



REPORTE FINAL

“ASESORÍA PARA LA DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS DE MONITOREO ATMOSFÉRICO”

JICA LIBRARY



1177865(1)



Diciembre 2004

MXO
JR
04-05

1. JUSTIFICACIÓN

La contaminación del aire es uno de los principales problemas ambientales y de salud pública de México. Es un fenómeno inherente al estado económico, poblacional y tecnológico de nuestro país, que tiene sus expresiones más graves en las grandes ciudades y las zonas fronterizas e industriales del territorio nacional. A la vez, la contaminación atmosférica es uno de los problemas más difíciles de comprender, evaluar, normar y controlar, entre otras causas, por la gran cantidad y variedad de las fuentes emisoras, la dilución y/o transformación de los contaminantes en la atmósfera y los efectos que tienen los contaminantes sobre la salud humana y los ecosistemas. Para evaluar y minimizar el impacto de la contaminación del aire en la población y los recursos naturales, es indispensable que el país cuente con sistemas, redes y programas adecuados de monitoreo atmosférico bajo esquemas uniformes de operación y aseguramiento de calidad.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de Instituto Nacional de Ecología, ha desarrollado y presentado el Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico (PNMA), el cual establece un marco de política específico sobre el tema y se ajusta a los lineamientos establecidos hasta el momento por el Sistema Nacional de Planeación Democrática.

El objetivo de este programa es:

Instaurar un programa de monitoreo atmosférico que garantice un diagnóstico y vigilancia del estado de la calidad del aire a nivel nacional, que genere información real, válida y comparable entre los diferentes sitios y redes del país, como instrumento fundamental en el establecimiento de políticas ambientales de protección a la salud de la población y de los ecosistemas (INE-SEMARNAT, 2003).

Este programa se divide en tres etapas secuenciales y progresivas. En su primera etapa el programa fija como objetivo: elaborar un diagnóstico del estado actual de los sistemas de monitoreo atmosférico que operan en el país, revisando las leyes e instituciones que los soportan y los mecanismos financieros que los sustentan económicamente. Esta primera etapa se concentra en el desarrollo de herramientas y procedimientos que rijan la operación de los sistemas de monitoreo atmosférico que permitan garantizar la calidad y la "comparabilidad" de los datos que generan estos sistemas.

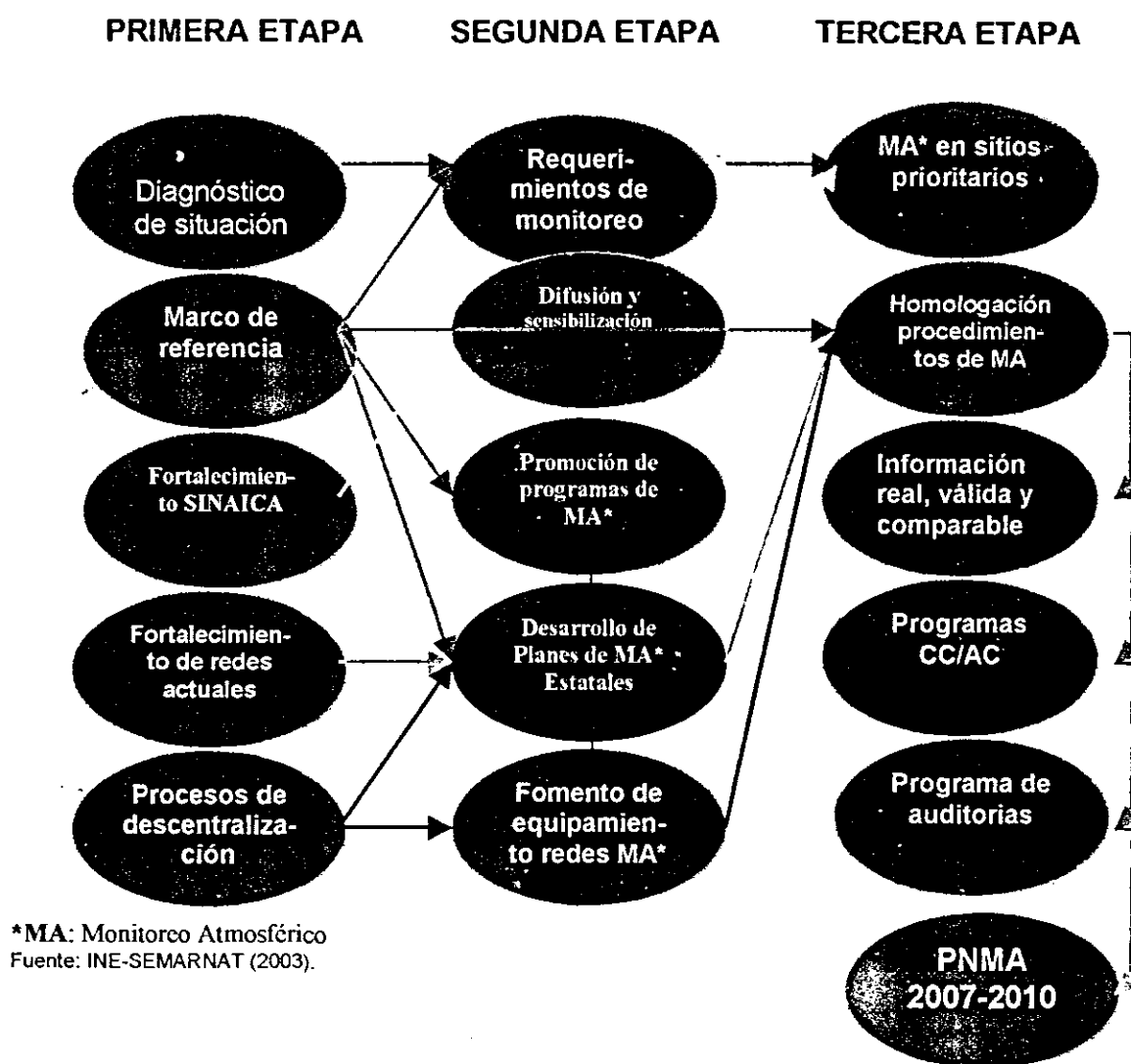
En la segunda etapa de este programa se pretende establecer un conjunto de estrategias para la definición de áreas o ciudades donde se requiere de manera prioritaria instalar sistemas de monitoreo atmosférico. Estas estrategias se diseñarán para inducir una Gestión de la Calidad del Aire integral y vinculada al monitoreo atmosférico, donde destacan acciones como la sensibilización de la población y el desarrollo de una política estatal en la materia.



