



## Rutas continentales de los

## contaminantes



Hacia una agenda para la  
cooperación en materia de  
transporte a grandes distancias  
de la contaminación atmosférica  
en América del Norte

CCE  
CCA  
CEC

# Rutas continentales de los contaminantes

Hacia una agenda para la cooperación en materia  
de transporte a grandes distancias de la  
contaminación atmosférica en América del Norte

Esta publicación fue preparada por el Secretariado de la CCA y no necesariamente refleja los puntos de vista de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos o México.

El contenido se puede reproducir en cualquier formato, todo o en partes, para fines educativos o no lucrativos, sin el permiso especial del Secretariado de la CCA, siempre y cuando se cite la fuente. La CCA agradecería recibir una copia de cualquier publicación o material que use como fuente este documento.

Edición al cuidado de la Coordinación de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la CCA.

**Para mayor información sobre ésta u otras publicaciones de la CCA, comunicarse a:**

COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL  
393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200  
Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9  
Tel: (514) 350-4300 Fax: (514) 350-4314

**h t t p : / / w w w . c e c . o r g**

ISBN 2-922305-14-7

© Comisión para la Cooperación Ambiental, 1997

Depósito legal-Bibliothèque nationale du Québec, 1997

Depósito legal-Bibliothèque nationale du Canada, 1997

*Disponible en français/Available in English*

Papel:	50 por ciento reciclado con 30 por ciento de contenido post consumo/ Sin recubierta ni sustancias clorinadas
Tinta:	Vegetal, sin sustancias clorinadas o metales pesados
Solventes:	Sin alcohol isopropílico/ Menos de 1 por ciento de compuestos orgánicos volátiles
Lavado de prensas:	Se usaron productos de limpieza bajos en compuestos orgánicos volátiles
Diseño y formación:	Desjardins Bibeau
Impreso en Canadá	

## **Perfil**

En América del Norte, todos compartimos recursos vitales: aire, océanos, ríos, montañas y bosques. En conjunto, estos recursos naturales son la base de una vasta red de ecosistemas que sostienen nuestra subsistencia y bienestar. Estos recursos deben ser resguardados para que en el futuro continúen siendo fuente de vida y prosperidad. La protección del medio ambiente de América del Norte es una responsabilidad compartida por Canadá, Estados Unidos y México.

La Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) es una organización internacional integrada por Canadá, EU y México. Fue creada en términos del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) para tratar las preocupaciones ambientales regionales, ayudar a prevenir los conflictos comerciales y ambientales potenciales y promover la aplicación efectiva de la legislación ambiental. El Acuerdo complementa las disposiciones ambientales del Tratado de Libre Comercio (TLC).

La CCA realiza su trabajo a través de la combinación de los esfuerzos de sus tres componentes principales: el Consejo, el Secretariado y el Comité Consultivo Público Conjunto (CCPC). El Consejo es el cuerpo gobernante y está integrado por representantes ambientales a nivel de gabinete de cada uno de los tres países. El Secretariado ejecuta el programa anual de trabajo y brinda apoyo administrativo, técnico y operativo al Consejo. El Comité Consultivo Público Conjunto está integrado por quince ciudadanos, cinco de cada uno de los países firmantes, con la función de asesorar al Consejo en los asuntos materia del Acuerdo.

## **Misión**

A través de la cooperación y la participación del público, la CCA contribuye a la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente de América del Norte. En el contexto de los crecientes vínculos económicos, comerciales y sociales entre Canadá, México y Estados Unidos, trabaja para beneficio de las generaciones presentes y futuras.

