominio racional más grande sería un cuarto de hemisferio (90° latitud, 90° longitud), lo que reduce los requerimientos de datos meteorológicos a aproximadamente 1 megabyte por día. Si

los dominios experimentales se restringieran posteriormente a 1.500 km, los volúmenes de datos se reducirían a 10 kilobytes por día. En todo caso, los datos del reanálisis deben procesarse, es decir, descomprimirse, y el dominio experimental deberá extraerse y luego recomprimirse. Entre los aspectos que pueden resolverse durante la preparación de la propuesta final está el formato en que deberán estar los datos meteorológicos: Grib, NetCDF o quizás otro.

Algunos experimentos (por ejemplo, ETEX, CAPTEX y quizás algunos pocos más) pueden requerir una resolución mayor que 2,5 deg para capturar adecuadamente los efectos de mesoescala identificados por los investigadores que trabajan con esos datos. Normalmente, se esperaría que esas resoluciones fueran de 1 deg. De esta manera, los costos asociados con el factor adicional del volumen de 6 datos deberían tratarse entre los detalles de la propuesta final.

### ***3.1.1 Proyecto de reanálisis NCEP/NCAR (1958-1997)***

El proyecto de reanálisis NCEP/NCAR es una iniciativa conjunta de los National Centers for Environmental Prediction (NCEP, antes “NMC”) y el National Center for Atmospheric Research (NCAR). El objetivo de este esfuerzo conjunto era producir nuevos análisis atmosféricos mediante el uso de datos históricos y el análisis del estado atmosférico vigente (Sistema de Asimilación de Datos Climáticos, SADC). Si bien el resultado no cuenta con derechos de autor, se han establecido tarifas nominales para copiar datos de los archivos del NCAR (Boulder Co. Estados Unidos) y CDC (Boulder Co. Estados Unidos). La asimilación de datos y el modelo usado son idénticos al sistema global implementado el 11 de enero de 1995 en el NCEP, excepto que la resolución horizontal es T62 (aproximadamente, 210 km). Varias fuentes de observación brindadas por diferentes países y organizaciones, y que no están disponibles en tiempo real, han ampliado la base de datos. Referencia: Kalnay y otros, Bull AMS, 1996, 77, 437-471 y <http://wesley.wwb.noaa.gov/reanalysis.html>

### ***3.1.2 Proyecto de reanálisis ECMWF***

El archivo de reanálisis ECMWF (ERA) contiene análisis globales y predicciones de corto alcance sobre todos los parámetros climáticos relevantes desde 1979, año en que se realizó el primer experimento GARP (FGGE) a escala mundial. Los servicios de datos ECMWF pueden brindar información sobre qué años están disponibles. El modelo de resolución completa para el ERA es el Spectral T106, N80 gaussiano (equivalente aproximadamente a 1,125 grados de latitud/longitud) con 31 niveles de modelos híbridos en la vertical. Además, los datos del aire superior están disponibles en 17 niveles de presión. Todos los datos se encuentran en el formato estándar internacional GRIB. El proyecto ECMWF tiene limitaciones de derechos de autor y costos significativos de acceso. Además, aún no está claro si se puede llegar a acuerdos convenientes sobre la distribución limitada de un subconjunto de estos datos. Referencia: <http://www.ecmwf.int/data/era.html>

### ***3.1.3 Otros datos meteorológicos***

Actualmente, la oficina de asimilación de datos (DAO) del Goddard Space Flight Center de la NASA (Maryland, Estados Unidos) está elaborando una cuadrícula de datos atmosféricos globales de varios años para investigaciones climáticas, lo que incluye aplicaciones químicas en

la troposfera. Los datos, que estarán disponibles para la comunidad científica, son adecuados para investigaciones climáticas ya que son producidos por un sistema de asimilación fija diseñado para minimizar la rotación del ciclo hidrológico. Esta asimilación produce una cuadrícula de datos de 2 x 2,5 latitud/longitud por 20 niveles en intervalos de 6 y 3 horas. Los datos incluyen altura del aire superior, vientos, temperatura y humedad, así como varias cantidades derivadas tales como calor radiactivo, precipitación, humedad de la tierra, etc. Referencia: Schubert y otros, 1993, Bull. Amer. Meteor. Soc., 74, 2331-2342. Véase <http://hera.gsfc.nasa.gov/experiments/assim54A.html>

### **3.2 Emisiones de la fuente**

Cada experimento debe incluir, por lo menos, la ubicación (grados decimales) y altura de la descarga, así como la cantidad de contaminantes descargados (kg) en función del tiempo (UTC). Algunos episodios accidentales (como las erupciones volcánicas) pueden contar con muy poca información documentada sobre descarga, excepto el tiempo inicial y la localización. Sin embargo, estos episodios pueden brindar estadísticas valiosas sobre el rendimiento del modelo con respecto a direcciones de transporte de contaminantes o estimados cuantitativos de las concentraciones. Otros detalles posibles de la fuente deberían ser la naturaleza y la especie de la traza o contaminante: si es pasivo, si es soluble, su vida media, así como información sobre los niveles de fondo en la atmósfera. Si las cantidades de la emisión en función del tiempo, ya se conocen, esta información se puede guardar en un simple archivo ASCII, con un registro para cada periodo de emisión, con información sobre el tiempo de inicio, el de finalización, la altura y la cantidad. Todos los campos deben estar delimitados, de manera que se puedan usar fácilmente en otros programas o aplicaciones en hoja de cálculo.

### **3.3 Información sobre el muestreo**

El muestreo de contaminantes puede consistir en una foto instantánea como una foto de satélite, o representar promedios temporales en un lugar fijo, o un promedio espacial como una muestra tomada desde el aire. La recolección de distintas muestras, sin considerar la plataforma, comparte algunas de las características de los datos (altura, ubicación, tiempo, duración, etc.) mientras que las fotos de satélite son un producto único para la verificación de modelos y su interpretación puede ser subjetiva debido a los diferentes tipos de información que se pueden obtener de los datos. En esta área pueden surgir problemas.

Si bien la consistencia es muy importante, no está claro si se la puede alcanzar en un 100 %. Las normas deben establecerse cuando los ceros sean significativos y se incluyan en el archivo. Algunos experimentos pueden reportar hasta 80-90% de las observaciones como ceros si se encuentran lejos del centro de la pluma. La falta de información se debe diferenciar de las lecturas que arrojan cero.

#### ***3.3.1 Muestras de plataforma fija o móvil***

A pesar de la redundancia, cada muestra debe identificarse en un registro único que contenga datos sobre la fecha, el tiempo, la ubicación, la altura y la concentración a fin de mantener cierta consistencia en el formato entre las plataformas de muestreo. De esta manera, las ubicaciones

fijas de muestreo en el terreno y las muestras recolectadas desde el aire se pueden combinar en una sola base de datos.

### ***3.3.2 Fotos de satélite***

Existen varios problemas asociados con el uso de fotos de satélite: la posibilidad de recuperarlas desde los archivos, la existencia de canales múltiples, el gran volumen de datos por fotografía y la interpretación cuantitativa de las dimensiones de la nube de contaminantes. Todas las imágenes se deben convertir a una proyección geográfica estándar que pueda correlacionarse fácilmente con los resultados del modelo. Por lo general, estos datos solo se usan para verificar erupciones volcánicas y humos de incendios de gran escala. Aún existe mucha incertidumbre con respecto al uso de estos datos. Por ejemplo, ¿cómo se cuantifican y comparan los resultados del modelo con las imágenes?, ¿cómo se define el límite de la imagen en los modelos?, ¿se deben procesar las imágenes de satélite y archivar solo los vectores que definen la pluma? Aún no está claro si existe consenso para crear una base de datos uniforme a partir de estas imágenes. Si bien resulta tentador descartar el archivo de satélite por las complicaciones que supondría para las primeras fases de este proyecto, la totalidad de episodios que se puede simular y la relevancia y singularidad de los datos para la industria de la aviación sugieren que quizás se deba considerar el desarrollo de una verificación correspondiente a través de archivos de satélite. Los nuevos satélites en órbita brindarán medidas más cuantitativas del aerosol y podrían ofrecer suficiente información complementaria para usar adecuadamente los archivos antiguos.

### ***3.3.3 Datos no convencionales***

En algunos experimentos reportados, solo se dispone de datos derivados tales como el ancho de la pluma en función de la distancia, en lugar de concentraciones de aire. Otros datos pueden ser la precipitación, que puede derivarse de diversos métodos de medición y durante distintos periodos de acumulación en cada punto. Estos experimentos deberían evaluarse caso por caso para determinar su inclusión en el archivo mayor.

## **4. Bases de datos experimentales potenciales**

La base de datos solo debe incluir experimentos donde la distancia de transporte desde la fuente hasta la mayoría de sitios de muestreo sea mayor que 200 km. Este es el rango donde existe una transición desde el control de dispersión de las capas límites planetarias hasta la influencia sinóptica 2-D a gran escala sobre la dispersión. Si bien una base de datos de verificación a mesoescala sería de gran utilidad en el futuro, ya que muchos modelos de transporte de largo alcance se extienden con éxito a mesoescalas, esta base de datos requeriría sin duda un considerable trabajo adicional debido al gran número de experimentos desarrollados en esa escala. Actualmente, H. Olesen está construyendo una base de datos similar para experimentos de muy corto alcance en RISO (tales como Kincaid, Copenhagen, Lillestrom e Indianapolis). A medida que esta propuesta avanza hacia la etapa de diseño, los dos esquemas deben consultarse a fin de beneficiarse del desarrollo de ambos en términos de estándares de datos, métodos estadísticos y bibliografía.

Se deben establecer guías para determinar los datos que deben incluirse en este archivo. Por lo general, existen tres tipos de experimentos:

- 1) experimentos controlados en los que se conoce la tasa de descarga de contaminantes;
- 2) experimentos accidentales en lo que se desconoce (y nunca se conocerá) esa información, por ejemplo, erupciones volcánicas, y
- 3) experimentos de transporte tales como emisiones de globos aerostáticos.

El grupo controlado incluiría episodios tales como el accidente de Chernobyl, donde la fuente se reconstruyó luego del hecho. Los experimentos controlados brindan datos cuantitativos sobre concentración y precipitación. Sin embargo, cada experimento presenta diferentes limitaciones, generalmente relacionadas con la cantidad de muestras analizables. Con frecuencia, los experimentos con una resolución espacial y temporal detallada se limitan a unos cuantos casos. Los que abarcan muchos episodios tienen una baja resolución espacial o temporal de muestreo. Cada experimento puede servir para un propósito distinto de verificación o elaboración de modelos. Las emisiones accidentales descontroladas como las erupciones volcánicas, pueden presentar pocos o ningún dato cuantitativo de muestreo, pero aun así tener un gran historial temporal de imágenes fotográficas de satélite sobre las posiciones de la pluma.

A continuación, se presenta un resumen de experimentos potenciales, conocidos por los miembros del grupo de trabajo. Cada experimento contiene referencias y datos disponibles. Asimismo, existe un considerable número de experimentos, menos conocidos por este grupo, que debe revisarse. Las etapas iniciales del diseño de la base de datos deben incluir una búsqueda bibliográfica integral, cuyos resultados se incorporen a la base de datos sin considerar si los experimentos individuales sean incluidos o no.

#### **4.1 Experimentos controlados en el campo**

##### ***4.1.1 Estados Unidos, Idaho, Kr-85, 1974***

Tres meses de emisiones de Kr-85 y un muestreo de 12 horas continuas en 13 ubicaciones en una línea de aproximadamente 1.500 km a sotavento. Limitaciones: muchas muestras cercanas al nivel de fondo y su variabilidad es comparable con la señal. Ventaja: la serie continua de tiempo muestra pocas plumas distintivas y únicas ya que el transporte se dio a través de las Montañas Rocosas. Datos disponibles: solo en publicación. Referencia: *Atm. Environ.*, 1982, 16: 2763-2776.

##### ***4.1.2 Estados Unidos, Oklahoma, PFT, 1980***

Una sola emisión del trazador de perfluorocarbono (PFT) durante tres horas, con muestras de tres horas de duración en cerca de 40 sitios en 600 km a sotavento de la emisión. En tres ubicaciones de hasta 2.000 km a sotavento, se midió un trazador adicional de metano pesado (HM, Heavy methane:  $^{12}\text{CD}_4$  y  $^{13}\text{CD}_4$ ), emitido simultáneamente con el PFC. Limitaciones: episodio único con emisiones en condiciones predefinidas. Ventaja: historial temporal y espacial detallado a medida que la pluma pasa el área de muestreo de 600 km, bajo condiciones únicas de corriente

de chorro nocturna y concentraciones máximas de trazadores secundarios. Datos disponibles: solo en publicación. Referencia PFC: Tech. Report EPA-600, con copia en:

<ftp://www.arl.noaa.gov/pub/tracer/captex>

Referencia HM: M.M. Fowler y S. Barr, 1983, *Atm. Environ.*, 17:1677-1685.

#### ***4.1.3 Estados Unidos, CAPTEX, PFT, setiembre y octubre de 1983***

El Cross Appalachian Tracer Experiment consistió en seis emisiones de PFT durante tres horas, independientes una de otra, cuatro de Dayton, Ohio y dos de Sudbury, Ontario, Canadá. Las muestras fueron recolectadas aproximadamente en 80 sitios, ubicados a 300 y 800 km de la fuente, generalmente cada seis horas durante 48 horas por cada emisión. Ventajas: disponibilidad de múltiples muestras tomadas desde el aire para muchas emisiones a distintas distancias a sotavento. Datos disponibles: <ftp://www.arl.noaa.gov/pub/tracer/captex>. Referencia: NOAA Tech Memo ERL ARL-142.

#### ***4.1.4 Ucrania, accidente de Chernobyl, abril de 1986***

Una emisión de 10 días de duración con mediciones extensas de la concentración y precipitación del aire. Limitaciones: aún existen controversias con respecto a emisiones reconstruidas y existe poca información sobre la precipitación diaria con la lluvia de Cs-137. Ventaja: son los únicos datos que contienen mediciones extensas de las concentraciones del aire y de la precipitación radiactiva con la lluvia y en partículas acumuladas, con mayor cantidad de datos disponibles ahora que cuando se publicó la mayoría de los estudios iniciales. Datos disponibles: concentraciones de Cs-137 e I-131 en el aire, y precipitación diaria y acumulada de Cs-137 disponibles en el banco de datos de REM en JRC Ispra: <http://java.ei.jrc.it/>. Referencia: Klug y otros, *Evaluation of long-range atmospheric models using environmental radioactivity data from the Chernobyl accident*, EUR 14148 EN, Elsevier, 1992, ISBN 1-85166-766-0.

#### ***4.1.5 Estados Unidos, ANATEX, PFT, enero-marzo de 1987***

El Across North America Tracer Experiment consistió en el muestreo de 66 emisiones de PFT (dos grupos de 33, en dos ubicaciones distintas) cada dos días y día y medio, respectivamente. Se recolectaron muestras de aire durante periodos de 24 horas en cerca de 60 sitios que abarcaban gran parte del este de los Estados Unidos y el sudeste de Canadá. El muestreo desde el aire se limitó a unos cuantos cientos de kilómetros de las fuentes. Limitación: la resolución temporal y espacial es deficiente. Ventaja: varias plumas distintivas de trazadores se mueven a través de la red de muestreo bajo diferentes condiciones meteorológicas. Datos disponibles: <ftp://www.arl.noaa.gov/pub/tracer/anatex>. Referencia: NOAA Tech Memos ERL ARL-165, 167, 175 y 177.

#### ***4.1.6 Estados Unidos, Sudoeste de Mohave, PFT, 1992***

Emisiones continuas durante dos periodos de un mes (verano e invierno). Muestreo diario en varias ubicaciones en terrenos complejos dentro de un área de varios cientos de kilómetros.