1177865(1)

En la tercer etapa se busca aplicar las herramientas y estrategias para cubrir la demanda de monitoreo atmosférico en los sitios prioritarios, homologar las prácticas de monitoreo atmosférico, establecer sistemas de control y aseguramiento de calidad y establecer un sistema de supervisión, evaluación y vigilancia por medio de auditorías a nivel nacional. En esta etapa se contempla elaborar una propuesta para integrar redes nacionales de medición de contaminantes tóxicos en las regiones en donde se sospeche o verifique la existencia de los mismos.

La siguiente figura presenta los principales objetivos del Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico que está siendo instrumentado por la SEMARNAT.



Una de las funciones de la SEMARNAT es la generación de información científica y técnica sobre problemas ambientales, para informar a la sociedad, apoyar la toma de decisiones, impulsar la protección ambiental y promover el uso sustentable de los recursos naturales. El Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico incluye el fortalecimiento del Sistema Nacional de Información sobre Calidad del Aire (SINAICA), que se ha desarrollado dentro del Instituto Nacional de Ecología para dar cumplimiento a lo establecido en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) con el objetivo de establecer una administración integral de los datos de calidad del aire que se generan en el país, tanto por las redes de monitoreo urbanas como por las estaciones de monitoreo individuales, ya sea que pertenezcan al gobierno o a la iniciativa privada.

Actualmente, el SINAICA es un espacio virtual de vinculación de sistemas de monitoreo atmosférico locales, en el cual se suministra información gratuita sobre calidad del aire al público en general, lo más cercano posible al tiempo real, a través de Internet. El servicio que brinda el SINAICA de administración, análisis y difusión de los datos de calidad del aire está dirigido a tomadores de decisión, investigadores, académicos y personas interesadas en el tema, por lo que posee información técnica y normativa, bases de datos históricas y vínculos a otras páginas de Internet nacionales e internacionales dedicadas al tema de Calidad del Aire.

Dentro de este contexto la Agencia de Cooperación Internacional del Japón a través de la Dirección General del Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental, CENICA encomendaron al Colegio de Ingenieros Ambientales de México (CINAM) la elaboración del estudio denominado "Asesoría Para la Definición de Criterios y Desarrollo de Procedimientos de Monitoreo Atmosférico", cuya orientación fue concebida para generar directrices tendientes a cubrir diversos requerimientos del PNMA.

2. METODOLOGÍA

La metodología empleada para realizar el estudio: "Asesoría Para la Definición de Criterios y Desarrollo de Procedimientos de Monitoreo Atmosférico" fue llevada a cabo bajo el siguiente esquema:

- **Recopilación de Información: Nacional e internacional**
- **Visitas y Entrevistas con operadores nacionales de redes de monitoreo atmosférico**
- **Diagnóstico de los Sistemas de Monitoreo Atmosférico**
- **Elaboración de documentos**

3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN: NACIONAL E INTERNACIONAL

Se recopiló y revisó la documentación nacional e internacional relevante y accesible de los siguientes países:

- México. Documentación de los operadores de redes de monitoreo, legislación ambiental y publicaciones de referencia
- Estados Unidos de Norteamérica. Documentación y normatividad de la Environmental Protection Agency EPA y su programa de "Aire".
- Documentación del estado de California y la ciudad de Los Angeles (South Coast Air Quality Management District)
- Europa. Documentación y directrices de la Comunidad Europea
- Canadá: Documentación y normatividad de la EPA canadiense y su programa "Clean Air". Documentación relativa al estado de Ontario.
- Alemania. Documentación y normatividad de la Oficina Federal del Medio Ambiente
- Japón. Documentación y normatividad específica del Ministerio del Ambiente
- Organización Mundial de la Salud. Documentación del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria, CEPIS
- Chile. Documentación específica sobre la red de monitoreo de Santiago de Chile

En términos generales, se detectó que en México, las redes de monitoreo están escasamente documentadas y los operarios de las mismas adoptan para efectos de mantenimiento, operación y aseguramiento de calidad, los siguientes documentos

- Manuales de Operación y Mantenimiento de sus proveedores de equipo, principalmente cuando se trata de analizadores de gases y partículas
- Normas oficiales mexicanas, y

- Code of Federal Regulations, Title 40 (CFR-40) o directrices que establece la Agencia de Protección Ambiental

Sólo el gobierno de la Ciudad de México, la ciudad de Puebla y Toluca han estado elaborando documentos y procedimientos, originales y específicos, en el marco de un programa autogestivo de Aseguramiento de Calidad, tomando como base sus prácticas y experiencias individuales.