## Rutas continentales de los contaminantes

	Prefacio	v
	Resumen ejecutivo	vi
<b>1.0</b>	<b>Introducción</b>	<b>VII</b>
<b>2.0</b>	<b>Los contaminantes regionales requieren acciones conjuntas</b>	<b>1</b>
2.1	Las rutas de los contaminantes no respetan fronteras	2
2.2	Los contaminantes regionales son un peligro para la salud humana y el medio ambiente	3
	2.2.1 Deposición ácida	4
	2.2.2 Mercurio	9
	2.2.3 Ozono	10
	2.2.4 Partículas (PM)	11
	2.2.5 Contaminantes orgánicos persistentes	13
	2.2.6 Importancia de conocer los medios múltiples de exposición y los efectos sinérgicos de los contaminantes	14
2.3	Los contaminantes tienen fuentes comunes	15
2.4	Ausencia de perspectiva de América del Norte en las iniciativas bilaterales y globales	17
<b>3.0</b>	<b>Razones y oportunidades para la acción conjunta frente a los contaminantes regionales</b>	<b>20</b>
3.1	Momento para actuar	21
3.2	Aspectos transfronterizos e internacionales	23
3.3	Fuentes contaminantes comunes	25
3.4	Ecosistemas compartidos; regiones y especies migratorias comunes	29
3.5	Mejor y mayor información ambiental	33
	3.5.1 Consideraciones generales	34
	3.5.2 Registros de emisión y transferencia de contaminantes	37
	3.5.3 Oportunidades de investigación y monitoreo	40
3.6	Desarrollo de la capacidad nacional	40
3.7	Los logros binacionales, punto de partida	41
3.8	Liderazgo internacional	42
3.9	Los programas nacionales preparan el escenario para la acción conjunta	44
<b>4.0</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>47</b>
4.1	Conclusiones	47
4.2	Pasos inmediatos que se recomiendan	48
	4.2.1 Contexto	49
	4.2.2 Recomendaciones específicas	50
	Anexo 1: Lista de participantes en los Comités	50
	Anexo 2: Estudios de caso preparados por el Comité Asesor de Expertos	51

---

## Prefacio

Este informe aborda aspectos importantes del transporte atmosférico de contaminantes a grandes distancias en América del Norte, con la intención de incrementar la cooperación trilateral en todos los niveles de la sociedad para afrontar este apremiante problema. Son amplias las pruebas que permiten concluir que las tres naciones y sus sociedades pueden colaborar con éxito para responder ante los problemas regionales al ampliar y profundizar las actuales áreas de cooperación bilateral. Es importante advertir esta interdependencia y comenzar a guiarnos conjuntamente por ella, con la debida consideración a las responsabilidades y preocupaciones compartidas, así como a las diferencias en las condiciones y posibilidades de los tres países.

En este informe, que se inició y presentó al Consejo de la CCA en términos del artículo 13 del ACAAN, se examinan la naturaleza, extensión e importancia de las rutas de los contaminantes hacia, desde y al interior de América del Norte (lo que en este informe se denomina “rutas continentales de los contaminantes”). El informe responde a la preocupación de la población por el empeoramiento de la calidad del aire, hace una revisión de las oportunidades de cooperación entre los tres países y sugiere formas de profundizar en la elaboración de una estrategia conjunta para abordar los asuntos relacionados con la contaminación atmosférica en América del Norte, problema que se aborda desde una perspectiva transfronteriza y regional.

Para elaborar este estudio, el Secretariado coordinó y recibió apoyo de múltiples instituciones, organizaciones e individuos, cuyas contribuciones agradecemos profundamente. Estamos muy agradecidos también con todas las personas vinculadas a este proyecto, quienes aportaron su experiencia, entusiasmo, optimismo y compromiso con el trabajo, gracias a los cuales el estudio se concluyó con el alto grado de consenso que aquí se refleja. Fue muy importante la contribución de un Comité Asesor de Expertos, integrado por más de 30 científicos de las tres naciones, que produjo una evaluación desde el punto de vista científico de las rutas y los efectos de la contaminación atmosférica en América del Norte (en adelante citado como el *Informe del Comité*).

Asimismo, el Secretariado coordinó un Grupo Consultivo, formado por alrededor de 50 representantes de diversos grupos de interés, que orientó al propio Secretariado y al Comité Asesor de Expertos en cuanto al alcance y la dirección de sus esfuerzos. Se acordó también la creación de un Grupo de Política que reunió a 20 ciudadanos de América del Norte con amplia experiencia en el desarrollo y la instrumentación de políticas relacionadas con el transporte de contaminantes a largas distancias. También se recibió asesoría por parte del Grupo Asesor del Proyecto de la CCA sobre Monitoreo y Modelación del Aire, equipo de aproximadamente 15 expertos gubernamentales y del sector académico que durante los últimos años ha brindado a la CCA asistencia en los esfuerzos para mejorar la compatibilidad de la información sobre calidad del aire. El estudio se enriqueció también con las consultas públicas convocadas en 1997 por el Comité Consultivo Público Conjunto de la CCA, que en parte abordaron el problema objeto de este informe.

Aislada, ninguna nación de América del Norte podrá proteger de manera adecuada el medio ambiente de su territorio ni a sus habitantes, de los contaminantes transportados a lo largo de las rutas regionales. Mientras que los contaminantes no están limitados por fronteras políticas, con frecuencia los programas para combatirlos sí lo están y las decisiones nacionales se siguen tomando sin evaluar por completo sus implicaciones y efectos en toda América del Norte.