Datos disponibles: <ftp://eafs.sage.dri.edu/currproj/mohave>. Referencias: contáctese con Mark Green ([green@snc.dri.edu](mailto:green@snc.dri.edu)).

#### **4.1.7 Europa, ETEX, PFT, 1994**

Dos emisiones de PFT con un muestreo de tres horas en 167 ubicaciones a 2.000 km de la fuente durante tres días. Limitación: solo un número limitado de mediciones está disponible para la segunda emisión, que ocurrió durante un paso frontal. Ventajas: se dispone de mediciones de trazadores desde el aire, si bien aún no se han evaluado de manera exhaustiva. Datos disponibles: en <http://www.ei.jrc.it/etex/>. Referencias: publicaciones EUR en elaboración, presentadas como edición especial de Atm. Environ.

#### **4.1.8 Estados Unidos, costa del Atlántico central, ACURATE, Kr-85, 1982-1983**

El experimento ACURATE consistió en medir las concentraciones de criptón-85 en el aire, dicho experimento fue producido por las emisiones de la planta del río Savannah, Carolina del Sur. Las concentraciones promedio en el aire se recolectaron dos veces al día (12 horas), durante 19 meses (marzo de 1982 a setiembre de 1983) en cinco ubicaciones a lo largo de la costa este de los Estados Unidos a una distancia de 300 y 1.000 km de la planta. Limitación: el experimento solo se realizó en cinco puntos, de los cuales solo uno o dos mostraban señales por encima del nivel de fondo. Ventaja: es el único experimento que comprende las cuatro estaciones y donde 750 de 3.858 muestras presentan señales por encima del nivel de fondo. Datos disponibles: <ftp://www.arl.noaa.gov/pub/tracer>. Referencia: NOAA Tech Memo. ERL ARL-130.

#### **4.1.9 Australia, Monte Isa, pluma de SO<sub>2</sub>, 1979-1981**

Mediciones realizadas por la Division of Coal and Energy Technology, CSIRO. Datos disponibles: [john.carras@syd.dcet.csiro.au](mailto:john.carras@syd.dcet.csiro.au). Referencias: Carras y Williams, 1981, Atm. Environ., 15:2205-2217 y 1988, Atm. Environ., 22:1061-1069.

#### **4.1.10 Inglaterra, experimento en el Mar del Norte**

El transporte de SF<sub>6</sub> de una estación de energía del sur de Yorkshire a través del Mar del Norte. Referencias: A.S. Kallend y J. Crabtree, "The fate of atmospheric emissions along plume trajectories over the North Sea; Final Report". Leatherhead: Central Electricity Research Laboratories TPRD/L 2340/R82, 1983 y J. Crabtree en la 13ª Conferencia OTAN/CCMS (1982) y J. Crabtree en Air Pollution Modelling and its Applications III, Plenum Press, pp. 129-138.

#### **4.1.11 Inglaterra, accidente de Windscale, 1957**

Referencias: J. Crabtree, "The travel and diffusion of the radioactive material emitted during the Windscale accident", Q. J. Roy. Met. Soc., 85 (362), 1959; A.C. Chamberlain, "Deposition of iodine-131 in Northern England in October 1957", Q. J. Roy. Met. Soc., 85 (350), 1959; J. Gray y otros, "Discharges to the environment from the Sellafield site 1951-1992", J. Rad. Prot., 15(2), 1995.

#### ***4.1.12 Europa, experimentos TRACT-TRANSALP, 1989-1992***

El experimento TRACT está relacionado con el transporte a mesoescala de contaminantes a cientos de kilómetros de distancia. El TRANSALP consistió en tres campañas en la parte central de los Alpes. Solo en el tercer experimento TRANSALP (1991), se liberó el trazador (PFC) del extremo norte del lago Lucerna y se midió a distancias mayores de 100 km hasta el lago Maggiore en Italia. En las otras dos campañas (1989, 1990), el intervalo de distancias fue considerablemente menor (40 km). También se realizaron mediciones desde el aire. Datos: banco de datos del experimento disponible en JRC Ispra a solicitud del Dr. G. Graziani ([giovanni.graziani@jrc.it](mailto:giovanni.graziani@jrc.it)). Referencia: Special Issue on Transport of Air Pollutants over Complex Terrain (TRACT), *Atm. Environ.*, Vol. 32, abril de 1988, pp 1141-1352.

#### ***4.1.13 Europa, experimento de Oeresund, 15 de mayo al 14 de junio de 1984***

Durante la campaña se realizaron nueve experimentos con trazadores. En cada uno de ellos, el trazador (SF6) se emitió cerca de la costa con el viento en contra y se realizó un muestreo en el Oeresund, a sotavento de la línea costera y otras tierras interiores. Datos: banco de datos del experimento disponible en Risoe, Dr. S.E. Gryning, [sven-erik.gryning@risoe.dk](mailto:sven-erik.gryning@risoe.dk). Referencia: The Oeresund Experiment Data Bank, ISBN 87-550-1592-1.

#### ***4.1.14 Océano Antártico, junio y octubre de 1984***

Cuatro emisiones (enero, junio y octubre) de metano pesado desde el aire y muestreo de tres días en ocho ubicaciones en el nivel del terreno hasta 60 días después de la emisión. Durante este periodo, los muestreos desde el aire fueron limitados. Ventaja: un solo ambiente para el transporte y dispersión en invierno y verano. Limitación: no se analizaron todas las muestras para reducir el costo del experimento. Datos: cuadros de datos suplementarios en microficha disponibles en AGU. Referencia: E.J. Mroz y otros, 1989, *J. Geophys. Res.*, 94(D6), 8577-8583.

### **4.2 Emisiones no controladas (generalmente, solo se dispone de datos de satélite)**

Con respecto a estos episodios, existen quizás más preguntas que respuestas. En efecto, los incendios de maleza y las erupciones volcánicas se deben tratar por separado. Se debe estimar la altura de las emisiones a partir de los archivos de satélite. Es importante distinguir entre nube y ceniza. Los distintos episodios tendrán diferentes ciclos de vida, durante los cuales se puede diferenciar la pluma del nivel de fondo. La resolución de las imágenes dependerá del momento en que ocurran los episodios, es decir, durante el día, cuando se cuenta con imágenes VIS de mayor resolución, o durante la noche, cuando se dispone de rayos infrarrojos. Las imágenes IR se deben procesar para obtener las temperaturas de brillantez y, de esta manera, la altura aproximada de las emisiones. La frecuencia de archivo de imágenes (para reducir los requisitos de almacenamiento) se debe determinar según la evolución temporal de la pluma.

#### ***4.2.1 Estados Unidos, erupción del monte St. Helens, 1979***

Durante el episodio se realizaron observaciones terrestres y de satélite. Referencias: imágenes de satélite de la nube del monte St. Helens disponibles en Holasek y Self (1995) "GOES weather

satellite observations and measurements of the May 18, 1980, Mt. St. Helens eruption”, Journal of Geophysical Research 100: 8.469-8.487, <http://www.geo.mtu.edu/eos/ppages/self.htm>; además, J. Crabtree y M. Kitchen, *Atm. Environ.*, Vol. 18, N°. 6, 1984.

#### ***4.2.2 Filipinas, erupción del monte Pinatubo, 1991***

Referencias: Holasek RE, S Self y AW Woods (1996) Satellite observations and interpretation of the 1991 Mount Pinatubo eruption plumes. *J. Geophys. Res.* 101: 27635-27655.

#### ***4.2.3 Kuwait, pluma de humo originada por incendio petrolero, 1991***

Referencia: J.T. McQueen y R.R. Draxler, 1994, *Atm. Environ.*, 28:2159-2174; K.A. Browning y otros, *Nature*, mayo de 1991, 351, 363-367.

#### ***4.2.4 Episodios recientes***

Si bien algunos de los episodios más recientes aún no han sido documentados en la bibliografía, se pueden obtener imágenes de los archivos de satélite. Estos episodios incluyen la erupción del Rabual de Papúa Nueva Guinea (1994) y del Ruapehu de Nueva Zelanda (1996), los humos del incendio de maleza del Kalimantan, Sumatra, Irian Jaya, Papúa Nueva Guinea (1997), y la nube de polvo de China (abril de 1998).

#### ***4.3 Otros datos de experimentos potenciales***

Los datos obtenidos a partir de vuelos en globos aerostáticos permiten examinar un modelo solo en cuanto al componente relativo al transporte, pero no en el componente referido a la dispersión. Sin embargo, además de la posición del globo, se debe conocer la altitud, que usualmente se tabula con experimentos controlados con globos aerostáticos para varios proyectos de investigación tales como el experimento ACE-1 cerca de Tasmania en 1994 (*J. Geophys. Res.*, 1988, 103:16,297-16,758), los viajes en globo aerostático de Smith/Kavanagh en Australia en 1993 (Mills y otros, 1994, *Aust. Met. Mag.*, 43:29-39), el vuelo de Fossett sobre el Pacífico en febrero de 1995 (*Weather and Forecasting*, 1996, 11:111-114), la carrera europea de globos aerostáticos (K. Baumann y A. Stohl, 1997, *J. Appl. Meteorol.*, 36:711-720) y algunas emisiones de tetroon en la parte central de los Estados Unidos (W.A. Hoecker, 1977, *J. Appl. Meteorol.*, 16:374-383). También podrían sumarse a la lista los vuelos recientes en globo aerostático sobre el Atlántico norte y sur realizados por Fossett así como el reciente experimento ACE-2, una vez que los datos estén disponibles. Cabe señalar que no todos los experimentos con globos aerostáticos cuentan con datos detallados sobre la altura tales como los 190.000 pequeños globos de helio liberados en mayo de 1986 sobre todo el territorio de Estados Unidos, de los cuales se encontraron 8.000 y cuya posición final se reportó (R.A. Stocker y otros, 1990, *J. Appl. Meteorol.* 29:53-62).

## 5. Requisitos del procesamiento de datos

Por lo general, los requisitos de espacio de los datos de muestreo serán mínimos comparados con los campos de datos meteorológicos que acompañarán cada experimento. Se requerirá cierto esfuerzo para digitalizar los datos que no se encuentren en formato digital y reformatear los que ya lo estén. Los cálculos de espacio para datos meteorológicos (presentados a continuación) son bastante modestos para campos de baja resolución (2,5 deg) y razonables para datos de alta resolución (1 deg), ya que por lo menos el conjunto de los principales experimentos realizados con trazadores deben caber en un CD de 640 megabytes.

<b>Experimento</b>	<b>Dominio Latitud x longitud</b>	<b>Periodo días</b>	<b>Baja resolución Megabytes</b>	<b>Alta resolución Megabytes</b>
Idaho	30 x 40	90	15	60
Oklahoma	20 x 30	5	1	5
CAPTEX	15 x 25	20	1	5
ACURATE	15 x 15	570	15	75
Chernobyl	40 x 60	30	10	40
ANATEX	30 x 60	90	20	80
Mohave	10 x 20	80	2	10
ETEX	30 x 40	5	1	5
Total			65	275

Si bien aún no se sabe qué efecto tendría el incorporar datos de satélite, la adición de un CD o más no reduciría la aplicación práctica del archivo. El mayor costo que supondrían estos datos sería el procesamiento requerido para estandarizar las imágenes.

## 6. Análisis estadístico y software de presentación

El paquete estadístico podría presentarse en dos versiones. La primera, que posiblemente ya esté disponible para muchos investigadores, consistiría en un software de propiedad común (por ejemplo, IDL, SAS, gráficos NCAR, etc.) e incluiría algunas rutinas gráficas; en segundo lugar, una versión sin derechos de autor que permitiría a los encargados de elaborar modelos analizar y mostrar los resultados en un formato común a fin de facilitar la comparación entre modelos. Esas versiones pueden ser programas precompilados para computadoras personales con Windows o para el código de fuente "C" o Fortran, que podrían compilarse en estaciones de trabajo Unix. Los recientes avances en la comparación de modelos estadísticos, especialmente los datos ETEX, han demostrado que la evaluación de modelos podría avanzar de los métodos parados de tiempo y estación a enfoques que comparen patrones temporales y espaciales.

## 7. Lineamientos del plan de trabajo

En este momento, no se sabe dónde ni cómo elaborar la base de datos. Es posible estimar los costos requeridos para completarla. Tal vez, se pueda conseguir apoyo de algún gobierno, laboratorio de investigación o contratista. Se requiere supervisión científica. A continuación, se

sintetizan de manera general las tareas necesarias, con un estimado bruto del esfuerzo hombre-meses para cada componente, algunos de los cuales podrían realizarse en forma paralela.

### **7.1 Elaboración del plan de trabajo final por el equipo del proyecto**

Esta etapa incluiría resultados de búsqueda bibliográfica integral para experimentos adecuados, especificaciones técnicas finales y aspectos financieros. Esfuerzo: tres meses.

### **7.2 Desarrollo de un formato electrónico estándar**

Esta tarea supondría encuadrar los diferentes datos experimentales y los programas de aplicación específicos para cada grupo de ellos a fin de crear un producto con un formato común. Si las copias digitales de los datos no están disponibles, se deberán transcribir los resultados publicados en un formato electrónico. Esfuerzo: seis meses.

### **7.3 Datos meteorológicos**

Los datos meteorológicos que corresponden al dominio espacial y al periodo del experimento se deben obtener de uno de los proyectos de reanálisis y luego, extraerse y recomprimirse en un formato común para todos los experimentos. Esfuerzo: seis meses.

### **7.4 Datos de satélite**

Los datos de satélite brindarán imágenes principalmente destinadas a la verificación cualitativa en esta etapa. Dentro de muy poco tiempo, será posible verificar cuantitativamente el transporte y la dispersión de aerosoles con el lanzamiento de instrumentos de POLDER, TOMS, OCTS, MODIS y MISR. Sin embargo, deben existir por lo menos tres imágenes por episodio, incluidas imágenes VIS, para una mayor resolución (cuando ello sea posible), e IR para temperaturas. La resolución debe ser suficiente para obtener información sobre la posición de la pluma, sin alterar el volumen de almacenamiento. Esfuerzo: nueve meses.

### **7.5 Lineamientos**

Brindar guías a los encargados de elaborar modelos para que presenten sus resultados en un formato estándar. Ingresar los análisis estadísticos y usar software de presentación para acceder a datos de experimentos y modelos. Asimismo, proveer un software ejecutable en una plataforma común (es decir, computadoras personales con Windows) o un código determinado (“C” o Fortran), que pueda recopilarse y ejecutarse en los centros de elaboración de modelos. Esfuerzo: seis meses.

### **7.6. Copias de CD**

Obtener varias copias de CD y distribuir las a un público numeroso, quizás junto con un artículo en un importante periódico internacional. La OMM auspiciaría e invitaría, a través de este artículo a un simposio de verificación de modelos. Esfuerzo: seis meses.

## **8. Fuentes de financiamiento**

La OMM debe distribuir este informe con las recomendaciones del grupo de trabajo de la CAS sobre contaminación ambiental y química atmosférica a la IAEA, ICAO y otras instituciones nacionales e internacionales interesadas en el transporte de contaminantes de largo alcance. En cuanto a las fuentes de financiamiento, es necesario identificar quién va a realizar el trabajo, lo cual puede simplificar este problema. Por ejemplo, el financiamiento sobre Acciones de Costos Compartidos de EC DG XII (Ambiente y Clima), que se iniciará el próximo año. Si se identifica una fuente importante de financiamiento, quizás otros estén más dispuestos a contribuir con la culminación del proyecto.