La versión final de los documentos del Gobierno del Distrito Federal estará accesible en Internet y la documentación de la red de Puebla se maneja en una impresión en papel. El Colegio posee una copia de la documentación de Puebla y pudo revisar borradores de la documentación del Distrito Federal y Toluca. En Toluca se utilizan procedimientos operativos muy generales por técnica de muestreo, realizados para un sistema interno de Gestión Ambiental y cuentan ya con un certificado como Dirección General en ISO-9000-2002.

En Monterrey se utilizan los instructivos de los equipos y las instrucciones generales de la empresa norteamericana que diseñó e instaló las estaciones de muestreo. Una situación semejante prevalece en Guadalajara, aunque en esta última ciudad existe un problema sumamente grave de manejo de datos ya que no hay un procedimiento o una práctica establecida de "validación de datos" y los datos obtenidos por la red son publicados en Internet de manera directa.

Las redes de Tijuana/Rosarito y Mexicali, son administradas bajo contrato con la USA-EPA, por una empresa privada norteamericana y se apegan estrictamente a las directrices normativas de ese país. La documentación operativa de la empresa norteamericana NO fue puesta a disposición del Colegio, sin embargo, se nos explicó que aplican los mismos criterios que marca la CFR-40. En esta red existe un problema de accesibilidad a la información por parte de las autoridades y la ciudadanía locales, ya que la EPA envía los datos de calidad del aire y del estado de conservación de la red, directamente a las oficinas centrales de SEMARNAT.

Información Internacional

Se recopiló información de diversos países de manera directa o a través de las páginas oficiales en Internet de las agencias o ministerios de medio ambiente referidos. La información recabada está se revisó por los expertos del Colegio y se llevó a cabo una valoración de los documentos, para definir cuales ameritaron ser incluidos en la bibliografía básica solicitada por los Términos de Referencia

Sin lugar a dudas, el sistema de información más evolucionado y documentado en materia de monitoreo de la calidad del aire es el que posee la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica. Por su parte, Canadá posee un conjunto de reglas "espejo", muy semejante al empleado en los EUA.

Alemania posee un conjunto de guías y manuales con procedimientos detallados y reglas en materia de Aseguramiento y Control de Calidad para redes de monitoreo atmosférico, con la diferencia de que estos documentos NO son tan explicativos y extensos como los de Estados Unidos de Norteamérica.

Las directrices de la Comunidad Europea son demasiado genéricas, al igual que los de la *Organización Mundial de la Salud (OMS y CEPIS)*.

La documentación encontrada del Japón, en inglés y vía Internet, sólo se circunscribe a redes de monitoreo de compuestos orgánicos peligrosos y de depósitos ácidos.

Por último, la información obtenida de la red de monitoreo de la ciudad de Santiago de Chile, es particularmente específica y dirigida a los cinco contaminantes criterio que mide la red. Esta documentación fue elaborada bajo contrato y con el financiamiento de JICA, lo cual la hace doblemente relevante por provenir de una colaboración con un país latinoamericano con problemas de contaminación atmosférica muy semejantes a los nuestros.

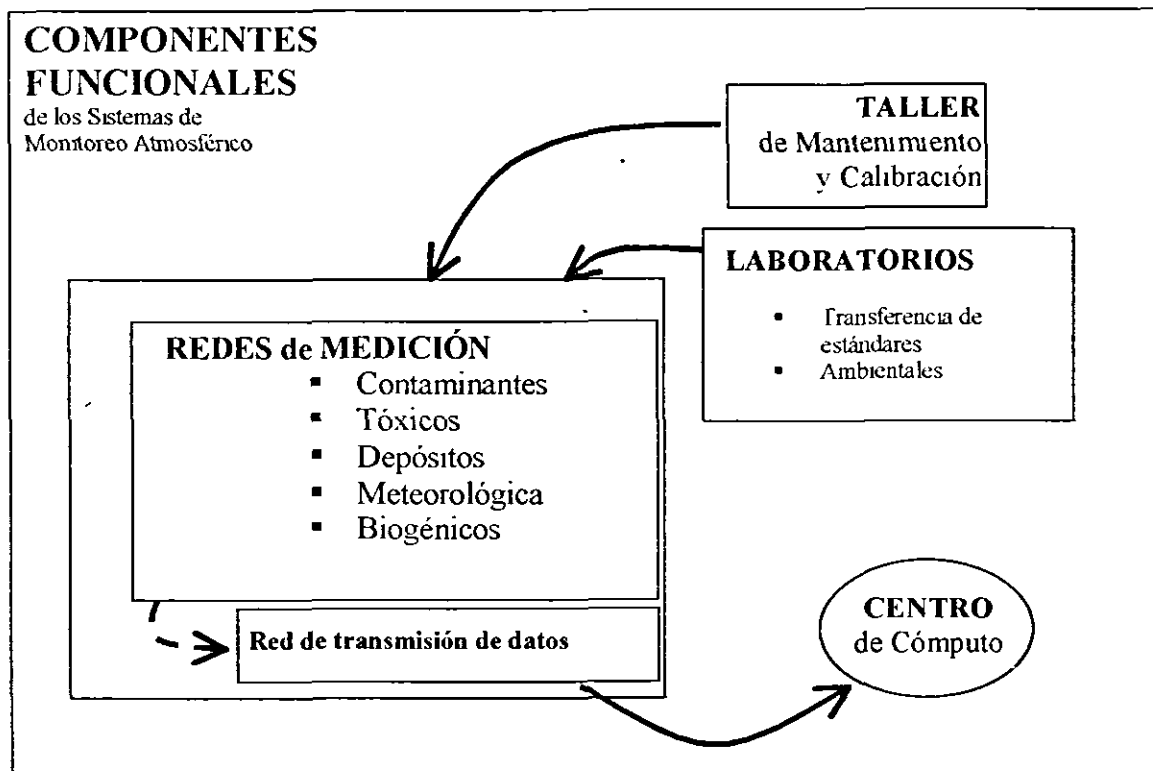
En términos generales, el Colegio considera que el modelo norteamericano de Gestión y Monitoreo de la Calidad del Aire es el más completo a nivel internacional y el más recomendable a seguir, en el largo plazo, como "imagen objetivo" en nuestro país. En gran medida, es el modelo que están siguiendo las administraciones de las redes de monitoreo en México, al poseer equipos de muestreo provenientes de los Estados Unidos de Norteamérica, diseñados y certificados para cumplir con la normatividad de ese país. La principal inconveniencia de este modelo es su costo y la gran demanda de recursos humanos calificados.