Ahí donde los esfuerzos unilaterales de un país resultarían ineficaces o se debilitarían sin un apoyo que abarque toda la región, la CCA proporciona un foro para la cooperación subcontinental. Tales esfuerzos incluyen la generación y el uso de información, así como la promoción del análisis ambiental con un enfoque “pan-norteamericano” y el ensayo de innovadores modelos regionales de cooperación internacional eficaz y orientada a los resultados. Este informe busca agregar valor al trabajo que desarrollan la CCA y otras instancias al enriquecer las actuales iniciativas y catalizar nuevos esfuerzos en torno al transporte de contaminantes a grandes distancias.

**Víctor Lichtinger**  
**Director Ejecutivo,**  
**Secretariado de la**  
**Comisión para la Cooperación Ambiental**

## Resumen ejecutivo

El Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) entró en vigor junto con el Tratado de Libre Comercio (TLC) el 1 de enero de 1994. El ACAAN se negoció con objeto de establecer un marco de referencia para la cooperación ambiental regional, atender las preocupaciones en torno a los efectos potenciales de la liberalización del comercio y de la creciente integración económica en el medio ambiente de América del Norte, así como fomentar una agenda de cooperación ambiental entre los tres países en asuntos de importancia regional e interés mutuo.

Se consideró que uno de esos asuntos es el transporte en el aire a grandes distancias de diversos contaminantes persistentes, motivo de preocupación en América del Norte (las rutas continentales de los contaminantes). Por ello, a iniciativa del Secretariado de la CCA, se acordó la creación de un Comité Asesor de Expertos para que estudiara el problema. El presente documento se elaboró con base en el informe que produjo dicho Comité.

La iniciativa del Secretariado procedió en términos del Artículo 13 del ACAAN, que le autoriza a elaborar informes al Consejo sobre aspectos comprendidos en el programa de trabajo anual de la CCA. Con la aprobación del Consejo, este informe se pone ahora a disposición del público, con la esperanza de que las recomendaciones que contiene alienten la cooperación trilateral en este asunto específico. El informe responde a las inquietudes de la población por el empeoramiento de la calidad del aire y sugiere oportunidades para enriquecer el desarrollo de una estrategia conjunta frente a la contaminación atmosférica en América del Norte desde una perspectiva transfronteriza y regional.

Las principales conclusiones son:

- Los contaminantes subcontinentales están dañando la salud humana y el ambiente en toda América del Norte. Como lo subrayó en su informe el Comité Asesor de Expertos: Se conoce ya lo suficiente en casi todos los frentes como para afirmar, de forma inequívoca, que se requieren en lo inmediato reducciones considerables de los actuales niveles de emisiones.
- En los tres países existen grupos de población más vulnerables a los efectos de los contaminantes, entre ellos niños, mujeres embarazadas y en edad de procrear, ancianos, personas con problemas respiratorios, así como los pueblos indígenas y otras poblaciones que dependen del pescado y la fauna silvestre como parte esencial de su alimentación. Los embriones en desarrollo y los niños en periodo de lactancia también corren un riesgo de particular importancia.
- Entre las principales fuentes de contaminantes continentales están las plantas generadoras de electricidad; el sector del transporte; los combustibles fósiles usados en algunas industrias; los incineradores de desechos municipales y médicos, y los productos químicos empleados en la agricultura. Ya se dispone de tecnologías mejoradas para reducir las descargas, así como de técnicas y procesos para prevenir las emisiones de muchos de estos contaminantes.

- 
- La colaboración de América del Norte podría concentrarse en un número pequeño de importantes fuentes comunes. Ello enriquecería la capacidad de la región en su conjunto para reducir los riesgos de los contaminantes continentales, dado que los tres países comparten muchas de las fuentes de estos contaminantes y algunas de las fuentes emisoras son responsables de más de un contaminante.
  - Se requiere que América del Norte trabaje con otras regiones para atender el problema de las fuentes emisoras externas al subcontinente, así como el de las emisiones de la región que afectan otras zonas. Una colaboración eficaz en este sentido propiciaría que América del Norte ejerciera un liderazgo internacional en materia de acciones multilaterales para abordar un asunto que cada vez reviste más importancia para muchas áreas del mundo.
  - La información y la comprensión amplias y actualizadas son esenciales para formular estrategias de control eficaces y eficientes en las esferas nacional e internacional. Los tres países necesitan coordinar y actualizar sus inventarios de emisiones para que sean más comparables y completos. De manera similar, es preciso que quienes participan en la investigación y el control ecológicos de los ecosistemas terrestres y acuáticos de las tres naciones colaboren para desarrollar y adoptar indicadores sobre el estado y la integridad de estos sistemas y compartan datos e información. Estos enfoques, al igual que los esfuerzos de monitoreo y modelación del aire, son esenciales para comprender y abordar el problema de las rutas continentales de los contaminantes. Sin duda, se justifica intensificar los esfuerzos para combinar estas diversas actividades en un enfoque ecosistémico más integral.
  - Es evidente que en los últimos años se han reducido considerablemente los recursos humanos y financieros dedicados a la investigación y monitoreo de las rutas continentales de los contaminantes. Es preciso revertir esta tendencia para lograr comprender el problema de la contaminación transfronteriza, emprender las acciones pertinentes y evaluar la eficacia de los esfuerzos nacionales e internacionales.
  - El medio ambiente de América del Norte y sus ecosistemas vinculan a tres naciones muy distintas. La definición de acciones conjuntas habrá de considerar las diferencias entre los tres países, tanto económicas, sociales y de desarrollo, como en sus capacidades financieras y tecnológicas.