## **9. Miembros del grupo de expertos**

Roland R. Draxler  
Air Resources Laboratory, NOAA, Silver Spring, MD, Estados Unidos  
rdraxler@arl.risc.arlhq.noaa.gov

G. Dale Hess  
Bureau of Meteorology Research Centre, Melbourne, VIC, Australia  
dzh@bom.gov.au

Roy Maryon  
Met Office, Bracknell, Reino Unido  
rhmaryon@meto.gov.uk

Giovanni Graziani  
JRC, Environment Institute, Ispra, Italia  
giovanni.graziani@jrc.it

Werner Klug  
Darmstadt, Alemania  
dg5q@hrzpub.tu-darmstadt.de

Frank Gifford  
Oak Ridge, TN, Estados Unidos

## **Anexo F**

### **SEMINARIO DE LA FAO/CEPE/OIT SOBRE “BOSQUES, INCENDIOS Y CAMBIO GLOBAL”, REALIZADO EN SHUSHENSKOE (FEDERACIÓN RUSA), DEL 4 AL 9 DE AGOSTO DE 1996**

El seminario “Bosques, Incendios y Cambio Global” se realizó a solicitud del gobierno de la Federación Rusa, en Shushenskoe, del 4 al 9 de agosto de 1996, en colaboración con el equipo de especialistas en incendios forestales de la FAO/CEPE/OIT. Las siguientes organizaciones no gubernamentales estuvieron presentes: Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), Asociación Internacional de Investigación de los Bosques Boreales (IBFRA), Stand Replacement Working Group e International Global Atmospheric Chemistry Project (IGAC) del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). El seminario trató los siguientes temas:

- Evaluación de la extensión de tierras afectadas por incendios (bosques y otros terrenos);
- evaluación de los daños causados por incendios destructivos;
- definición de la función de los incendios forestales en:
  - (a) el uso de tierras y los cambios en la cubierta del terreno;
  - (b) las ecosistemas y la conservación de la biodiversidad;
  - (c) los ciclos del carbono y del agua;
  - (d) bosques afectados por la contaminación industrial y radionucleidos, y
  - (e) ecosistemas afectados por el cambio climático.
- control de incendios forestales, información sobre incendios y equipos, y
- nuevos sensores espaciales para detectar incendios.

De acuerdo con esas contribuciones, se formaron grupos de trabajo para hacer un planteamiento general, con conclusiones y recomendaciones que fueron adoptadas por los participantes del seminario (fuente: UNECE TIM/EFC/WP.1/SEM.44/2, del 16 de agosto de 1996, también publicado en International Forest Fire News N°. 15, pp.40-47).

#### **Conclusiones y recomendaciones**

##### **1. Planteamiento general: función de los incendios en el ambiente global**

- 1.1 Si bien tanto los incendios causados por el hombre como los naturales son un fenómeno importante en todas las zonas de vegetación del mundo, sus efectos no siempre son los mismos. Los incendios pueden dañar temporalmente los ecosistemas forestales, deteriorar el sitio en el largo plazo y alterar los regímenes hidrológicos. Esto puede ser perjudicial para la economía, así como para la salud y la seguridad humana.

- 1.2 Debido al crecimiento demográfico, a los cambios en el uso de la tierra, a los efectos acumulativos de los incendios causados por el hombre y al uso excesivo de los recursos vegetales, muchos tipos de bosques, que en el pasado se adaptaron a los incendios, se han vuelto cada vez más vulnerables a ellos.
- 1.3 Por otro lado, en muchos tipos de vegetación de ecosistemas templados, boreales y tropicales, los incendios cumplen una función importante en la conservación de la dinámica natural, la biodiversidad, la capacidad de conducción y la productividad. En muchas partes del mundo, las prácticas sustentables de silvicultura, agricultura y pastoreo dependen del uso de incendios.
- 1.4 Los incendios de vegetación producen emisiones gaseosas y particuladas de gran impacto sobre la composición y el funcionamiento de la atmósfera global. Estas emisiones interactúan con las de la quema de combustibles fósiles y fuentes tecnológicas que son la causa principal del cambio climático generados por el hombre.
- 1.5 El cambio climático global puede afectar los regímenes de incendios e incrementar su ocurrencia y capacidad de destrucción, especialmente en las regiones boreales de Norteamérica y Eurasia.
- 1.6 En muchas partes del mundo, el control de incendios ha sido la práctica tradicional. Sin embargo, muchos países han acordado políticas de manejo de incendios a fin de mantener la función de estos en la remoción de combustibles acumulados que de otro modo, provocarían incendios destructivos, y para detener el avance de los incendios hasta áreas más productivas para los seres humanos que los bosques y las arboledas; estos últimos predominarían ante la ausencia de incendios.
- 1.7 Sin embargo, en muchos países se toman decisiones inapropiadas, generalmente debido a que las autoridades responsables o los encargados del manejo no están debidamente informados sobre los incendios y por la falta de capacitación, tecnología e infraestructura. La gravedad y extensión de los desastres producidos por incendios destructivos de gran escala durante los años recientes, especialmente en países menos desarrollados, podrían haber sido menores si se hubiesen tomado acciones para el control de incendios en el ámbito nacional y se hubiera recibido ayuda de la comunidad internacional.
- 1.8 Si bien la comunidad científica experta en incendios ha progresado considerablemente en la investigación de los efectos globales de estos mediante el uso de tecnologías existentes y el desarrollo de otras nuevas, no existen mecanismos internacionales para recolectar, evaluar e intercambiar sistemáticamente información sobre este tipo de episodios. Tampoco existen mecanismos de control, apoyo y socorro para desastres producidos por incendios a escala internacional.
- 1.9 Las consideraciones antes mencionadas mostraron a los participantes del Seminario de la FAO/CEPE/OIT sobre “Bosques, Incendios y Cambio Global” a adoptar las siguientes conclusiones y recomendaciones:

## **2. Conclusiones**

- 2.1 En este seminario, se ha demostrado el impacto económico y ecológico de los incendios en zonas silvestres en los ámbitos local y global. La probabilidad de grandes desastres mundiales, tales como la transferencia de materiales radiactivos a través de humos provenientes de este tipo de incendios, así como la pérdida de vidas humanas en incendios recientes, está documentada científicamente. Asimismo, se han identificado la falta y la necesidad de una base de datos estadística sobre incendios de alcance global, a través de la cual se pueda cuantificar espacial y temporalmente el impacto económico y ecológico de los incendios. En las condiciones actuales de cambio global, esta base de datos confiable es esencial para el desarrollo sustentable, y para las urgentes necesidades de los organismos encargados del manejo de incendios, los responsables de la elaboración de políticas, las iniciativas internacionales y la comunidad global encargada de elaborar modelos.
- 2.2 Las similitudes de los problemas relacionados con los incendios destructivos son evidentes en todo el mundo, especialmente su creciente incidencia e impacto, así como la reducción de los recursos financieros para su control. Ello enfatiza la necesidad de coordinar los recursos necesarios en el ámbito internacional para afrontar de manera efectiva los grandes desastres producidos por incendios en zonas silvestres.
- 2.3 Debido a que el cambio climático es una realidad virtual, con efectos significativos en las latitudes del norte, los participantes del seminario reconocen que en el futuro, los incendios en zonas boreales y templadas se incrementarán significativamente y, por lo tanto, afectarán la biodiversidad, la distribución forestal por edad y clase, la migración forestal, la sustentabilidad y las reservas de carbono. Es esencial que los futuros regímenes de incendios en estas regiones se puedan predecir de manera precisa a fin de tomar decisiones informadas sobre el control de incendios.

## **3. Recomendaciones**

Los participantes del seminario explicaron esta grave situación al Comité Conjunto para que considere inmediatamente las siguientes recomendaciones:

- 3.1 Se requiere con urgencia información cuantificable sobre la distribución espacial y temporal de los incendios de vegetación en relación con el cambio global y el control de desastres. En vista de las iniciativas recientes del sistema de las Naciones Unidas a favor de la protección del ambiente global y el desarrollo sustentable, el Seminario de la FAO/CEPE/OIT sobre “Bosques, incendios y cambio global” requiere formar una unidad de las Naciones Unidas específicamente diseñada para elaborar un inventario global de incendios a través de los medios más modernos. En un futuro cercano, esta unidad desarrollaría un producto de primer orden y en la próxima década, lo mejoraría. Los datos del inventario de incendios brindarán información básica para desarrollar un sistema global de información sobre este tipo de episodios.

La FAO debe tomar la iniciativa y organizar un foro con otras organizaciones pertenecientes y no pertenecientes a las Naciones Unidas que trabajen en este campo; para

garantizar el cumplimiento de esta recomendación, por ejemplo, se deberían tomar en cuenta las diversas actividades científicas del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP).

Los apéndices I al III a estas recomendaciones (Propuestas preliminares para el desarrollo de un sistema estandarizado de inventario de incendios) describen la información requerida (clases de datos y uso de esos) y los mecanismos para recolectar y distribuir datos del mencionado inventario en una escala global.

- 3.2 El desarrollo de un satélite dedicado a cuantificar la extensión geográfica y el impacto ambiental de los incendios de vegetación recibe gran apoyo. Actualmente, la NASA evalúa esta iniciativa y los participantes de este seminario recomiendan promoverla, así como otras propuestas similares (por ejemplo, el sensor NOMOS en la estación espacial MIR).
- 3.3 Se requiere un proceso oportuno que permita recolectar e intercambiar información sobre incendios destructivos que estén en curso. Se recomienda crear un sitio en Internet para manejar este flujo de información. Esto se puede coordinar gracias a una iniciativa del G7 en marcha, la Global Emergency Management Information Network Initiative (GEMINI), que incluye una propuesta para desarrollar una red global de información sobre incendios a través de Internet..
- 3.4 Se deben establecer mecanismos que promuevan la confianza de la comunidad en sí misma para mitigar los daños causados por los incendios destructivos y que permitan un intercambio rápido y efectivo de recursos entre los países durante el desarrollo de estos episodios. Dado que la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastres (UNDRO) es una organización reconocida, y ha sido establecida para coordinar y responder a emergencias, incluidos los incendios destructivos, se recomienda encomendarle la preparación de las etapas necesarias, en colaboración con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Las medidas adoptadas deben cumplir los objetivos y principios del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN).<sup>1</sup>
- 3.5 Las consecuencias de los incendios en áreas de vegetación contaminadas con residuos radiactivos, así como la falta de experiencia y tecnologías para manejar incendios radiactivos, requieren un programa especial de investigación, prevención y control en el ámbito internacional. Este programa se debe implementar bajo el auspicio de la FAO/CEPE/OIT.
- 3.6 La Wildland Fire 97 International Conference, realizada en Canadá, sirvió como un foro para promover las recomendaciones de este seminario. Fue posible a través del auspicio conjunto de la FAO, UNDRO, UNESCO, DIRDN y el equipo de especialistas en incendios forestales de la FAO/CEPE/OIT.

---

<sup>1</sup> Los participantes de la conferencia de Shushenskoe no estaban informados sobre el cese de actividades de la UNDRO. Actualmente el DIRDN forma parte del Department of Humanitarian Affairs de las Naciones Unidas (DAH).

## **Apéndice I: Propuestas preliminares para el desarrollo de un sistema estandarizado de inventario de incendios**

### **A Los sistemas de inventario de incendios de vegetación en los ámbitos nacional e internacional satisfacen un gran número de necesidades prácticas:**

- 1 Manejo de incendios en el nivel regional y nacional:
  - a Requerimientos de recursos presupuestarios;
  - b seguimiento diario y anual de la actividad, comparada con los niveles normales;
  - c tendencias de largo plazo;
  - d ayuda interinstitucional e intergubernamental, y
  - e cambios en las tendencias de largo plazo
  
- 2 Manejo regional y nacional (no incendios):
  - a evaluaciones integradas y monitoreo de los efectos del incendio en otros recursos;
  - b políticas y reglamentos sobre:
    - i calidad del aire;
    - ii cambio global;
    - iii biodiversidad, y
    - iv otros
  
- 3 Uso internacional del inventario de incendios:
  - a inventario forestal actualizado, disponibilidad de madera, incendios integrados a la recuperación de recursos;
  - b estrategias de mercado;
  - c políticas y estrategias de importación y exportación;
  - d disponibilidad de alimentos y fibras en el terreno;
  - e acuerdos de ayuda interinstitucional e intergubernamental;
  - f seguridad nacional;
  - g evaluación de alimentos y fibras:
    - i pasto y forraje,
    - ii abastecimiento y calidad del agua.
  - h investigación:
    - i cambio global,
    - ii monitoreo integrado de las evaluaciones .
  - i acuerdos provenientes de tratados internacionales:
    - i CNUMAD:
      - convención climática,
      - biodiversidad.
    - ii CSD, IPF,
    - iii Protocolo de Montreal sobre el ozono,
    - iv DIRDN, otros.
  
- 4 Compatibilidad nacional de la utilidad de los datos económicos

## Apéndice II: Información requerida

### A. Clases de información

tipo alfa:

fechas de inicio y término del incendio;  
localización del incendio (latitud, longitud, resolución);  
tamaño del incendio, y  
causa del incendio.

tipo beta:

clasificación de combustibles y bioma, e  
inventario de la carga de combustibles en los bosques, clases de edad y tamaño.

tipo gamma:

caracterización de los incendios (de corona, superficial, etc.);  
consumo de combustible, y  
participación estructural (interfaz entre las zonas silvestre y urbana).

tipo delta (CEPE/FAO actuales):

número de incendios;  
área quemada (según el tipo de bosque), y  
causa de los incendios (número).

tipo épsilon:

datos sobre emisión de gas y aerosol.

tipo eta:

gasto total del programa de incendios;  
costos totales de la supresión de incendios, y  
pérdidas totales directas de madera comerciable, pérdidas estructurales.

## B. Cuadro de decisiones

Uso de la información	Tipo de información					Frecuencia de la información
	alfa	beta	gamma	delta	eta	
Regional y nacional (incendios)						
1. Requerimientos de recursos presupuestarios	x	x				x A
2. Seguimiento diario y anual de incendios	x	x	x			x DSMA
3. Tendencias de largo plazo	x	x	x			x A
4. Acuerdos interinstitucionales	x					x DSMA
5. Asignación de recursos	x	x	x			x DSM
Regional y nacional (no incendios)						
6. Monitoreo de las evaluaciones	x	x				A
7. Reglamentos sobre políticas de calidad del aire	x	x		x		A
8. Reglamentos sobre políticas de cambio global	x	x	x			A
9. Cambio de hábitat	x	x	x			A
Internacional (incendios)						
10. Ayuda intergubernamental	x	x	x			x DSMA
Internacional (no incendios)						
11. Tratados y acuerdos	x	x	x	x		A
12. Seguridad nacional	x	x	x			DSM
13. Investigación		x	x	x	x	A
14. Pronóstico de importaciones y exportaciones	x	x		x	x	A

D = diario, S = semanal, M = mensual, A = anual

## C. Inventario de incendios

La ayuda intergubernamental en los ámbitos bilateral y regional no requiere una base de datos global. Estos acuerdos son regionales y pueden variar según las necesidades de cada región. Si se excluye la seguridad nacional, solo se requieren datos anuales para una base de datos global. Los datos gamma se obtienen a partir de datos alfa; por lo tanto, no es necesario reportarlos de manera separada. Los datos beta sobre combustibles pueden extraerse de otros inventarios siempre y cuando estén estandarizados. Antes de considerar los datos beta, se deben elaborar normas internacionales. Esta base de datos debe incluir todos los incendios de vegetación.

### **Apéndice III: Establecimiento de mecanismos para recolectar y distribuir datos a partir del inventario de incendios en el ámbito mundial**

#### **A. Estado actual del inventario de incendios**

- A Si bien varias naciones desarrollan datos de reportes individuales sobre incendios, muchas regiones del mundo no están incluidas.
- B Solo las naciones miembros de la CEPE y la UE cuentan con mecanismos para intercambiar datos.
- C Los datos que actualmente intercambian consisten en estadísticas que complementan reportes individuales de incendios.
- D Los datos provenientes de sistemas de detección a distancia son cada vez más accesibles, pero solo para los casos de incendios que se pueden identificar mediante señales de calor o huellas en el paisaje.