4. VISITAS Y ENTREVISTAS CON OPERADORES NACIONALES DE REDES DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

Durante las visitas se solicitó la presencia del personal y los encargados de la operación y mantenimiento de las redes de monitoreo. En especial, se solicitó la presencia de las personas que tienen a su cargo los analizadores de gases y los que colectan y procesan los datos obtenidos en las estaciones.

Para facilitar el desarrollo de la entrevista, el Colegio elaboró cuestionarios y gráficos guía, como el que se muestra a continuación:

Gráficos guía:



Cada una de las entrevistas se dividieron en dos partes consecutivas

Primero, a los entrevistados se les explicó en términos generales los alcances y tiempos del estudio que el CINAM estaba desarrollando para definir nuevos criterios y procedimientos para los sistemas de monitoreo de la calidad del aire en nuestro país.

En segundo término, se les solicitó información sobre las actividades que sus instituciones vienen desarrollando sobre monitoreo atmosférico.

En cada ciudad se visitaron las estaciones más características y completas de la red, así como las oficinas centrales, centros de cómputo, talleres de mantenimiento y en su caso, laboratorios. Cada ciudad cuenta con un equipamiento distinto y su nivel de desempeño varía de manera significativa.

Las visitas que se realizaron a las instalaciones y estaciones de la red fueron de las siguientes localidades:

- Distrito Federal.
- Monterrey
- Puebla.
- Guanajuato
- Toluca.
- Tijuana/Rosarito/Mexicali.
- Guadalajara
- Ciudad Juárez.

Respecto a las entrevistas de los funcionarios todo ellos coincidieron en la necesidad de reforzar el marco legislativo y normativo relacionado con el monitoreo atmosférico pues éste está desactualizado, es incompleto e inconsistente. En particular, las secretarías de Salud y Medio Ambiente se pronunciaron a favor de tener una "Ley del Aire", a semejanza de las que existen de Agua, Residuos Sólidos o Vida Silvestre. Un proyecto legislativo de esa naturaleza y envergadura puede solucionar los problemas diagnosticados en el Programa Nacional de Monitoreo Atmosférico del Instituto Nacional de Ecología

Aunque lo ideal es crear una "Ley de Aire", los entrevistados anotaron la urgencia de actualizar el Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica, que data de 1988 y no coincide con las modificaciones realizadas en 1996 a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Igualmente, es urgente expedir las normas ambientales correspondientes a los instrumentos de medición y los procedimientos de calibración de los mismos, para contaminantes normalizados, así como definir un marco normativo de referencia para los instrumentos de medición de parámetros meteorológicos, el cual es inexistente.

Entre los temas no resueltos por la legislación, la normatividad y los procedimientos administrativos actuales, los entrevistados destacaron los siguientes:

- La obligatoriedad de expedir planes de mejoramiento de la calidad del aire y programas de contingencia en las ciudades con problemas de contaminación atmosférica, que se soporten en sistemas de monitoreo atmosférico, con un enfoque estratégico. (Salud, SEGOB y SEMARNAT)

- El desarrollo de un sistema nacional de vigilancia epidemiológica que le dé sustento médico al diseño y aplicación de los programas de contingencia atmosférica. (Salud y SEMARNAT)
- Se requiere de un marco normativo para aprobar “modelos” de instrumentos o nuevas tecnologías de medición (ej. Sensores remotos). El CENAM emite dictámenes técnicos sobre cualidades “metrológicas” que deben de estar fundamentados en Evaluaciones de Conformidad a una norma o criterio establecido por la autoridad competente. (SE y SENER)
- Mayor difusión y comunicación social sobre la calidad del aire y la importancia del monitoreo atmosférico para crear conciencia entre la población y las cambiantes autoridades locales. (Salud, INEGI, SEGOB y SEMARNAT)
- Mayor presupuesto a la Gestión de la Calidad del Aire para enfrentar los problemas de salud causados por la contaminación. (Todos)

La transición conceptual, legal y administrativa, propuesta por CENICA, de las redes de medición de la calidad del aire hacia sistemas de monitoreo atmosférico fue técnicamente bien recibida. Los entrevistados reconocen la labor multi-temática que realizan los operadores de las redes que actualmente funcionan en el país y la importancia de reconocer ese trabajo con presupuesto y una mayor jerarquía dentro de la estructura orgánica de gobierno a la cual pertenecen.