A la luz de las anteriores conclusiones, se determinó como primordial la necesidad de establecer uno o varios mecanismos eficientes de colaboración que tengan la autoridad, experiencia y motivación para emprender los pasos necesarios para asegurar que las rutas continentales de los contaminantes sean una prioridad trinacional y como tal se mantengan. Ello requerirá del compromiso a largo plazo y la vigilancia permanente a fin de reducir gradualmente la exposición de los humanos y el medio ambiente a los contaminantes liberados en los diversos medios ambientales, así como los que se forman o transportan en ellos.

## 1.0 Introducción

Ocurren hoy cambios importantes en las relaciones económicas, sociales y ambientales entre los tres países de América del Norte. La competitividad y el acceso a los mercados están íntimamente ligados a la disponibilidad y el empleo de tecnologías modernas, eficientes y limpias. Al mismo tiempo, el incremento de los flujos comerciales propiciado e impulsado por el TLC añade otro conjunto complejo de desafíos ambientales, incluidos algunos que podrían tener implicaciones transfronterizas. Por ejemplo, la mayor demanda tanto de servicios de transporte como de carreteras, los efectos de la desregulación de los mercados de generación de energía y el aumento de la producción de bienes a raíz del TLC, podrían afectar la calidad del aire e incrementar el transporte atmosférico de contaminantes a grandes distancias, tema de este informe.

Debido a que los contaminantes transportados por el aire viajan lejos y rápido, ha de establecerse una estrategia que mitigue la amenaza que ello representa para la capa atmosférica de América del Norte y dársele la debida prioridad en términos de la cooperación trinacional. Aun cuando existen diversos instrumentos nacionales, binacionales e incluso mundiales, resulta sorprendente la falta de un enfoque de América del Norte frente a la compleja problemática de la contaminación atmosférica. Ante la exigencia de tal estrategia para afrontar el transporte atmosférico de contaminantes a largas distancias, el Secretariado de la CCA propone un enfoque de cooperación basado en la coordinación de los actuales programas y recursos y en el compromiso sostenido por las Partes para atender y resolver este problema colectivo.

Sin duda, el programa para una mejor cooperación trinacional debe reconocer las diferencias en nivel de desarrollo y posibilidades de acción entre las tres naciones. En particular, México se enfrenta al desafío que implica la escasez de recursos financieros y humanos. Sin embargo, mediante el compromiso con una estrategia de largo plazo y la voluntad de actuar, los tres gobiernos pueden y deben avanzar de manera expedita en la instrumentación de un programa adecuado para reducir la contaminación atmosférica en América del Norte.

Así como es apremiante la necesidad de contar con un enfoque regional para la contaminación atmosférica, también están maduras las condiciones para que las Partes actúen juntas. Este documento describe la naturaleza, extensión e importancia de las rutas de los contaminantes y recomienda pasos para la instrumentación de una respuesta regional. Se basa en las conclusiones del Informe del Comité Asesor de Expertos, que examina desde el punto de vista científico las rutas regionales por las que viajan los contaminantes. [El anexo 1 de este Informe es la lista de los integrantes del Comité, así como la de los miembros y alternos de los grupos Consultivo y de Política] Además, como volumen dos del Informe, se incluyeron alrededor de 15 estudios de caso sobre contaminantes específicos o sobre otras materias que el Comité consideró importantes para una cabal comprensión de muchos de los aspectos de este fenómeno integral que entraña diversos entornos ambientales. [El anexo 2 enlista los estudios de caso.]