#### **B. Aspectos adicionales**

- A Se ha identificado una serie de usos del inventario internacional de incendios en el manejo de estos, en políticas y acuerdos ambientales, así como en el crecimiento económico de las naciones.
- B Se ha identificado un inventario que puede ser usado por todas las naciones (véase el informe sobre inventario estandarizado de incendios).
- C Se debe llegar a un acuerdo internacional para elaborar un inventario de incendios (similar al inventario forestal global de la FAO).

#### **C. Implementación**

- A El inventario global de incendios debe consistir en datos individuales sobre la fecha de inicio y término del incendio así como su localización, tamaño y causa. Por lo general, la localización de los incendios a partir de los reportes individuales indica su origen. Es más probable que los datos de la detección a distancia reporten el centro del área quemada. Los reportes sobre incendios, ¿deben indicar el centro en lugar del origen o bien ambos datos?
- B En el futuro, se necesitarán datos sobre la clasificación del bioma y la caracterización de incendios. Se deberán desarrollar normas para esta información adicional.
- C Casi todas las regiones del mundo disponen de un sistema rápido de comunicación electrónica. Los datos del inventario de incendios pueden divulgarse a través de Internet. La FAO es un centro apropiado para compilar y distribuir esos datos.
- D Los datos provenientes de los sistemas de detección a distancia deberán tener el mismo formato que los reportes individuales de incendios y estar disponibles en Internet, donde también se pueden incluir imágenes. Los centros potenciales apropiados para la compilación y distribución de esos datos son ISPRA (UE) o EOS-DIS de la NASA.
- E Las naciones que no puedan proveer datos en formato electrónico deben establecer un formato impreso posible de escanear y transferir fácilmente a un formato electrónico.

## **Anexo G**

# **TALLER DE LA OMM SOBRE HUMOS Y NEBLINA TRANSFRONTERIZOS EN EL SUDESTE ASIÁTICO, SINGAPUR, DEL 2 AL 5 DE JUNIO DE 1998**

### **Resumen ejecutivo**

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) organizó un taller regional sobre humos y neblina transfronterizos en el sudeste asiático como parte de su respuesta continua a los incendios forestales, que causaban problemas ambientales y de contaminación del aire en toda la región. El taller, organizado por el Servicio Meteorológico de Singapur y co-auspiciado por el Banco Asiático de Desarrollo, se llevó a cabo en Singapur, del 2 al 5 de junio, y contó con la presencia de representantes de los National Meteorological and Hydrological Services (NMHS), el ASEAN Specialized Meteorological Center (ASMC), centros meteorológicos regionales especializados (CMRE), otras instituciones y organismos involucrados en actividades relacionadas con los incendios, así como expertos invitados.

La reunión tuvo como tema central los episodios de humos y neblina ocurridos durante 1997 y 1998, que afectaron las operaciones de aviación civil, el transporte marítimo, la producción agrícola, el turismo y la salud de la población en la región. El objetivo del taller fue promover la cooperación regional e internacional a través de la revisión de las lecciones aprendidas en dicha temporada de incendios, así como planificar y coordinar las actividades de implementación orientadas a mejorar la capacidad de los NMHS para manejar episodios de humos y neblina transfronterizos. Esto incluyó discusiones sobre planes regionales tales como el Programme to Address ASEAN Regional Transboundary Smoke (PARTS) de la OMM y el Plan de Acción Regional para Caso de Neblina (PARN, Regional Haze Action Plan).

El taller se centró en cuestiones operativas, especialmente en:

- evaluación de los sistemas actuales de medición y posibles mejoras en la capacidad regional para evaluar los efectos del humo y la neblina en la salud y el ambiente;
- capacidades regionales para brindar apoyo meteorológico durante episodios graves de humo, incluido el mejoramiento de los pronósticos diarios de los modelos de transporte atmosférico (MTA) sobre trayectoria y dispersión de humos;
- función de la detección a distancia para identificar y rastrear incendios, plumas, aerosoles y otros contaminantes emitidos, y
- mejoras en el intercambio de información y coordinación de actividades entre autoridades nacionales, NMHS y organismos internacionales y regionales relacionados con episodios de humo, neblina y otras formas de contaminación transfronteriza.

Una lección importante de los incendios ocurridos en el sudeste asiático es que el humo y la neblina no reconocen fronteras nacionales. Dichos incendios se vieron exacerbados por las sequías en la región debido al fenómeno de El Niño. Los servicios meteorológicos cumplieron una función crucial en la respuesta a estos problemas. Esta contribución se realizó a través de las siguientes acciones:

- (i) monitoreo y pronósticos meteorológicos diarios;
- (ii) actividades especializadas que incluyeron la identificación de “manchas” calientes a través de imágenes de satélite, modelos sobre trayectoria de la neblina, compilación mensual y estacional de pronósticos climáticos y mejoramiento de las actividades de monitoreo de la calidad del aire, y
- (iii) divulgación oportuna de información sobre neblina y humos a los organismos gubernamentales y al público en general.

Se comparó con eventos previos los incendios de 1997 y 1998. Los registros muestran que desde 1970 se reportaron por lo menos nueve episodios de humos y neblina en la región, que ocurrieron con mayor frecuencia durante los periodos del fenómeno de El Niño. Estos episodios pueden volver a ocurrir ya que los planes actuales requieren una conversión continua del terreno a gran escala. Por ello, existe una necesidad apremiante de desarrollar e implementar planes de acción relacionados con la neblina.

Los servicios meteorológicos cumplen una función muy importante durante los episodios de incendios. Por lo tanto, se debe fortalecer su capacidad para brindar advertencias y pronósticos oportunos a fin de anticiparse a futuros riesgos de humos y neblina, y ayudar a los encargados de tomar decisiones a manejar estos episodios. Con este propósito, el taller elaboró las siguientes recomendaciones.

## **Recomendaciones**

El taller formuló recomendaciones sobre la elaboración de modelos (A), la detección a distancia (B), las mediciones y el monitoreo (C) y el intercambio de información (D).

### **A. Elaboración de modelos**

Mejorar las capacidades regionales para brindar apoyo meteorológico mediante mejores pronósticos de las oscilaciones del clima provocadas por El Niño (ENSO) y la variabilidad climática, trayectorias diarias de humo y pronósticos de dispersión a través de modelos de transporte atmosférico (MTA). Para ello se debe:

- (a-1) Mejorar las capacidades regionales de predicción climática para interpretar los pronósticos globales.
- (a-2) Desarrollar programas flexibles que dependan de la situación y permitan el uso de mediciones meteorológicas mejoradas (frecuencia de expansión y cobertura espacial) durante episodios graves de humos y neblina, y un empleo más amplio

de productos meteorológicos derivados del satélite que sirvan de información a los modelos.

- (a-3) Implementar modelos de trayectoria y dispersión en los servicios meteorológicos locales y usar las capacidades disponibles para producir modelos de áreas locales (MAL) en el ámbito regional.
- (a-4) Mejorar el rendimiento del modelo a través de estudios de casos, ejercicios de prueba y posibles exámenes con trazadores.

## **B. Detección a distancia**

Mejorar la habilidad de caracterizar la actividad del fuego y rastrear el movimiento de humos y neblina mediante el fortalecimiento de las capacidades de detección a distancia. Para ello se debe:

- (b-1) Mejorar los aspectos operativos a través de disposiciones que favorezcan el análisis de “manchas” calientes, la armonización de los recuentos de incendios con un algoritmo de detección única mediante la transmisión en tiempo real de datos de alta resolución obtenidos de satélites y esfuerzos para verificar los recuentos de incendios e información sobre el área de quema a través de actividades en el terreno.
- (b-2) Realizar esfuerzos para estimar el aerosol y los gases traza emitidos por los incendios mediante la combinación de recuentos de estos episodios y el área de quema, junto con una mejor caracterización de las fuentes en los diversos sistemas ecológicos y de uso de tierras.
- (b-3) Fomentar el desarrollo de la próxima generación de satélites. Esto incluye un nuevo detector optimizado de canal-3 de la NOAA para estudiar incendios, satélites para un monitoreo más preciso y uso de un radar aéreo para evaluar el área quemada y, sequedad de la vegetación, así como sistemas de radares infrarrojos para medir la distribución vertical de gases y aerosoles traza.

## **C. Mediciones y monitoreo**

Fortalecer los esfuerzos regionales de monitoreo para evaluar los efectos del humo y la neblina en la salud humana y el ecosistema, ayudar a validar los modelos de transporte atmosférico y caracterizar las fuentes de emisión. Para ello se debe:

- (c-1) Mejorar las redes de monitoreo existentes para medir las cantidades de humo y neblina lo cual incluye masa de aerosol ( $MP_{2.5}$ ,  $MP_{10}$ ), visibilidad, profundidad óptica y parámetros meteorológicos. Se prevén dos niveles de estaciones de observación: un nivel base, que comprende pocos parámetros de medición pero con gran consistencia en la red, y otro con mediciones más completas. En los lugares seleccionados, se deben medir las cantidades de sustancias químicas

claves, incluidos los aldehídos y otros contaminantes traza (CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, COV, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>), la composición del aerosol y la radiación ultravioleta.

- (c-2) Establecer estaciones de monitoreo adicionales, entre ellas estaciones basadas en el tamaño de la población, en áreas no cubiertas por las redes existentes (por ejemplo, Kalimantan).
- (c-3) Promover el intercambio científico de datos de medición validados y la armonización de los índices regionales de contaminación del aire (ICA) usados en sistemas regionales de alerta para casos de humos y neblina.
- (c-4) Formular protocolos uniformes para el muestreo, incluidos procedimientos de reporte y resolución temporal. Incrementar los esfuerzos orientados al mejoramiento del AC y CC, a partir de los componentes del programa de Vigilancia Mundial de la Atmósfera (VMA) de la OMM (OMM, Informe N°. 113 del GAW).

#### **D. Intercambio de información**

Mejorar el manejo de los episodios de contaminación causados por humos y neblina (y otras formas de contaminación transfronteriza) a través de un mayor intercambio y coordinación de la información. Esto incluye:

- (d-1) Mejorar el sistema actual de divulgación de datos y otra información relevante mediante el uso de GTS para datos meteorológicos y resultados de las cuadrículas de modelos, así como sistemas de Intranet e Internet, para datos no estandarizados.
- (d-2) Incrementar el intercambio de información relevante, lo que incluye datos meteorológicos (especialmente, precipitación), sobre calidad del aire (por ejemplo, índices de contaminación del aire) y pronósticos de la trayectoria y de la pluma. Un elemento importante es la armonización de datos y resultados para una toma de decisiones más efectiva en tiempo real.
- (d-3) Coordinar las responsabilidades y acciones de respuesta en caso de emergencias con los servicios meteorológicos nacionales de la región, cuya función principal es brindar información y pronósticos dentro del ASMC, pero con la opción de buscar información adicional en otros CMRE, y llegar a acuerdos bilaterales.
- (d-4) Mejorar los mecanismos para revisar regularmente la coordinación operativa entre los NMHS y las actividades relacionadas con el Plan de Acción Regional para Caso de Neblina y recomendar cambios y mejoras a estos planes.
- (d-5) Desarrollar vínculos entre los servicios meteorológicos y otros organismos nacionales, regionales e internacionales y programas científicos con intereses comunes tales como IGBP/IGAC.

Asimismo, se reconoció que los incendios forestales de gran escala y sus efectos socioeconómicos y en la salud son frecuentes en otras partes del mundo, principalmente en Centroamérica, Sudamérica y África. Por lo tanto, se recomendó que los organismos relacionados con estas regiones revisen las deliberaciones de este taller. Por otro lado, se enfatizó la necesidad de organizar lo más pronto posible una reunión de expertos para tratar la situación actual en Centroamérica y Sudamérica.

El taller concluyó con una sesión plenaria a la que se unió una delegación del Taller Birregional sobre efectos en la Salud de la Contaminación del Aire Relacionada con la Neblina, organizado por la Oficina Regional de la OMS para el Pacífico Occidental realizado en Kuala Lumpur, Malasia, del 1 al 4 de junio de 1998. Los objetivos de la reunión fueron: a) revisar los problemas sobre la contaminación del aire relacionada con la neblina y los resultados de la investigación; b) identificar las necesidades futuras de investigación para apoyar la toma de decisiones con respecto a la neblina y c) desarrollar medidas y estrategias de protección de la salud. El taller llegó a la conclusión de que los episodios de neblina constituyen un riesgo sustancial para la salud pública como lo demuestra la emisión continua de normas y guías de calidad del aire para material particulado (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>), el incremento de las visitas a hospitales debido a problemas respiratorios en las regiones más afectadas, la mayor frecuencia de ataques en niños asmáticos y la deficiencia pulmonar en niños en edad escolar. El riesgo de efectos de largo plazo en la salud debido a estos episodios es mucho más difícil de percibir.

Los representantes que asistieron al taller de la OMM reconocieron que las recomendaciones desarrolladas por los talleres de la OMS y OMM son complementarias y promovieron una mayor cooperación para vincular los aspectos meteorológicos y de salud de la contaminación transfronteriza.

## **Referencia**

OMM, GAW Report N°. 131, Taller de la OMM sobre Humos y Neblina Transfronterizos en el Sudeste Asiático (Singapur, 2 al 5 de junio de 1998), Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.

## **Anexo H**

# **TALLER BIRREGIONAL DE LA OMS SOBRE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE RELACIONADA CON LA NEBLINA EN LA SALUD**

**Kuala Lumpur, Malasia, del 1 al 4 de junio de 1998**

### **Resumen ejecutivo**

#### **Objetivos del taller**

El Taller Birregional sobre Efectos de la Contaminación del Aire Relacionada con la Neblina en la Salud se llevó a cabo en Kuala Lumpur, Malasia, del 1 al 4 de junio de 1998, y fue organizado por las Oficinas Regionales de la Organización Mundial de la Salud para el sudeste asiático y el Pacífico occidental.

Los objetivos del taller fueron:

- (1) revisar y resumir los resultados de la investigación y la información adicional que fuera relevante sobre los efectos de la contaminación del aire relacionada con la neblina en la salud;
- (2) identificar las necesidades de información técnica e investigación adicional para tomar en el futuro mejores decisiones relacionadas con la neblina, y
- (3) presentar a los países afectados e instituciones de ayuda externa medidas y estrategias preliminares para reducir dichos efectos, lo que incluye aspectos de cooperación internacional.

El taller contó con la presencia de 17 participantes y cinco observadores de siete países del sudeste asiático y Papúa Nueva Guinea, cuatro consejeros temporales, diez representantes de siete organismos internacionales y cuatro miembros del personal de la OMS que actuaron de secretarios. Las actas incluyeron la presentación de informes nacionales e investigaciones acerca de los efectos de la neblina en la salud, documentos de trabajo a cargo de asesores temporales y representantes de organismos internacionales, así como discusiones plenarias y grupales sobre las necesidades de investigación, las medidas de reducción del impacto en la salud y la cooperación internacional.

Las deliberaciones del taller generaron conclusiones en las siguientes cuatro grandes áreas:

### **Conclusiones sobre los resultados de la investigación del problema de la contaminación del aire relacionada con la neblina:**

- (1) Los episodios de neblina ocurridos en el sudeste asiático durante 1997 y comienzos de 1998 constituyeron un riesgo importante para la salud pública.
- (2) El principal componente de la neblina que afecta a la salud es el material particulado.
- (3) A partir del conjunto de conocimientos disponibles que asocian una variedad de efectos negativos para la salud –no cancerígenos– con partículas contaminantes en las ciudades, no existe evidencia de que las partículas provenientes de distintas fuentes de combustión tengan diferentes efectos en la salud.
- (4) Si bien los efectos de largo plazo en la salud debido a un episodio único de contaminación del aire son difíciles de detectar, se debe prestar atención a las exposiciones repetidas a la neblina.
- (5) Se recomienda seguir protocolos estandarizados para el monitoreo de los efectos en la salud, la calidad del aire ambiental y el análisis de datos a fin de asegurar su comparabilidad.
- (6) Actualmente, en la región se viene realizando una serie de importantes estudios de investigación relacionados con la salud.