Todos los entrevistados han sido y son, en diferentes modalidades, usuarios de las bases de datos de calidad del aire, en especial de la de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En general, hay una confianza de primera intención en la certidumbre de los datos generados en las redes de medición del país; confianza surgida de la posición de respeto a las autoridades locales y del conocimiento explícito y directo del compromiso institucional y personal de los operadores de las redes. No obstante, se reconocen las limitaciones presupuestales con que operan las redes desde la última crisis económica de 1997.

Las instituciones que trabajan sistemáticamente con las bases de datos, como son Salud, SEMARNAT y el INEGI, poseen opiniones y sugerencias fincadas para mejorar la “calidad de los datos”, ya que éstos presentan eventualmente inconsistencias e incertidumbres no marcadas por los operadores de las redes. Estas sugerencias coinciden con la propuesta de crear un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC), el cual se considera indispensable cuando los datos de la calidad del aire están vinculados a un programa de Contingencias Atmosféricas que puede tener implicaciones económicas y políticas locales de la más alta relevancia.

Los entrevistados reconocen como una labor intrínseca y obligada el aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo atmosférico. Es un valor institucional dado, dentro del gobierno federal, ya que la práctica de acreditamiento en ISO-9000 está muy difundida a nivel nacional y además, es parte de la política de Cambio del gobierno del Presidente Vicente Fox. La SEGOB considera que en el tema de Contingencias Atmosféricas y Protección Civil, el proceso debe involucrar a la comunidad o población involucrada, que de esa forma se garantiza el éxito de las acciones en la materia y por ende, su calidad.

La Secretaría de Salud planteó la necesidad de que los sistemas de monitoreo atmosférico sean auditables y que en ese proceso participen las autoridades locales de salud, ya sea de forma directa o a través de instituciones o empresas que funcionen como "terceros autorizados". Este esquema complementa y coincide con el propuesto en el Documento 6 del estudio, donde la Entidad Mexicana de Acreditación y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente designan Auditores Ambientales, los cuales deben de contar con las certificaciones internacionales y nacionales que garanticen su trabajo y confiabilidad.

La SEGOB dejó muy claro que su participación en los sistemas de monitoreo atmosférico se circunscribe a la aplicación de los programas de contingencia atmosférica en su última fase y sólo cuando éstas no pueden ser controladas por las autoridades locales y las autoridades ambientales y de salud del gobierno federal. Si ocurrieran eventos semejantes a los ocurridos a principios de los años noventa, donde en la Ciudad de México se decretó día de asueto para controlar una contingencia atmosférica mayor de 48 horas, la SEGOB evaluaría de manera extraordinaria la confiabilidad de los sistemas.

Finalmente y con respecto a la necesidad de incorporar nuevos parámetros y tecnologías de medición, en particular relacionados con sustancias tóxicas y de origen fotoquímico, los funcionarios entrevistados mostraron interés, urgencia y realismo ante la erogación tan alta que el país tendría que realizar.

Por su parte, el Instituto Mexicano del Petróleo puntualizó que su experiencia en las campañas de monitoreo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y las periferias de los centros petroquímicos y de refinación de PEMEX, le indican que es posible utilizar métodos y tecnologías novedosas, más baratas y mejor habilitadas para el manejo computacional de los datos, inclusive ligando en tiempo real datos puntuales con modelos de simulación. De aprobarse estas tecnologías para medir contaminantes criterio, habría economías en las prácticas de medición que podrían utilizarse para ampliar las mediciones a sustancias tóxicas y contaminantes fotoquímicos.

Se considera factible dicha alternativa y sugiere ampliar su actual Alianza con laboratorios nacionales para autorizar, calibrar y hacer mediciones comparativas a nivel nacional de nuevos instrumentos de medición. La experiencia adquirida con los laboratorios del centro del país al elaborarles materiales de referencia para la

comprobación de la confiabilidad de sus mediciones, puede ser empleada en los programas de Auditoría de Calidad a los sistemas de monitoreo atmosférico.

De las entrevistas realizadas se pueden agregar los siguientes comentarios, útiles en decisiones futuras con respecto al impulso y evolución de los sistemas de monitoreo atmosférico:

- México posee instituciones y recursos humanos capacitados y subutilizados en materia de Gestión de la Calidad del Aire y monitoreo atmosférico, que pueden soportar una política de estado más agresiva y complejo con respecto al monitoreo atmosférico
- Las instituciones entrevistadas han disminuido su ritmo de trabajo en el tema (ej Instituto Nacional de Salud, IMP, INEGI, CNA) por falta de presupuesto y proyectos, no por falta de interés o necesidad
- Entre los temas relacionados y aún no considerados adecuadamente en la Gestión de la Calidad del Aire y el monitoreo atmosférico están: cambio climático, incendios forestales, lluvia ácida, dispersión regional y nacional de contaminantes de origen industrial, exposición a contaminantes del aire en intramuros y evaluación forense ambiental.
- Existe una necesidad e interés por tener mayor información y análisis sobre calidad del aire, en especial en las ciudades donde no se cuenta con un monitoreo continuo y donde hay evidencia de contaminación de origen industrial y vehicular.
- Hay una preocupación generalizada por el problema de partículas y tóxicos orgánicos provenientes de la gasolina, ya que éstos se relacionan directamente con índices de mortalidad, sin que a la fecha haya existido una campaña nacional por parte del gobierno federal, como lo hubo tal vez para el ozono.