### **Conclusiones sobre las futuras necesidades de investigación:**

Al tratar las necesidades primordiales de investigación en salud ambiental, siempre se debe poner énfasis en la investigación y desarrollo de la capacidad de monitoreo de la salud pública. Los requerimientos principales en la región incluyen:

- (7) Investigación sobre nuevos enfoques de mitigación:
  - evaluar la factibilidad de crear “refugios para casos de neblina”;
  - evaluar los enfoques más efectivos para manejar una futura emergencia de neblina con respecto al transporte de grupos vulnerables a los “refugios” y otros métodos de mitigación;
  - evaluar la efectividad de permanecer en ambientes interiores, y
  - evaluar la efectividad de la atención médica oportuna, así como de los esfuerzos de información y toma de conciencia pública sobre la reducción de los efectos en la salud.
- (8) Investigación sobre los efectos del episodio de neblina de 1997, principalmente a través de datos recolectados de manera rutinaria:
  - evaluar los efectos de corto plazo en la salud, incluida la identificación de grupos particularmente sensibles;

- realizar un estudio regional de los efectos de corto plazo en la salud mediante la recolección rutinaria de datos y el uso de metodologías estandarizadas;
  - evaluar todo efecto de largo plazo en grupos seleccionados de personas expuestas en áreas donde se mantengan continuamente datos sobre mortalidad y morbilidad, e
  - identificar las fuentes de exposición a partículas contaminantes, especialmente la contribución relativa de la biomasa y las fuentes mixtas de vehículos motorizados.
- (9) Investigaciones futuras que requieren el desarrollo de nuevos datos sustanciales:
- evaluar la efectividad real del uso de máscaras para polvo por parte de la población en general;
  - investigar las alternativas a las máscaras que podrían ser efectivas como parte del equipo de protección personal para mitigar los efectos en la salud;
  - identificar los mecanismos de impacto en la salud asociados con la contaminación del aire debido a la biomasa, y
  - evaluar el impacto en la salud de contaminantes específicos (por ejemplo, la composición del material particulado, los hidrocarburos aromáticos policíclicos y los compuestos orgánicos volátiles).

### **Conclusiones sobre las medidas/estrategias de reducción del impacto en la salud:**

Se debe otorgar prioridad a la prevención y extinción de incendios.

- (10) Con respecto al monitoreo de la calidad del aire y al pronóstico de episodios, la información sobre la naturaleza y el alcance de la exposición humana a contaminantes ambientales es esencial para evaluar el impacto desde la perspectiva del sector salud.
- (11) Con respecto al control ambiental, la población rural debe reducir su nivel de actividad física y, en ausencia de otras medidas, usar máscaras cuando se encuentre en ambientes exteriores. De ser posible, se deben cerrar ventanas, puertas, etc. para reducir la filtración.
- (12) Con respecto a la protección personal, los trabajadores que deben permanecer en ambientes exteriores durante largos periodos de neblina pueden protegerse con respiradores. Sin embargo, entre las medidas de mitigación, el uso de máscaras debe ser el último recurso.
- (13) El monitoreo de la salud pública debe ser un componente común de las operaciones del sector salud durante y después de los episodios de neblina.

### **Conclusiones sobre la cooperación y la coordinación en los ámbitos internacional e institucional:**

- (14) La cooperación internacional debe implementarse a través de los mecanismos existentes de coordinación regional.

- (15) Entre las áreas que requieren cooperación regional están las siguientes:
- elaboración de guías epidemiológicas sobre contaminación del aire a fin de armonizar las metodologías de investigación con la recolección y el análisis de datos;
  - implementación de estudios conjuntos sobre los efectos del episodio de neblina de 1997 en la salud, incluida la evaluación de datos sobre el monitoreo de la calidad del aire desde una perspectiva de salud pública;
  - fortalecimiento de los recursos humanos y las capacidades nacionales en epidemiología de la contaminación del aire y monitoreo de la salud pública y contaminación del aire;
  - establecimiento de un centro regional que distribuya información sobre investigaciones del impacto de la neblina en la salud, y
  - organización de foros regionales y participación en reuniones internacionales.
- (16) Los participantes de los países interesados y con experiencia prepararán propuestas para proyectos específicos en las áreas de cooperación mencionadas.
- (17) Los organismos internacionales y bilaterales deben implementar de manera coordinada las medidas establecidas en esta reunión, que han sido resumidas en estas conclusiones.

# **TALLER BIRREGIONAL DE LA OMS SOBRE EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE RELACIONADA CON LA NEBLINA EN LA SALUD**

**Kuala Lumpur, Malasia, del 1 al 4 de junio de 1998**

## **Resumen de informes nacionales**

### **Brunei Darussalam**

Desde 1982, el país ha experimentado diversos episodios de neblina. Si bien no se han registrado niveles de contaminación del aire, el episodio ocurrido del 22 al 30 de setiembre de 1997 fue, sin duda alguna, el peor. Entre febrero y abril de 1998, cuando prevaleció un clima seco, las lecturas del índice estándar de contaminación (IEC) fueron mayores a 100 y llegaron hasta 250. Esto condujo a la interrupción de las actividades diarias, al cierre de escuelas y a cambios en los horarios de trabajo del gobierno. La vigilancia de la morbilidad realizada por el Ministerio de Salud indicó un incremento en el número de visitas a hospitales durante los meses pico.

Las medidas adoptadas por el gobierno para responder a episodios de neblina incluyen las siguientes:

- establecimiento de un Comité Nacional sobre Neblina en setiembre de 1997;
- elaboración de un plan de acción nacional con guías de salud;
- lucha contra incendios en el ámbito local, distribución de máscaras respiratorias para niños en edad escolar;
- instalación de una estación totalmente equipada para el monitoreo de aire y ocho estaciones para MP<sub>10</sub>;
- promulgación de leyes más estrictas sobre quema abierta;
- información y educación pública a través del Haze Information Center y volantes;
- suministros para casos de emergencia, y
- cooperación con países vecinos mediante mecanismos de coordinación regional.

### **Indonesia**

Los incendios forestales de 1997 abarcaron 12 provincias de Indonesia en las islas de Sumatra, Kalimantan, Maluku e Irian Jaya, y dañaron aproximadamente 165.000 hectáreas. Durante el periodo pico de neblina, en setiembre y octubre de 1997, se observó un aumento considerable de los casos de asma, bronquitis e IRA en ocho provincias. Se reportaron cerca de 1.800.000 casos de estas enfermedades entre aproximadamente 12.360.000 personas afectadas por la neblina. Bajo la coordinación del Ministro de Bienestar Social se tomaron medidas para reducir y mitigar el impacto de los incendios con la ayuda de la cooperación internacional, que brindó apoyo técnico y material para combatir estos episodios, realizar el monitoreo de la calidad del aire y adoptar medidas de protección personal. Durante el periodo pico de contaminación del aire, en la primera semana de octubre, los niveles de partículas suspendidas totales (PST) excedieron el estándar nacional entre 3 y 15 veces. En Jambi, Sumatra del Norte y Kalimantan central y del

sur, los valores de PST excedieron 15 veces el estándar nacional durante la segunda semana de octubre de 1997. Durante el periodo de neblina, no se realizó ningún monitoreo activo de MP<sub>10</sub>.

A fin de incrementar la conciencia de la comunidad y minimizar el impacto de la neblina en la salud, los funcionarios provinciales del sector fueron capacitados para realizar monitoreos de la calidad del aire y fortalecer la vigilancia de las enfermedades relacionadas con la neblina; además, se distribuyeron máscaras entre los grupos de alto riesgo y se incentivó que los centros de salud pública y privada funcionaran las 24 horas del día. Además, se elaboraron guías para que el personal de salud pudiera responder a emergencias relacionadas con la neblina, se inició un estudio acerca de los efectos de largo plazo en la salud y se estableció un sistema de información y alerta temprana para futuros desastres producidos por la neblina. En febrero de 1998, se llevó a cabo un programa de capacitación sobre monitoreo de la calidad del aire, especialmente MP<sub>10</sub>. Este programa fue organizado por el Ministerio de Salud y la OMS, y estuvo dirigido al personal de salud en las provincias en el marco del establecimiento de un sistema de monitoreo de MP<sub>10</sub> para la alerta temprana y la preparación para eventuales desastres producidos por la neblina.

## **Malasia**

El episodio de neblina que ocurrió entre agosto y octubre de 1997, tuvo el mayor índice de contaminación del aire (ICA), 850, y se registró en Kuching, Sarawak. Los datos sobre vigilancia de la salud recolectados en Klang Valley mostraron un incremento de enfermedades de las vías respiratorias superiores, asma y conjuntivitis relacionado con valores del ICA. En Miri, Sarawak, se produjo un episodio de neblina durante febrero y marzo de 1998; la lectura más alta de ICA (649) se registró el 30 de marzo. Hubo un aumento definido en los casos de enfermedades de las vías respiratorias superiores relacionado con los altos valores del ICA.

Las actividades de respuesta en caso de neblina incluyeron:

- establecimiento de la base de operaciones del Ministerio de Salud en setiembre de 1997;
- implementación del sistema de vigilancia de la salud;
- elaboración de guías de salud;
- información pública a través de medios de comunicación;
- colaboración entre organismos a través del Comité Nacional para Casos de Neblina; y
- preparación e implementación de un procedimiento normalizado de respuesta en casos de neblina.

## **Papúa Nueva Guinea**

Durante los últimos meses de 1997, el problema de la neblina afectó algunas zonas de Papúa Nueva Guinea. Debido a las condiciones prevalentes de viento en ese momento, se cree que gran parte de la contaminación provino de incendios forestales e incendios de maleza ocurridos en Indonesia y Australia, respectivamente. Además, el problema se agravó debido a algunos incendios de maleza producidos en el interior del país y las condiciones de sequía. Durante setiembre, la gravedad del problema de la neblina se reflejó en la cancelación de aproximadamente 50% de los vuelos comerciales.

Si bien no se midió la calidad del aire ambiental, la visibilidad en la ciudad de Port Moresby (el área más afectada) fue de aproximadamente 1 km durante el periodo pico. A pesar de que no se realizaron esfuerzos especiales para vigilar el impacto en la salud, la evidencia sugiere que hubo un incremento en la incidencia de problemas relacionados con enfermedades respiratorias. Sin embargo, el análisis de los datos de salud recolectados de manera rutinaria no indicaron un aumento estadísticamente significativo de estos males.

Debido al impacto relativamente menor del problema de la neblina, las medidas de mitigación adoptadas por el gobierno se centraron en actividades de educación y disseminación de información para minimizar las prácticas tradicionales de tala y quema entre los agricultores ya que las preocupaciones se concentraban en los efectos negativos del fenómeno de El Niño (por ejemplo, graves condiciones de sequía y, por lo tanto, escasez de alimentos y agua potable segura) antes que en una reincidencia del problema de la neblina.

## **Filipinas**

El largo periodo de sequía producido por el fenómeno de El Niño que afectó a la región asiática, especialmente durante agosto y setiembre de 1997, agravó los incendios forestales en Indonesia y generó preocupación en Filipinas con respecto a la posibilidad de un movimiento transfronterizo significativo de contaminación del aire. Filipinas se unió a otros países miembros de la ASEAN para realizar un monitoreo de la neblina y la contaminación del aire. En setiembre, el Department of Environment and Natural Resources (DENR) creó la Haze Task Force con la participación de varios organismos del gobierno. Los organismos participantes fueron el DENR, el Environmental Management Bureau, el Department of Health, el Department of Science and Technology - PAGASA, la Metropolitan Manila Development Authority, el Department of Interior and Local Government y el Department of Trade and Industry. Las responsabilidades del Haze Task Force fueron y son:

- monitorear el movimiento de la neblina producida por incendios forestales en Indonesia y servir como fuente oficial de información en aspectos relacionados con la neblina;
- determinar los peligros para la salud relacionados con la densidad de la neblina y, de acuerdo con ello, informar al público sobre las medidas de mitigación a través de boletines y medios de comunicación escritos, y
- coordinar con otros organismos gubernamentales.

Los efectos de la neblina producida por los incendios forestales en Indonesia se observaron principalmente en las islas del sur de Palawan y Mindanao. Si bien no se disponía de medidas específicas de calidad del aire para material particulado, la visibilidad en estas áreas se redujo 4 a 5 kilómetros durante varios días. No se observó ningún problema de salud directamente relacionado con la neblina.

En enero de 1998, la Haze Task Force elaboró por solicitud de la Regional Haze Task Force, el Plan de Acción Nacional para Casos de Neblina para la ASEAN. Filipinas ha participado en reuniones ministeriales y de la Regional Task Force sobre el problema de la neblina en Singapur,

Malasia y Brunei. Además, se ha planificado una campaña integral de información sobre neblina y contaminación del aire, con énfasis en las medidas de prevención, control y protección.

### **Singapur**

Existen 15 estaciones de monitoreo de la calidad del aire en todo el país, de las cuales 12 son estaciones ambientales y tres están ubicadas en las carreteras. Durante el periodo de neblina de 1997, el índice estándar de contaminantes (IEC) fue superior a 100 durante 12 días; la lectura más elevada fue 138. Aproximadamente, 94% de las partículas de neblina tenían un diámetro menor de 2,5  $\mu\text{m}$ . La vigilancia de la salud mostró un incremento de 30% en la atención hospitalaria por enfermedades relacionadas con el episodio. El aumento en los niveles de  $\text{MP}_{10}$  de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  estuvo relacionado con un incremento de 2% de casos de enfermedades de las vías respiratorias superiores, 19% de casos de asma y 26% de casos de rinitis. No se observó ningún aumento significativo en las admisiones hospitalarias ni en la tasa de mortalidad.

El público recibió asesorías en salud y se estableció la National Haze Task Force. Se preparó un Plan de Acción Nacional para Casos de Neblina, que se activaría si el nivel diario de IEC excediera 50. Las medidas se implementarán una vez que el nivel de IEC alcance 200.

### **Tailandia**

El 22 de setiembre de 1997, la neblina producida por los incendios forestales en Indonesia se observó en las provincias del sur de Tailandia, con un incremento repentino de 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración diaria de  $\text{MP}_{10}$  en la ciudad de Hatyai. El primer episodio pico de neblina ocurrió del 22 al 29 de setiembre, con un nivel máximo de 211  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , seguido de otro episodio pico del 6 al 8 de octubre. Si bien los incendios forestales continuaron en Indonesia, luego de estos dos periodos no se produjo ningún episodio significativo de neblina transfronteriza.

Debido a la naturaleza abrupta de la neblina y a la falta de experiencia de las autoridades, la respuesta al episodio se produjo relativamente tarde. A fin de satisfacer a la demanda pública de datos locales sobre calidad del aire, en un primer momento se dio mayor énfasis al monitoreo de dicha calidad en lugar de adoptar medidas de prevención y mitigación. El 3 de octubre de 1997, mediante disposición del gabinete, el Ministerio de Salud estableció un centro de coordinación de apoyo público y designó a su comité. A comienzos de 1997 se distribuyó un total de 140.000 máscaras en todas las provincias del sur. El comité designó un subcomité de información pública y comunicación de riesgos y de asesoría sobre medidas de protección. Se elaboró un conjunto de guías para ayudar a la población durante los episodios; se incluyeron aspectos como el monitoreo de la calidad del aire, la comunicación de riesgos para la salud, la asesoría pública en torno a medidas de protección y las funciones de los diferentes organismos de apoyo público. La asesoría en torno a medidas de protección incluía sugerencias para grupos particularmente sensibles y para la población en general. Se elaboraron guías para evaluar los efectos en la salud pública de la región.