Las entrevistas realizadas quedaron consignadas en notas de trabajo en los archivos del proyecto en el CINAM y se tomaron en cuenta para la elaboración de los documentos finales.

5. DIAGNÓSTICO DE LOS SISTEMAS DE MONITOREO ATMOSFÉRICO

Actualmente las redes de monitoreo que existen en el país evalúan la concentración de los siguientes contaminantes: dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), partículas (PST, PM₁₀ y PM_{2.5}), óxidos de nitrógeno (NO_x), ozono (O₃), plomo (Pb), ácido sulfhídrico (H₂S), metales pesados, sulfatos, nitratos, y otros parámetros como: radiación solar y depósitos atmosféricos (seco y húmedo) También, se cuenta con dispositivos para la determinación de parámetros meteorológicos, principalmente: dirección de viento (DV) y velocidad del viento (VV), temperatura ambiente (TMP) y humedad relativa (HR). (INE-SEMARNAT, 2003)

La situación actual de los principales sistemas de monitoreo con que cuenta el país se describen en la Tabla que se presenta más adelante.

En general, se puede observar que todas las redes poseen serios problemas de financiamiento y ocupan un nivel jerárquico, orgánica y presupuestalmente hablando, muy inferior a la importancia del servicio que prestan. Esta situación se ha agravado progresivamente en los últimos diez años con la crisis económica que inició desde 1995 y la nueva etapa política de nuestro país, en la que los temas de mayor importancia para la población están relacionados con la seguridad, el empleo y el combate a la pobreza extrema

Redes de Monitoreo Atmosférico en México

Sistema de Monitoreo	Red	Número de estaciones	Parámetros que se miden
Ciudad de México (Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México- (SIMAT))	Red de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México (RAMA)	36	Equipada con 114 analizadores que miden: O ₃ , SO ₂ , NO _x , CO, PM ₁₀ y PM _{2.5}
	Red Manual de Partículas Suspendidas (REDMA)	14	Con 19 sitios de muestreo PST, 5 para muestreo de PM ₁₀ , 7 estaciones remotas para muestreo PM _{2.5}
	Red de Depósito Atmosférico (REDDDA)	16	La REDDA cuenta con 16 estaciones equipadas con colectores semiautomáticos (depósito húmedo y seco) los parámetros que miden son pH, aniones y cationes
	Red Meteorológica (REDMET)	15	Constituida por 15 torres con sensores meteorológicos y determinan parámetros como: HR, TMP, DV y VV. Se cuentan con 8 sitios para monitoreo de radiación ultravioleta (UV-A y UV-B).
Ciudad de Toluca	Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Toluca (REDZMT)	7	Parámetros que se miden: O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , PST, PM ₁₀ , HR, TMP, DV, VV.
Monterrey, N.L. (Sistema Integral de Monitoreo Ambiental de Monterrey-SIMA)	Red Automática de la Zona Metropolitana de Monterrey (REDZMM)	5	Cada estación está configurada para medir los siguientes parámetros: O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , HR, TMP, DV, VV, precipitación pluvial (PP), radiación solar y presión atmosférica (PA).
Guadalajara, Jal	Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Guadalajara (RAMAZMG)	8	Se miden los siguientes parámetros: O ₃ , CO, SO ₂ , NO, PM ₁₀ , NO _x , y parámetros meteorológicos como HR, TMP, DV y VV
Cd. Juárez, Chih.	Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez (REDCJ)	3	Se miden los siguientes parámetros SO ₂ , O ₃ , CO, NO ₂ parámetros meteorológicos como DV, VV, TMP, HR
	Red Manual de Partículas Suspendidas (REDMA)	2	PST y PM ₁₀
Puebla	Red Estatal de Monitoreo Automático de Puebla (REMA)	4	La configuración de las estaciones es homogénea y comprende los siguientes parámetros: O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , H ₂ S, HCNM, PM ₁₀ , Meteorológico: HR, TMP, DV, VV, UVA, UVB, PP.
Guanajuato (Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire en el Corredor Industrial del Bajío)	RED Salamanca	3	Se miden los siguientes parámetros: CO, SO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ y parámetros Meteorológicos como: DV, VV, TMP, HR
	Red Irapuato	3	Se miden los siguientes parámetros: CO, SO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ y parámetros Meteorológicos: DV, VV, TMP, HR
	Red Celava	3	Se miden los siguientes parámetros: CO, SO ₂ , NO _x , O ₃ , PM ₁₀ y parámetros Meteorológicos: DV, VV, TMP, HR
Tijuana-Mexicali, B.C.		6	Parámetros que se miden: O ₃ , NO ₂ , SO ₂ , CO, NO y NO _x ; PM ₁₀ y parámetros meteorológicos: TMP, DV, VV

Adaptada de: PNMA (2003), www.sma.df.gob.mx/simat/, <http://semades.jalisco.gob.mx/site/indexaire>,
www.ni.gob.mx/sduop/sima/sima_des.htm, www.edomex.gob.mx/portalgem/se/, www.arb.ca.gov/aqdpag.htm,
www.sedurbecop.pue.gob.mx/Monitoreo/Remareporte.html.

Cabe destacar que el nivel de compromiso de los profesionistas involucrados en la operación de las redes es muy alto y se observa un orgullo profesional por la labor que realizan. Esta mística de trabajo es especialmente relevante para las futuras normas sobre el tema, ya que los operadores se han fijado metas mucho más allá de las que las normas oficiales mexicanas les imponen y todos, sin excepción, hacen cotidianamente esfuerzos extraordinarios, no remunerados, para cumplirlas. Desde el inicio de su actividad, la totalidad de los operadores han estado expuestos a los medios de comunicación y la población abierta, situación equiparable a una evaluación continua de su desempeño como equipo de trabajo profesional y personal en lo individual. Ante esta circunstancia, su nivel de compromiso es mayor pues su labor está bajo escrutinio diario por parte de la población, incluyendo a sus amistades y familiares.

La administración más avanzada que posee nuestro país en materia de gestión y monitoreo de la calidad del aire la tiene sin duda la Ciudad de México. El Sistema de Monitoreo Atmosférico de la Zona Metropolitana del Valle de México (SIMAT) pudiera ser el modelo nacional, al cual podemos aspirar de manera realista, total o parcialmente, en las otras regiones metropolitanas, fronterizas o industriales del territorio nacional. Sin embargo, hay que considerar que la red automática de monitoreo atmosférico que se opera en el SIMAT es la más antigua del país y que la complejidad y gravedad de la contaminación del Valle de México es de prioridad estratégica a nivel nacional, recibiendo recursos locales y apoyo internacional que no son replicables en el resto de las áreas urbanas del país.

La infraestructura ambiental de monitoreo atmosférico en México se caracteriza por los siguientes rasgos:

- Las redes de monitoreo atmosférico están ubicadas en regiones metropolitanas, ciudades capitales, ciudades fronterizas y zonas industriales con severos o evidentes problemas de contaminación atmosférica.
- Las redes de monitoreo de la calidad del aire del país son esencialmente urbanas. Algunas de las redes de medición están sujetas a programas de aseguramiento y control de calidad y tienen planes de expansión, ya sea por que las áreas urbanas donde están ubicadas han crecido o porque el diseño original de las redes así lo determinaba. Con excepción de las redes fronterizas, todas las redes de monitoreo del país poseen manuales operativos y procedimientos técnicos y administrativos particulares y distintos entre sí.
- La gran mayoría de las estaciones de medición están ubicadas en "casetas", lo que facilita su identificación, mantenimiento y en el caso de las casetas móviles, su reinstalación si fuera necesario por pérdida de representatividad. El nivel de equipamiento en cada estación es muy variado y existen muy pocas estaciones "completamente" equipadas con

instrumentos para medir todos los parámetros normalizados y los de interés meteorológico.

- La mayoría de las redes están equipadas con instrumentos y equipos de procedencia norteamericana. Los equipos de medición poseen características y funciones operativas que responden a las normas impuestas en los Estados Unidos de Norteamérica (EUA) por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), aunque algunos no poseen la totalidad de los aditamentos internos y periféricos solicitados por ese organismo, ya que no se usan en México.
- En general, los responsables ejecutivos y los técnicos de las redes de monitoreo han sido formalmente capacitados por los fabricantes de equipo, por personal de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), por personal del gobierno de la Ciudad de México, por diversas instituciones académicas, así como por personal técnico de la EPA. El uso de materiales didácticos y técnicos expedidos por ese organismo norteamericano es común dada su accesibilidad y gratuidad a través de Internet. El entrenamiento práctico dentro del área de trabajo es el común denominador en la capacitación de los técnicos operarios.

6. ELABORACIÓN DE DOCUMENTOS

La elaboración de 6 documentos pretende proporcione una serie de directrices para la elaboración, tanto del futuro reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de monitoreo de la calidad del aire, como de la Norma Oficial Mexicana donde se establezcan los requisitos mínimos que deben de cumplir los responsables de operación de los SMA's en México.

Para fines de los presentes documentos, se define un Sistema de Monitoreo Atmosférico (SMA) como la organización responsable de generar y reportar datos de calidad del aire de una cuenca atmosférica, bajo los criterios y condiciones que se establezcan dentro del PNMA.

Un SMA incluye los recursos humanos, administrativos y la infraestructura (redes de monitoreo de la calidad del aire y redes de meteorología, laboratorios de apoyo y sistemas de cómputo para procesamiento de información) operados bajo un sistema de gestión de calidad acreditado y aprobado.

Estos seis documentos relativos de Monitoreo Atmosférico en México, cuyos contenidos temáticos se describen a continuación:

Documento 1. "El Monitoreo Atmosférico en la Gestión de la Calidad del Aire".

Este documento está orientado a dar respuesta a los requerimientos de la primera etapa del PNMA, por lo que incluye esencialmente un diagnóstico de los sistemas de monitoreo atmosférico en México en donde se describe, por una parte, la situación administrativa y operativa que prevalece en las redes de monitoreo de Calidad del Aire que operan en el País, y por otra parte, el marco Legal, Político e Institucional en que se sustenta dicha actividad.

En otro capítulo se describe la importancia del monitoreo atmosférico en la Gestión Ambiental, principalmente como instrumentos para alertar a la población y para la gestión con fines de protección a la salud, para el análisis de las tendencias de la calidad del aire, entre otros.

Finalmente en un último capítulo, se presenta la importancia de establecer un sistema de evaluación y acreditamiento de los SMA's para incidir en la calidad de los datos generados por dichas entidades.

Documento 2. “Objetivos y componentes de los Sistemas de Monitoreo Atmosférico”

En este documento se efectúan propuestas para el establecimiento de SAM's a partir de criterios del número de habitantes e inventarios de fuentes y emisiones, aunados a las características particulares de las cuencas o parcelas atmosféricas.