Las actividades realizadas luego del episodio de neblina incluyeron la generación de datos meteorológicos y de monitoreo de la calidad del aire para el sistema de alerta temprana. Un estudio retrospectivo multidisciplinario destinado a evaluar los cambios en las condiciones

meteorológicas, la calidad del aire y los efectos en la salud y una investigación de los registros de pacientes externos e internos admitidos en Haytai, indicaron un aumento en los casos de enfermedades respiratorias relacionadas con este episodio.

## **Anexo I**

# **PROGRAMA DE ALERTA TEMPRANA DE LAS NACIONES UNIDAS EN EL DECENIO INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES NATURALES (DIRDN)**

### **Extracto del informe sobre**

### **Alerta temprana de incendios y otros peligros ambientales**

Coordinador del Grupo de Trabajo Internacional y primer autor:

Dr. Johann G. Goldammer  
Max Planck Institute for Chemistry, Biogeochemistry Department  
Fire Ecology Research Group, Universidad de Friburgo  
Friburgo, Alemania

Secretaría del DIRDN, Ginebra, octubre de 1997

### **PRÓLOGO**

En 1989, los Estados miembros de las Naciones Unidas declararon el periodo 1990-2000 Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN), con el objetivo de “reducir la pérdida de vidas, daños a la propiedad y desajustes económicos causados por desastres naturales a través de la ayuda internacional, especialmente en países en desarrollo”.

En 1991, se reconoció la importancia de la alerta temprana en la reducción de desastres y el International Scientific and Technical Committee del DIRDN estableció un programa objetivo a través del cual se juzgará el éxito del decenio en el año 2000. A partir del conocimiento científico global y la experiencia práctica, el comité asesor del DIRDN instó a todos los países a facilitar el acceso a sistemas de alerta en los ámbitos global, regional, nacional y local como parte de sus planes de desarrollo nacional. Desde entonces, la Secretaría del DIRDN ha coordinado un marco multidisciplinario internacional para promover este tema, lo que le ha permitido integrar las opiniones y las capacidades del sistema de Naciones Unidas, las necesidades e intereses de cada país, así como el conocimiento de expertos mundiales.

Durante la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Reducción de Desastres Naturales, llevada a cabo en Yokohama, Japón, en mayo de 1994, el comité técnico sobre alerta temprana enfatizó la importancia de este aspecto para proteger los recursos vitales y avanzar hacia los objetivos del desarrollo nacional. Diversos expertos citaban en sus presentaciones la importancia del compromiso político para el éxito de la alerta temprana. El primer resultado de la conferencia *Yokohama Strategy for a Safer World: Guidelines for a Natural Disaster Prevention, Preparedness and Mitigation* recalcó la importancia del conocimiento científico aplicado y la

conciencia del público sobre los peligros como un componente esencial para prácticas de alerta temprana más efectivas.

En 1995, la Asamblea General de las Naciones Unidas solicitó a la Secretaría del DIRDN establecer medidas para revisar los programas de alerta temprana existentes dentro del sistema de Naciones Unidas y proponer medios para implementar prácticas globales más efectivas y mejor coordinadas. La información inicial se transmitió a través del *Secretary General's Report on Early Warning to the Fiftieth Session of the United Nations General Assembly* en octubre de 1995. En ese entonces, se solicitó al DIRDN una revisión adicional de los nuevos conceptos científicos y experimentales para realizar pronósticos precisos y oportunos de corto plazo a fin de elaborar recomendaciones sobre la aplicabilidad y desarrollo de un sistema de alerta temprana más efectivo en el contexto de la cooperación internacional.

Para esta misión, se convocó a seis grupos de trabajo conformados por expertos internacionales a fin de estudiar varias dimensiones del proceso de alerta temprana. Los grupos revisaron los aspectos de alerta temprana en relación con peligros geológicos, hidrometeorológicos ► incluidos los incendios y las sequías► y otros peligros ambientales y tecnológicos. Otros grupos se concentraron en el uso y transferencia de tecnologías modernas y en las capacidades nacionales y locales pertinentes para el uso efectivo del sistema de alerta temprana.

Los siguientes títulos componen la serie de informes del Programa de Alerta Temprana del DIRDN:

*Early Warning Capabilities for Geological Hazards*  
*Early Warning for Hydrometeorological Hazards, Including Drought*  
*Early Warning for Fire and Other Environmental Hazards*  
*Early Warning for Technological Hazards*  
*Earth Observation, Hazard Analysis and Communications Tech for Early Warning*  
*National and Local Capabilities for Early Warning*  
*Guiding Principles for Effective Early Warning*

*The Secretary General's Report on Early-warning Capacities of the United Nations System with Regard to Natural Disasters* fue presentado a la 50ª sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas en octubre de 1995 (UN doc. A/50/526).

*The Secretary General's Report on Improved Effectiveness of Early-warning System with Regard to Natural and Similar Disasters* fue presentado a la 52ª sesión de la Asamblea General de las Naciones Unidas en octubre de 1997 (UN doc. A/52/561).

Estos informes se encuentran en la página *web* del DIRDN ([www.idndr.org](http://www.idndr.org)). Asimismo, pueden obtenerse en la Secretaría del DIRDN, Palais des Nations, CH-1211, Ginebra 10, Suiza, por fax: 0041-22-733-8695 o correo electrónico: [idndr@dha.unicc.org](mailto:idndr@dha.unicc.org).

Este informe del Grupo de Expertos en Alerta Temprana de Incendios y Otros Peligros Ambientales representa la experiencia global y revisa el estado actual de la información y las prácticas sobre el tema. Asimismo, se han elaborado recomendaciones para mejorar áreas que requieren mayor atención internacional. Las opiniones consensuales incluyen importantes contribuciones de científicos expertos y técnicos de diferentes disciplinas profesionales, así como la participación de los departamentos y organismos pertinentes de las Naciones Unidas. Se intentó que las opiniones de las autoridades del gobierno, organismos no gubernamentales y otros miembros de la sociedad civil estuvieran representadas, ya que se relacionan con factores que determinan la efectividad de la alerta temprana.

Este informe es parte de una serie emitida por la Secretaría del DIRDN en octubre de 1997 para revisar el estado global de los sistemas de alerta temprana. Al final de la década, estas opiniones contribuirán con las recomendaciones finales para una mejor coordinación de las prácticas de acuerdo con el objetivo inicial del programa del DIRDN. En primer lugar, serán consideradas en una conferencia internacional sobre sistemas de alerta temprana para la reducción de desastres naturales, que se realizará en Potsdam, Alemania, en setiembre de 1998. Esta conferencia técnica y científica sobre la aplicación de prácticas exitosas de alerta será auspiciada por el Gobierno alemán con la colaboración de organismos de las Naciones Unidas y organizaciones científicas internacionales. Como parte del proceso de clausura del DIRDN y para consolidar las opiniones globales, deberá identificar los logros y experiencias locales que brindan mayor información sobre mejores relaciones organizativas y efectividad práctica para la alerta temprana en el siglo XXI.

### **Recomendaciones del Grupo de Trabajo del Programa de Alerta Temprana de Incendios y Otros Peligros Ambientales del DIRDN**

A partir de las conclusiones y recomendaciones de las diversas iniciativas internacionales, el Grupo de Trabajo del Programa de Alerta Temprana de Incendios y Otros Peligros Ambientales del DIRDN elaboró las siguientes recomendaciones:

- i) Diseñar e implementar un inventario global de incendios que, en un futuro cercano, elabore un producto de primer orden que sirva de base a los sistemas de alerta temprana. Posteriormente, se debe mejorar este producto para su aplicación estandarizada en la próxima década.**

Los datos del inventario de incendios son necesarios para la elaboración de una futura base de datos sobre estos (con referencias geográficas) en el ámbito regional dentro del Global Vegetation Fire Information System (GVFIS) propuesto. La FAO debe tomar la iniciativa y coordinar un foro con otras organizaciones pertenecientes y no pertenecientes a la ONU que trabajen en este campo, entre ellas, diversas actividades científicas del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) y mecanismos del Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC, 1997).

**ii) Establecer un proceso oportuno de recolección e intercambio de información en tiempo real sobre los incendios destructivos en curso en el ámbito global.**

Esto se basa en la propuesta de crear la Red Mundial de Incendios (World Fire Web), mediante la cual una red de centros con instalaciones para recibir y procesar datos de satélites sobre la observación de incendios, estará conectada a Internet. A través de esta red mundial de incendios, los científicos, los administradores y los encargados de elaborar políticas pueden tener acceso rápido a datos locales, regionales y mundiales para intercambiar experiencias, métodos y soluciones. La Red Mundial de Incendios, sumada a la evaluación espacial de la sequedad de la vegetación, a pronósticos del tiempo relacionados con incendios y a la posibilidad de pronosticar el peligro y el comportamiento de estos, puede brindar un potente sistema de alerta temprana de preparación contra incendios, así como una herramienta administrativa de escala nacional, regional y global. La red de información debe incluir el estado de los recursos mediante un monitoreo continuo de la disposición de ellos. Esto incluye la localización y el estado de los recursos individuales, así como la movilización de la ayuda institucional e internacional.

**iii) Proveer la transferencia tecnológica e intercambio de información sobre sistemas de alerta temprana a través de acuerdos de colaboración o programas de asistencia técnica en el ámbito internacional.**

Estos programas deben apoyar a los países de las regiones tropicales y subtropicales propensas a incendios, donde aún no se dispone de los últimos sistemas de manejo de incendios.

**iv) Dar prioridad al desarrollo de tecnologías de sensores espaciales para realizar tareas específicas como reconocer los precursores de desastres de incendios destructivos, actividades de incendios y sus impactos (ecológicos, atmosféricos, químicos).**

**v) Realizar más investigaciones en los lugares donde los sistemas de alerta temprana existentes no puedan aplicarse debido a las relaciones particulares entre vegetación, clima local y regional y condiciones socioeconómicas o culturales que favorecen los incendios destructivos y sus daños secundarios, tales como la contaminación atmosférica.**

De acuerdo con la iniciativa de la ASEAN sobre contaminación transfronteriza relacionada con la neblina y los programas del IGBP orientados al cambio global, la investigación sobre incendios debe recibir una atención adecuada en el sudeste asiático, ya que es una de las regiones menos exploradas. Estos programas incluyen el South East Asian Fire Experiment (SEAFIRE) y el SARCS Integrated IGBP/IHDP/WCRP Study on Land-use Change in Southeast Asia.

- vi) **Las políticas y acuerdos sobre protección ambiental en el ámbito internacional deben garantizar que los incendios forestales reciban la debida atención durante la implementación de la Agenda 21 para bosques, en relación con la firma de acuerdos destinados a armonizar y promover los esfuerzos internacionales para proteger los bosques de todo el mundo.**
  
- vii) **Respaldar la propuesta de la ITTO para establecer un centro mundial de investigación y manejo de incendios auspiciado por la ONU a fin de facilitar el desarrollo del sistema de información global sobre incendios de vegetación.**

Esto es esencial para brindar apoyo a los países en lo relacionado con sistemas de alerta temprana, prevención, manejo y mitigación de desastres producidos por incendios destructivos.

## **Anexo J**

### **EL GLOBAL FIRE MONITORING CENTER (GFMC)**

#### **Archivo de datos y distribución de información: localización y acceso al Global Fire Monitoring Center**

##### **1. Justificación**

En muchas áreas de vegetación, el uso de incendios en la agricultura y el pastoreo, así como la ocurrencia de incendios naturales destructivos (regímenes de incendios naturales), son elementos establecidos (beneficiosos) en los sistemas tradicionales de uso del terreno, en los procesos del ecosistema natural y en los ciclos biogeoquímicos.

Sin embargo, el uso excesivo de incendios debido a los acelerados cambios demográficos y de uso de tierras destruye la productividad, la capacidad de soporte del suelo, la biodiversidad y la cubierta vegetal. Variaciones climáticas como los extensos periodos de sequía debido a la oscilación climática del sur vinculada con El Niño (ENSO) incrementan la gravedad del impacto de los incendios. Los escenarios demográficos y climáticos proyectados sugieren que esta situación será aún más crítica en las próximas décadas.

El progreso del conocimiento sobre incendios (investigación básica y ecología de incendios) en la mayoría de tipos de vegetación y los resultados de investigaciones biogeoquímicas y atmosféricas obtenidos durante la última década brindan suficiente información para tomar mejores decisiones sobre políticas y manejo de incendios.

Sin embargo, en muchos países no se cuenta con las habilidades necesarias para elaborar medidas adecuadas sobre políticas y manejo de incendios. El episodio de incendio y humo ocurrido entre 1997 y 1998 en el sudeste asiático demostró un uso limitado de los sistemas de información existentes y una falta de habilidad para el manejo de incendios. Estas circunstancias generaron confusión en la toma de decisiones en los ámbitos nacional e internacional. Varios proyectos nacionales e internacionales se retrasaron o fracasaron.

Esto puede deberse a la falta de un sistema de información sobre incendios en el ámbito regional (sudeste asiático) o global (si se consideran los problemas de incendios globales).

Por lo tanto, se requiere un sistema de información y monitoreo que permita a los organismos nacionales e internacionales planificar el uso del terreno, manejar desastres y realizar otras tareas relacionadas con los incendios.

##### **2. El Global Fire Monitoring Center**

El Global Fire Monitoring Center (GFMC) se estableció en junio de 1998, en conformidad con:

- los objetivos del Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN);
- las recomendaciones de las guías de la ITTO sobre control de incendios en bosques tropicales, y
- las recomendaciones de diversas conferencias científicas y sobre políticas de incendios como la conferencia de la FAO/CEPE/OIT sobre “Bosques, incendios y cambio global” (Rusia, 1996)

La primera etapa del GMFC es auspiciada por el gobierno alemán, a través del Ministerio de Relaciones Exteriores, como una contribución alemana al DIRDN. La documentación, información y sistema de monitoreo de incendios se encuentran disponibles en Internet:

**<<http://www.uni-freiburg.de/fireglobe>>.**

El GFMC se encuentra en el Fire Ecology and Biomass Burning Research Group del Max Planck Institute of Chemistry, Alemania. Desde comienzos de la década de los noventa, el Max Planck Institute ha diseñado, coordinado, organizado e implementado parcialmente varias campañas internacionales de investigación sobre incendios bajo el auspicio del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). El instituto preside el comité de iniciativas científicas sobre incendios dentro del IGBP (Biomass Burning Experiment [BIBEX]) y es la sede de la Secretaría del BIBEX, ubicada en el GFMC.

Asimismo, desde comienzos de la década de los noventa, el Fire Ecology Research Group ha asumido el liderazgo en el sistema de las Naciones Unidas como unidad coordinadora del equipo de especialistas en incendios forestales de la FAO/CEPE/OIT. El equipo de las Naciones Unidas brinda información y referencias sobre incendios globales a los organismos de las Naciones Unidas y otras instituciones nacionales e internacionales. Desde 1988, ese equipo publica las International Forest Fire News (IFFN) que se distribuyen entre casi 1.000 organismos, institutos, bibliotecas y personas en todo el mundo, y desde 1998, están disponibles en el sitio *web* del GFMC.

Además, el Fire Ecology Research Group es el encargado de convocar al Grupo de Trabajo sobre “Incendios y sus peligros ambientales” del Programa de Alerta Temprana del DIRDN.

### **3. Diseño del GFMC**

De acuerdo con los principios desarrollados a comienzos de la década de los noventa, para un sistema global de información científica sobre incendios de vegetación, el Global Fire Monitoring Centre documentará, archivará y brindará información sobre incendios en tiempo real o casi real. Esto incluirá la interrelación con otros sistemas de información nacionales, regionales e internacionales.

En el caso de que se creara la Global Disaster Information Network (GDIN) o iniciativas similares, el GFMC podría contribuir con estos sistemas globales de información. Los contactos en el trabajo se establecen con la GDIN, una iniciativa del gobierno de los Estados Unidos.

## 4. Coauspiciadores del GFMC

El GFMC está coauspiciado por varios organismos internacionales y nacionales.

### 4.1 Coauspiciadores confirmados

**División comercial Naciones Unidas-CEPE:** el equipo de especialistas en incendios forestales de la FAO/CEPE/OIT, una actividad de la división comercial de las Naciones Unidas-CEPE, Timber Section (Ginebra), es el coauspiciador principal en el ámbito de Naciones Unidas. El líder del equipo es el jefe del GFMC. El equipo de incendios de las Naciones Unidas-CEPE elabora las IFFN, que brindan documentación archivada sobre incendios.

**Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN):** el decenio de las Naciones Unidas ya ha aceptado ser coauspiciador y colocar su logotipo en el sitio *web* del GFMC. Asimismo, el GFMC contribuye directamente con los objetivos generales del DIRDN, especialmente dentro del marco del Programa de Alerta Temprana del DIRDN.

**World Conservation Union (IUCN):** en 1999, la IUCN se unió al GFMC como coauspiciador. La IUCN y el GFMC tratan conjuntamente los incendios globales en proyectos cooperativos con el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF) y el Global Environment Facility (GEF) (en preparación en 1999).

**Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO):** a través del IUFRO Forest Fire Research Group S8.05.

**Asociación Internacional de Investigación de los Bosques Boreales (IBFRA):** a través del grupo de trabajo sobre incendios.

**International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP):** a través del International Global Atmospheric Chemistry (IGAC) Project, el Biomass Burning Experiment (BIBEX).

**U.S. Bureau of Land Management (BLM):** auspiciador financiero de la International Forest Fire News de la FAO-CEPE.

**Programas regionales:** dos programas regionales están vinculados al GFMC.

- La asistencia técnica regional de la ASEAN, denominada "Strengthening ASEAN's Capacity to Prevent and Mitigate Transboundary Atmospheric Pollution Resulting from Forest Fires" (financiada por el BAD), cooperó estrechamente con el GFMC. El sistema de información de la ASEAN sobre incendios y neblina está conectado al sitio *web* del GFMC.

- Como consecuencia de la Primera Conferencia Báltica sobre Incendios Forestales, se acordó establecer una actividad con la colaboración de todos los países bálticos. Esta actividad es idéntica a la actividad regional del equipo de incendios de las Naciones Unidas-CEPE y está orientada a contribuir con la Agenda BALTIC 21.

## 4.2 Coauspiciadores propuestos

**International Tropical Timber Organization (ITTO):** la ITTO es líder en la elaboración de guías sobre manejo de incendios recomendadas mundialmente (Guías de la ITTO sobre el control de incendios en bosques tropicales). El Fire Ecology Research Group, que alberga al GFMC, ha apoyado el desarrollo de las guías, incluido el seguimiento en el ámbito nacional (Indonesia).

**FAO:** la FAO ha recibido propuestas en el marco de consultas sobre políticas que afectan a los incendios forestales (Roma, 28 al 30 de octubre de 1998). El GFMC está orientado al desarrollo de un Global Vegetation Fire Inventory (GVFI) bajo el auspicio de la FAO, inicialmente dentro del marco de la Global Forest Resources Assessment 2000. El GFMC y el equipo de incendios de la ONU-CEPE han propuesto un inventario y sistema estadístico global de incendios. En 1999, la FAO encomendó al GFMC la actualización de la FAO Wildland Fire Management Terminology (FAO, 1986).

**OMS:** el GFMC ha contribuido con la elaboración de guías de salud de la OMS para episodios de incendios de vegetación.

**OMM:** la OMM recibió ayuda del GFMC para preparar un plan de acción estratégica en el ámbito regional sobre contaminación transfronteriza relacionada con la neblina en el sudeste asiático. Las futuras actividades de la OMM contribuirán al éxito del GFMC y viceversa. Actualmente, la OMM recibe propuestas formales.

**PNUMA:** el equipo de incendios de las Naciones Unidas ha ofrecido asistencia al PNUMA para coordinar la respuesta de las Naciones Unidas a los incendios ocurridos en Indonesia. El GFMC y el Director Ejecutivo del PNUMA ya han intercambiado sus opiniones preliminares.

**Banco Mundial:** se ha contactado a la recientemente establecida Disaster Management Facility y se han realizado las primeras conversaciones sobre una posible colaboración financiada con fondos fiduciarios.

**Comisión Europea:** se ha solicitado apoyo través de una base de datos sobre incendios de la UE, la que debe actualizarse continuamente.

## **Anexo K**

# **LISTA DE PARTICIPANTES DEL GRUPO DE EXPERTO DE LA OMS SOBRE:**

## **GUÍAS DE SALUD PARA INCENDIOS DE VEGETACIÓN**

**(WHO Expert Task Force on the Health Guidelines  
for Vegetation Fire Events)**

Taller sobre Guías de la OMS-PNUMA-OMM  
6 al 9 de octubre de 1998, LIMA – PERÚ

### **Lista de participantes**

<i>PAÍSES</i>
---------------

#### **ALEMANIA**

Dr. Johann Georg Goldammer  
Max Planck Institute for Chemistry  
The Global Fire Monitoring Center  
Fire Research Group c/o Freiburg University,  
D – 79085/Freiburg  
Teléfono: +49 761 808 011  
Fax: +49 761 808 012  
Dirección electrónica: [jggold@uni-freiburg.de](mailto:jggold@uni-freiburg.de)

#### **AUSTRALIA**

Dra. Lidia Morawska  
School of Physical Sciences  
Queensland University of Technology  
2 George St., Brisbane Q4001  
Teléfono: +61 7 3864 2616  
Fax: +61 7 3864 1521  
Dirección electrónica: [l.morawska@qut.edu.au](mailto:l.morawska@qut.edu.au)

Dr. Nigel J. Tapper  
Environmental Climatology Group  
Monash University  
Wellington Road  
Clayton, VIC 3168  
Teléfono: +61 3 9905 2931  
Fax: +61 3 9905 2948  
Dirección electrónica: [nigel.tapper@arts.monash.edu.au](mailto:nigel.tapper@arts.monash.edu.au)

## **BRASIL**

Dr. Alberto Setzer  
INPE-DSR  
C. Postal 515  
S. J. Campos, SP 12201  
Teléfono: +55 12 345 6464  
Fax: +55 12 345 6460  
Dirección electrónica: [asetzer@ltid.inpe.br](mailto:asetzer@ltid.inpe.br)

## **CANADÁ**

Dr. Michael Brauer  
University of British Columbia  
Occupational Hygiene  
2206 East Mall, Vancouver BC, Canadá  
Teléfono: +1 604 822 9585  
Fax: +1 604 822 9588  
Dirección electrónica: [brauer@interchange.ubc.ca](mailto:brauer@interchange.ubc.ca)

## **CHILE**

Dr. Mauricio Ilabaca Marileo  
Director Servicio de Salud del Ambiente  
Región Metropolitana – Ministerio de Salud  
Av. Pdte. Bulnes N°. 177 – Santiago, Chile  
Teléfono: +562 674 4304  
Fax: +562 699 3339  
Dirección electrónica: [sesma2@reuna.cl](mailto:sesma2@reuna.cl)

## **COLOMBIA**

Dr. J. Hernán Ulloa-Pinto  
3M  
Av. El Dorado N°. 78 A 93  
Teléfono: +571 416 1655  
Fax: +571 416 1677  
Dirección electrónica: [hulloa@mmm.com](mailto:hulloa@mmm.com)

## **ESTADOS UNIDOS**

Dr. Michael Garstang  
University of Virginia  
Charlottesville, VA 22903  
Teléfono: +1 804 979 3571  
Fax: +1 804 979 5599  
Dirección electrónica: [mvg@thunder.swa.com](mailto:mvg@thunder.swa.com)

Dr. William B. Grant  
NASA Langley Research Center  
MS 401A, Hampton, VA 23681  
Teléfono: +1 757 864 5846  
Fax: +1 757 864 7790  
Dirección electrónica: [w.b.grant@larc.nasa.gov](mailto:w.b.grant@larc.nasa.gov)

Sr. Roy A. Johnson  
Department of Interior  
Bureau of Land Management  
3833 South Development Ave Boise, ID. 83706  
Teléfono: +1 208 387 5163  
Fax: +1 208 387 5179  
Dirección electrónica: [r80johns@nifc.blm.gov](mailto:r80johns@nifc.blm.gov)

Dr. Yoram Kaufman  
NASA Goddard Space Flight Center  
Code 913, Greenbelt, MD 20771  
Teléfono: +1 301 286 4866  
Fax: +1 301 486 1759  
Dirección electrónica: [kaufman@climate.gsfc.nasa.gov](mailto:kaufman@climate.gsfc.nasa.gov)

Dr. Joel S. Levine  
Atmospheric Sciences Division  
NASA - Langley Research Center  
Hampton, VA 23681-0001  
Teléfono: +1 757 864 5692  
Fax: +1 757 864 6326  
Dirección electrónica: [j.s.levine@larc.nasa.gov](mailto:j.s.levine@larc.nasa.gov)

Dra. Arlene S. Levine  
Atmospheric Sciences Division  
NASA - Langley Research Center  
Hampton, VA 23681-0001  
Teléfono: +1 757 864 3318  
Fax: +1 757 864 8197  
Dirección electrónica: [a.s.levine@larc.nasa.gov](mailto:a.s.levine@larc.nasa.gov)

Dra. Josephine Malilay  
Centers for Disease Control and Prevention  
4770 Buford Hwy., NE (Mailstop F-46)  
Atlanta, Georgia 30341  
Teléfono: +1 770 488 7295  
Fax: +1 770 488 3506  
Dirección electrónica: [jym7@cdc.gov](mailto:jym7@cdc.gov)

Dr. David Mannino  
Centers for Disease Control and Prevention  
4770 Buford Hwy. (Mailstop F-39)  
Atlanta, Georgia 30341  
Teléfono: +1 770 488 7313  
Fax: +1 770 488 3507  
Dirección electrónica: [dmm6@cdc.gov](mailto:dmm6@cdc.gov)

Dr. Joseph P. Pinto  
U.S. Environmental Protection Agency  
MD-52, Research Triangle Park, NC 27711  
Teléfono: +1 919 541 2183  
Fax: +1 919541 1818  
Dirección electrónica: [pinto.joseph@epamail.epa.gov](mailto:pinto.joseph@epamail.epa.gov)

Dr. Orman Simpson  
Georgia Tech Research Corporation  
Georgia Institute of Technology  
400 Tenth St. NW Suite 270  
Atlanta, Georgia 30332-0415  
Teléfono: +1 404 894 6900  
Fax: +1 404 894 9728  
Dirección electrónica: [orman.simpson@gtrc.gatech.edu](mailto:orman.simpson@gtrc.gatech.edu)

Dr. Darold E. Ward  
USDA - Forest Service  
P.O. Box 8089  
Missoula, MT 59807  
Teléfono: +1 406 329 4862  
Fax: +1 406 329 4863  
Dirección electrónica: [pyroward@aol.com](mailto:pyroward@aol.com)

## **INDONESIA**

Sr. Yudanarso Dawud, MD, MHA  
Persahabatan Hospital, M.O.H.  
Jl. Persahabatan Raya #1 – Yakarta Timur  
Teléfono: +62 21 489 1745  
Fax: +62 21 489 0778/+62 21 471 1222  
Dirección electrónica: [doctjand@link.net.id](mailto:doctjand@link.net.id)

Srta. Angelika Heil  
German Technical Cooperation (GTZ)  
Strengthening the Management Capacities  
of the Indonesian Ministry of Forestry (SMCP)  
Gedung Manggala Wanabakti  
Block VII 6<sup>th</sup> Floor. CGIF Office  
Jl. Gatot Subroto, Yakarta 10270  
Teléfono: +62 21 572 0214  
Fax: +62 21 572 0193  
Dirección electrónica: [gtzsmcp@rad.net.id/angelika\\_heil@t-online.de](mailto:gtzsmcp@rad.net.id/angelika_heil@t-online.de)

Dr. Daniel Murdiyarso  
Global Change Impacts Centre  
Jl. Raya Tajur Km. 6  
P.O Box 116, Bogor  
Teléfono: +62 251 371 655  
Fax: +62 251 371 656  
Dirección electrónica: [d.murdiyarso@icsea.or.id](mailto:d.murdiyarso@icsea.or.id)

Dr. Paulus Agus Winarso  
Meteorological & Geophysical Agency  
Jl. Angkasa J/8  
P.O. Box 3540, Yakarta  
Teléfono: +62 21 424 63211/+62 21 735 5442  
Fax: +62-21 424 67031/+62 21 735 5442  
Dirección electrónica: [awinarso@hotmail.com](mailto:awinarso@hotmail.com)

## **JAPÓN**

Dr. Osamu Kunii  
Bureau of International Cooperation  
International Medical Center of Japan  
1-21-1 Toyama, Shinjuku  
Tokio 162-8655  
Teléfono: +81 3 5273 6827  
Fax: +81 3 3205-7860  
Dirección electrónica: [okunii@imaj.go.jp](mailto:okunii@imaj.go.jp)

## **MALASIA**

Sr. Hashim Daud  
Department of Environment Malaysia  
12<sup>th</sup> and 13<sup>th</sup> Floor  
Wisma Sime Darby, Jalan Raja Laut  
50662 Kuala Lumpur  
Teléfono: +60 3 294 7814  
Fax: +60 3 293 1044  
Dirección electrónica: [hd@jas.sains.my](mailto:hd@jas.sains.my)

Sr. Sze Fook, Lim  
Malaysian Meteorological Service  
Jalan Sultan, 46667 Petaling Jaya  
Teléfono: +60 3 756 9422  
Fax: +60 3 755 0964  
Dirección electrónica: [lim999@tm.net.my](mailto:lim999@tm.net.my)

Dr. A. Bakar bin Jaafar  
Dato' Alam Sekitar Malaysia Sdn. Bhd (ASMA)  
19, Jalan Astaka U8/84  
Bukit Jelutong Business and Technology Centre  
40150 Shah alam  
Selangor, Malasia  
Teléfono: +603 745 4566  
Fax: +603 745 3566  
Dirección electrónica: [drbakar@enviromalaysia.com.my](mailto:drbakar@enviromalaysia.com.my)

## **PERÚ**

Dr. Celso Bambarén Alatriza  
Oficina de Defensa Nacional  
Ministerio de Salud  
Loma Verde 130, Surco, Lima 33  
Teléfono: +51 1 448-5430  
Dirección electrónica: [cbambaren@freenet.lima.net.pe](mailto:cbambaren@freenet.lima.net.pe)

Ing. Harold Cáceres Deza  
Las Amapolas 350, 3<sup>er</sup>. Piso  
Urb. San Eugenio, Lince, Lima 14  
Teléfono: +51 1 440 0399  
Dirección electrónica: [hcaceres@digesa.sld.pe/bbv-esolutions@blockbuster.com.pe](mailto:hcaceres@digesa.sld.pe/bbv-esolutions@blockbuster.com.pe)

Prof. Carlos A. Llerena  
Facultad de Ciencias Forestales  
Universidad Nacional Agraria La Molina  
P.O. Box 456, Lima, Perú  
Teléfono: +51 1 349 5647/+51 1 349 5669 ext. 233  
Fax: +51 1 349 2041/+51 1 349 5648  
Dirección electrónica: [callerena@lamolina.edu.pe](mailto:callerena@lamolina.edu.pe)