En una segunda sección, se pone a consideración del Instituto Nacional de Ecología un sistema de clasificación de las redes y estaciones en función de su representatividad e importancia territorial, así como una clasificación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en términos del tipo de usos del suelo, tanto en el ámbito urbano como rural.

En el capítulo 2, se establecen los objetivos generales de los SMA's que se recomiendan a nivel nacional y se enuncian los criterios utilizados a nivel internacional para la evaluación de la calidad de los datos en términos de representatividad, incertidumbre de medición (precisión, sesgo y exactitud), así como los correspondientes a los límites de confianza e integridad.

En el Capítulo 3, se definen los componentes básicos que integran un SMA, y se describen y ejemplifican los principales subsistemas relacionados en cada caso.

Documento 3. “Diseño e Instalación de Redes de Monitoreo”

En este documento se abordan los principales aspectos para el diseño e instalación de SMA's a partir de la definición precisa de objetivos y la caracterización de la cuenca o parcela atmosférica donde se sustente el proyecto. Posteriormente, se enuncian criterios para la selección de los contaminantes y parámetros meteorológicos a evaluar y sus respectivas tecnologías de medición y tiempos de muestreo. En la siguiente sección se enuncian los criterios básicos para la determinación del número de estaciones y requerimientos que deben cubrir los sitios de muestreo seleccionados.

En otra sección, se refieren las características específicas que deben cumplir las estaciones de monitoreo, así como las especificaciones técnicas y criterios de localización de las tomas de muestra.

Finalmente, se presentan las principales consideraciones para la ubicación del centro de cómputo en función de su importante papel en lo relacionado con la adquisición y almacenamiento de la información generada por las diferentes estaciones de monitoreo.

Documento 4. “Operación, Mantenimiento y Calibración de Sistemas de Monitoreo”

En el capítulo 1, se describen, los principios de detección y las principales características de los equipos de muestreo y/o monitoreo utilizados en los SMA's para la evaluación de los contaminantes del aire criterio.

En el capítulo 2, se refieren a los requerimientos de capacitación y entrenamiento del personal que participa en las actividades de operación, mantenimiento y calibración de los SMA's, y se enuncian los criterios básicos para la selección de equipos. También se incluyen los criterios para la elaboración de Procedimientos Operativos (PO's) que representan una herramienta esencial en los esquemas de Aseguramiento de Calidad.

En el capítulo 3, se establecen directrices generales y los requisitos mínimos con que deben contar los programas de mantenimiento preventivo (PMP) de los SMA's. También se incluyen los aspectos básicos relacionados con la disponibilidad de partes, refacciones y equipos; la disponibilidad de Instalaciones apropiadas y las características generales de las actividades de supervisión y registro (Bitácoras) que deben documentar en los PMP.

En el capítulo 4, se refieren los aspectos generales de los Programas de Calibración que en este tipo de sistemas tienen una convergencia muy importante con las actividades de mantenimiento en los métodos de prueba que se realizan, mientras que en la parte final se refieren lo aspectos relativos de seguridad y atención a emergencias.

Documento 5 “Gestión, Aseguramiento y Control de la Calidad en los Sistemas de Monitoreo Atmosférico”

El objetivo de este documento es introducir a los responsables de los SMA's los aspectos básicos para la implantación de un Sistema de Gestión de Calidad en el seno de sus organizaciones, así como también dar algunas instrucciones generales relacionadas con las prácticas de monitoreo atmosférico. El capítulo 3 de este documento proporciona las bases referentes al término de calidad y a un sistema de gestión de la calidad, partiendo de los ocho principios de la gestión de la calidad. Posteriormente, se explica como llegar al diseño y la implantación de un sistema de gestión de la calidad.

El capítulo 4, inicia destacando la importancia de la Política de Calidad como instrumento rector de todas las actividades relacionadas con la calidad. Subsecuentemente, se definen las responsabilidades y funciones con base en la estructura organizacional, asimismo se describen los conceptos básicos de planeación y objetivos de calidad.

En la sección 4.2, se refieren los principales requisitos que establecen las normas de calidad en materia de Aseguramiento de Calidad, relativos al sistema

documental, control de documentos, compras, selección de infraestructura y calibración, mientras que en la sección 4.3 se enuncian criterios de Control de Calidad que son aplicables a los SMA's poniendo especial énfasis en los aspectos relacionados con la revisión, verificación y validación de los datos.

Documento 6 "Procedimiento de Auditoría a Sistemas de Monitoreo Atmosférico"

Este documento propone un esquema de auditoría federal, bajo los preceptos y lineamientos establecidos por la Ley Federal de Metrología y Normalización relativos a la acreditación y adoptando las directrices y criterios generales del Programa de Auditoría que ha desarrollado la USEPA, a partir de la ejecución de Auditorías Técnicas del Sistema, Auditorías de Funcionamiento y Evaluaciones de la calidad de los datos.

Se pretende que la elaboración de estos documentos proporcione una serie de directrices para la elaboración, tanto del futuro reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en materia de monitoreo de la calidad del aire, como de la Norma Oficial Mexicana donde se establezcan los requisitos mínimos que deben de cumplir los responsables de operación de los SMA's en México.

Finalmente, es importante señalar que los documentos antes descritos, no pretenden ser un manual técnico, sino una guía normativa para diseñar, operar y mantener sistemas de monitoreo atmosférico. Es responsabilidad de las autoridades locales el elaborar sus propios manuales técnicos de detalle y de aseguramiento y control de calidad, de acuerdo a la configuración física y tecnológica de sus sistemas.