## **SINGAPUR**

Dr. Goh Kee Tai  
Institute of Environmental Epidemiology  
Ministry of the Environment  
Environment Building  
40 Scotts Road  
Singapur 228 231  
Teléfono: +65 731 9722  
Fax: +65 734 8287  
Dirección electrónica: [goh-kee-tai@env.gov.sg](mailto:goh-kee-tai@env.gov.sg)

Dr. Ooi Peng Lim  
Institute of Environmental  
Epidemiology Ministry of the Environment  
40 Scotts Road # 22-00  
Singapur 228231  
Teléfono: +65 731 9726  
Fax: +65 734 8287  
Dirección electrónica: [ooi\\_peng\\_lim@env.gov.sg](mailto:ooi_peng_lim@env.gov.sg)

## **TAILANDIA**

Dr. Kanchanasak Phonboon  
Health Systems Research Institute  
Bangkok, Tailandia  
Teléfono: +662 951 1286 93  
Fax: +662 951 1295  
Dirección electrónica: [kpvu@hsrint.hsri.or.th](mailto:kpvu@hsrint.hsri.or.th)

**ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD – (OPS)**

Dr. Claude de Ville de Goyet  
525 Twenty-third Street, N.W.  
Washington, DC 20037, EEUU  
Teléfono: +1 202 974 3520  
Fax: +1 202 775 4578  
Dirección electrónica: [devillec@paho.org](mailto:devillec@paho.org)

Dr. Robert R. Romano  
525 Twenty-third Street, N.W.  
Washington, DC 20037, EEUU  
Teléfono: +1 202 974 3865  
Fax: +1 202 974 3988  
Dirección electrónica: [romanoro@paho.org](mailto:romanoro@paho.org)

**ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL – (OMM)**

Dra. Liisa Jalkanen  
41 Avenue Giuseppe-Motta  
CH-1211 Ginebra, Suiza  
Teléfono: +41 22 7308 587  
Fax: +41 22 7400 984  
Dirección electrónica: [jalkanenL@gateway.wmo.ch](mailto:jalkanenL@gateway.wmo.ch)

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS)**

Dra. Etsuko Kita  
20 Avenue Appia  
1211 Ginebra 27, Suiza  
Teléfono: +41 22 91 2615  
Fax: +41 22 791 4844  
Dirección electrónica: [kita@who.ch](mailto:kita@who.ch)

Dra. Dietrich Schwela  
20 Avenue Appia  
1211 Ginebra 27, Suiza  
Teléfono: 41 22 791 4261  
Fax: 41 22 791 4127  
Dirección electrónica: [schwelad@who.ch](mailto:schwelad@who.ch)

## OMS/OPS

Dr. Jean Luc Poncelet  
Av. Naciones Unidas 1084  
Torre B, Oficina 309  
Quito, Ecuador  
Teléfono: +593 2 464 629  
+593 2 449 473  
Fax: +593 2 464 630  
Dirección electrónica: [poncelej@ecnet.ec](mailto:poncelej@ecnet.ec)  
[pedecu@ecnet.ec](mailto:pedecu@ecnet.ec)

## PNUD

Dr. José G. Flores Rodas  
Edificio Europa 2°. Piso  
Colonia San Carlos  
Tegucigalpa, Honduras  
Teléfono: +504 238 1475  
Fax: +504 234 3238  
Dirección electrónica: [jflores@hondudata.hn](mailto:jflores@hondudata.hn)

## CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE

Ing. Sergio A. Caporali  
Los Pinos 259  
Urb. Camacho, La Molina, Lima 12  
Teléfono: +511 437 1077  
Fax: +511 437 8289  
Dirección electrónica: [scaporal@cepis.ops-oms.org](mailto:scaporal@cepis.ops-oms.org)

Dr. Marcelo Korc  
Los Pinos 259  
Urb. Camacho, La Molina, Lima 12  
Teléfono; +511 437 1077  
Fax: +511 437 8289  
Dirección electrónica: [mkorc@cepis.ops-oms.org](mailto:mkorc@cepis.ops-oms.org)

## Anexo L

### PROGRAMAS INTERNACIONALES

#### **Programa de Vigilancia Mundial de la Atmósfera (VMA) (GAW, Global Atmosphere Watch) de la Organización Meteorológica Mundial**

Dentro del sistema de las Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial tiene la responsabilidad permanente de brindar información científica oficial y asesoría sobre el estado y comportamiento de la atmósfera y el clima terrestre a través de redes de observación; una de ellas es el Programa de Vigilancia Mundial de la Atmósfera (VMA). El sistema de VMA está diseñado para coordinar dos problemas ambientales de química atmosférica: 1) comprender la relación entre la composición cambiante de la atmósfera y los cambios climáticos en los ámbitos global y regional y 2) describir el transporte atmosférico regional y de largo alcance así como la precipitación de sustancias naturales y artificiales. El objetivo de la VMA es asegurar las mediciones y evaluaciones de largo plazo.

Actualmente, el VMA cuenta con una red global de 22 estaciones en áreas prístinas, que miden las variables clave y sirven como normas para otras estaciones en la región. Además, una red regional con aproximadamente 300 estaciones que realizan mediciones de química atmosférica se encuentra cerca de las fuentes. Los National Meteorological and Hydrological Services (NMHS) y otros institutos nacionales se encargan del muestreo dentro del VMA. Como parte de los esfuerzos para ampliar la cobertura de esta red, recientemente se han establecido seis nuevas estaciones globales en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y con el apoyo de la Global Environment Facility (GEF). Una de estas estaciones, Bukit Koto Tabang en Indonesia, brindó información valiosa durante el episodio de humos y neblina de 1997.

El programa de medición completa de las estaciones globales del VMA incluye gases de invernadero (CO<sub>2</sub>, CFC, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub> troposférico), ozono (superficie, columna total, perfil vertical), gases reactivos (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, COV), composición química de la precipitación, propiedades químicas y físicas de las partículas atmosféricas (incluida la profundidad óptica del aerosol), radiación solar (incluidos los rayos ultravioleta), radionucleidos y parámetros meteorológicos. Para asegurar la calidad de los datos, la OMM ha elaborado una serie de guías de medición.

La OMM ha establecido seis centros de datos en el mundo con el fin de recopilar, procesar, analizar y distribuir los datos obtenidos de las estaciones del: ozono y radiación ultravioleta (Canadá), ozono superficial (Noruega), gases invernadero y otros gases traza (Japón), precipitación química (Estados Unidos), radiación solar (Rusia) y aerosoles (Estados Unidos, Italia). Todos los científicos, organismos e instituciones científicas pueden obtener datos de la VMA directamente de estos centros.

Se han formado Scientific Advisory Groups (SAG) para brindar orientación científica a los diferentes componentes del VMA a fin de completar el rango de especificaciones y herramientas

para la observación y manejo, incluido el aseguramiento de la calidad. Las actividades de los SAG sobre radiación ultravioleta, ozono y aerosol están estrechamente relacionadas con los episodios de humos y neblina. Como también se menciona en estas guías de salud, de acuerdo con la información actual, las emisiones de incendios más peligrosas para la salud humana son los aerosoles. Los SAG sobre aerosol de la OMM han identificado estaciones potenciales para el monitoreo de la quema de biomasa.

Muchos países miembros de la OMM deben desarrollar las habilidades y experiencia requeridas para manejar sus recursos ambientales y naturales de manera sustentable. El VMA les brinda apoyo a través de actividades de educación y capacitación en química atmosférica. Una serie de organizaciones no gubernamentales, multinacionales, gubernamentales y de investigación viene trabajando con la OMM. La transferencia tecnológica y el conocimiento de los expertos, que es un aspecto vital del VMA, se logra mediante el desarrollo de la capacidad académica en los países en desarrollo, especialmente a través de la integración de esfuerzos o formación de sociedades de largo plazo. También se brinda capacitación a través de talleres y eventos tutoriales especiales.

Todas estas actividades del programa son importantes para el monitoreo de las emisiones químicas de los humos y la neblina. El Programa de Investigación de la Atmósfera y el Medio Ambiente (PIAMA, AREP: Atmospheric Research and Environment Programme), uno de los departamentos de la OMM, ha tenido una función muy activa en el manejo de los incendios del sudeste asiático. Durante la visita que el Dr. Bolhofer y el Prof. Carmichael realizaron en 1996, se obtuvo una visión general de las capacidades nacionales y regionales para detectar, vigilar y rastrear el humo y la neblina, así como las capacidades para elaborar modelos y obtener datos de satélite. Ello dio lugar a la propuesta del Program to Address ASEAN Regional Transboundary Smoke (PARTS). Durante el episodio de 1997, un grupo de expertos de la Secretaría visitó la región.

Como resultado de esas actividades y a solicitud de los miembros de la OMM en la región, se organizó el “Taller de la OMM sobre humos y neblina transfronterizos en el sudeste asiático” en Singapur, en junio de 1998. El informe ya ha sido distribuido y las copias están disponibles en la Secretaría. La función de la OMM será ayudar a fortalecer las capacidades regionales para brindar apoyo meteorológico a través de mejores pronósticos de la oscilación climática vinculada con el fenómeno de El Niño y otras variaciones del clima, pronósticos diarios de la trayectoria y dispersión de humos a través de modelos atmosféricos de transporte y la habilidad para caracterizar la actividad del fuego y rastrear el movimiento de humos y neblina mediante el desarrollo de sensores de detección a distancia. La OMM también brindará ayuda para fortalecer los esfuerzos regionales de monitoreo y promover el manejo de eventos de contaminación relacionados con humos y neblina (y otros tipos de contaminación transfronteriza) a través de esfuerzos orientados a mejorar el intercambio y la coordinación de información. Las recomendaciones del taller de la OMM se encuentran en el anexo G.

La calidad del aire urbano y regional es un problema ambiental serio para muchos de los países miembros de la OMM, especialmente para las naciones en desarrollo, que han experimentado un incremento explosivo de la contaminación urbana. Ello, además de tener un impacto directo en el ambiente local, afecta a las regiones circundantes. Las actividades urbanas, en conjunto, tienen

un gran impacto en el ambiente en todos los niveles, incluido el mundial. Esto también ocurre en áreas urbanas y regionales donde la población ha sufrido las consecuencias del transporte de humos y neblina en diversas escalas.

En reconocimiento a la importante función de la OMM en el estudio y manejo de ambientes urbanos, el Thirteenth World Meteorological Congress (mayo de 1999) mostró su conformidad con la decisión del Consejo Ejecutivo y la Comisión para las Ciencias Atmosféricas de establecer un programa de investigación meteorológica sobre el medio urbano. Ello se logrará a través del VMA. El objetivo es aumentar la coordinación, con centrarse en las actividades en marcha, así como en nuevos esfuerzos seleccionados.

El proyecto Urban Research Meteorology and Environment (GURME) del VMA se basará en una estrategia de dos fases. Una se centrará en brindar *ayuda* a los NMHS en los países en desarrollo a fin de mejorar sus capacidades para tratar aspectos meteorológicos y ambientales urbanos. La segunda fase estará orientada a la *coordinación* de iniciativas y esfuerzos meteorológicos y ambientales para definir mejor las relaciones y los vínculos entre los ambientes urbanos y el desarrollo sustentable, así como entre los problemas ambientales en los ámbitos local, regional y global. El GURME cooperará con otros programas de la OMM y organismos de las Naciones Unidas (por ejemplo, OMS y PNUMA), programas e instituciones internacionales con intereses urbanos.

El GURME se centrará en actividades tradicionales relacionadas con el monitoreo meteorológico, pronóstico y elaboración de modelos (meteorológicos y químicos) y su aplicación a los problemas de la calidad del aire. Estas actividades se facilitarán con el fortalecimiento de las capacidades de los NMHS para manejar aspectos meteorológicos y de calidad del aire relacionados con la investigación y la operación.

### **El Sistema de Información sobre Gestión de la Calidad del Aire en Ciudades Saludables (AMIS) de la OMS (The Healthy Cities Air Management Information System AMIS)**

El Sistema de Información sobre Gestión de la Calidad del Aire (AMIS: Air Management Information System) es un programa desarrollado por la OMS bajo el auspicio del Programa Ciudades Saludables. El objetivo del AMIS es transferir información sobre el manejo de la calidad del aire (instrumentos usados para medir las concentraciones de contaminantes en ciudades, ambientes interiores y aire en interiores, niveles de ruido, efectos en la salud, medidas de control, normas de calidad del aire, normas e inventarios de emisiones, herramientas para elaborar modelos de dispersión) entre países y ciudades. En este contexto, el AMIS actúa como un sistema global de intercambio de información sobre calidad del aire. Entre las actividades del programa están las siguientes:

- coordinar bases de datos con información sobre aspectos de la calidad del aire en ciudades grandes y megaciudades;
- actuar como distribuidor de información entre países;
- brindar y distribuir masivamente documentos técnicos sobre el manejo de la calidad del aire;
- publicar y distribuir masiva y anualmente revisiones de las tendencias en torno a concentraciones de contaminantes del aire;

- Brindar cursos de capacitación sobre monitoreo y manejo de la calidad del aire, y
- Administrar los centros regionales de cooperación para apoyar la transferencia de datos, realizar cursos de capacitación e implementar proyectos basados en el esfuerzo conjunto.

<b>Otras bases de datos del AMIS en planificación o elaboración:</b>
Caracterización de las emisiones de ciudades grandes y megaciudades; Referencia a otras bases de datos sobre calidad del aire; Dispositivos de monitoreo y direcciones de los fabricantes; Direcciones de las instituciones de capacitación; Uso y accesibilidad de los modelos de dispersión, incluida la información sobre su acceso; Medidas de control y magnitud de sus costos, y Efectos adversos de la contaminación del aire en la salud y magnitud de sus costos.

El AMIS es un conjunto de bases de datos de fácil uso en MSACCESS. La base de datos principal contiene un resumen de las estadísticas sobre contaminación del aire como media anual, 95 percentil y número de días en que se excedieron las guías de la OMS. Todo compuesto incluido en las guías de calidad del aire de la OMS puede ingresarse en la base de datos, que es ilimitada. Los datos de la versión existente (principalmente, desde 1986 hasta 1996) abarcan aproximadamente a 100 ciudades de 40 países. Además, se elaborará un informe a partir de los datos. Otras bases de datos incluyen a su vez, una base de datos sobre la

capacidad y procedimientos de manejo de la calidad del aire de las ciudades, otra para los niveles de ruido y otra para el aire en ambientes interiores.

Todos estos temas estarán disponibles para los participantes del AMIS y serán distribuidos en forma gratuita a las organizaciones sin fines de lucro.

Las oficinas regionales de la OMS y los centros cooperantes regionales del AMIS recopilarán sistemáticamente los datos para esta y otras bases de datos del AMIS en planificación (véase el cuadro). Para finales del milenio, se piensa elevar a 300 el número de ciudades que contribuyen con la base de datos principal. Las ciudades pueden comparar fácilmente sus datos con los de otros participantes en el sistema. Otra base de datos es aquella sobre normas de calidad del aire, que incluye disposiciones de aproximadamente 50 países, las cuales se pueden comparar con las guías de la OMS. Una base de datos con los nombres y direcciones de los puntos focales del AMIS permite una comunicación directa entre los participantes. En 1998, se publicó y distribuyó masivamente un CD ROM actualizado con datos sobre la concentración de contaminantes del aire en más de 100 ciudades. Este CD-ROM también contiene otra información sobre guías de calidad del aire y ruido. Estas bases de datos estarán disponibles en Internet y se podrá acceder a ellas a través del sitio *web* de la OMS, ASMA y EPA.