La sección 2 ofrece los principios fundamentales de la acción conjunta en torno a los contaminantes subcontinentales. El inciso 2.1 resume los efectos más significativos en la salud humana y el medio ambiente

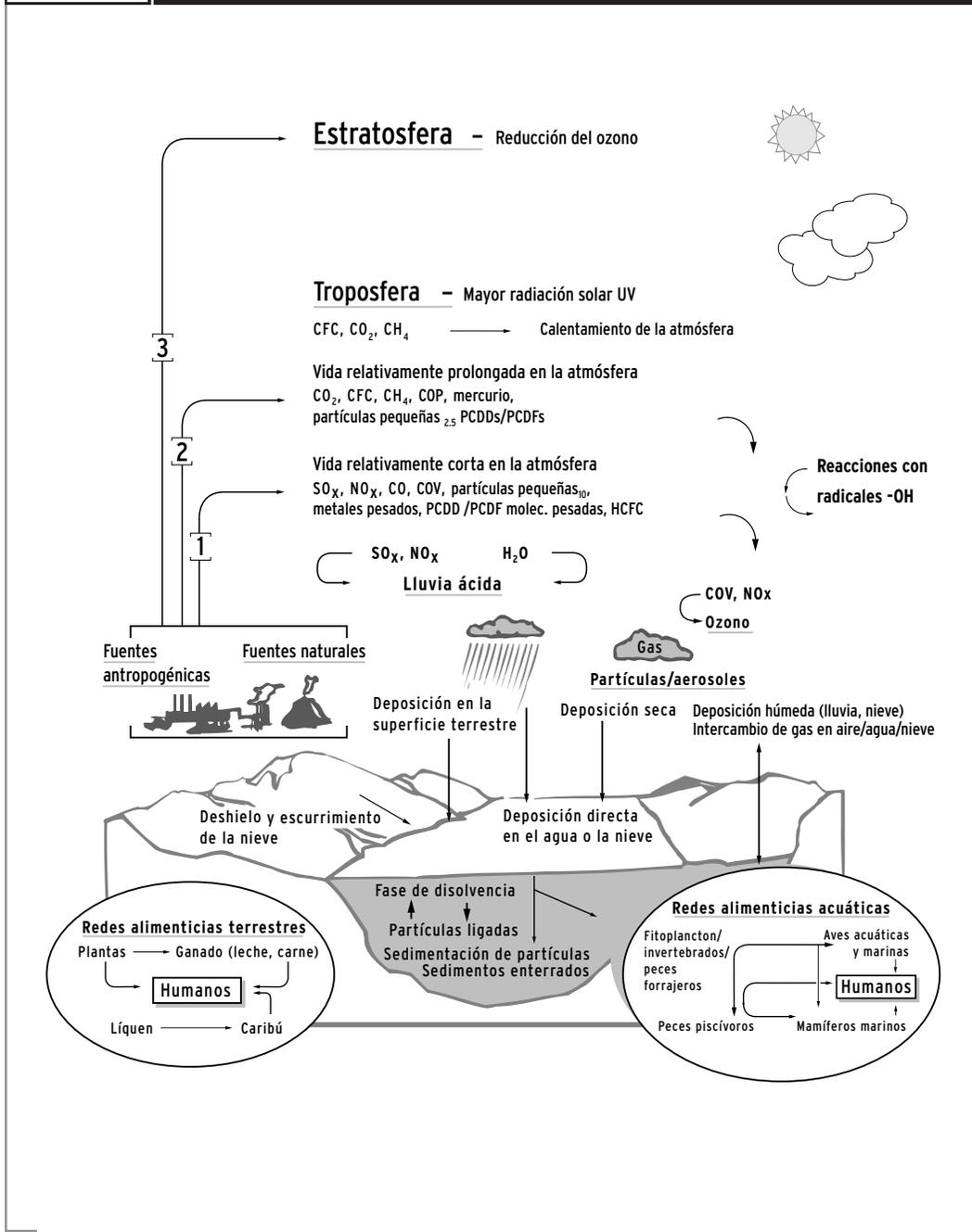
de cinco de los contaminantes atmosféricos incluidos en el Informe del Comité: deposición ácida, mercurio, ozono de bajo nivel, partículas y contaminantes orgánicos persistentes (COP). Hace hincapié en que estos contaminantes no respetan las fronteras nacionales, lo que limita la capacidad de los países que actúan unilateral o, incluso, bilateralmente para salvaguardar la salud humana y la calidad del ambiente dentro de sus fronteras. El inciso 2.2 señala que las acciones conjuntas centradas en unas cuantas categorías de fuentes comunes (plantas generadoras de energía eléctrica de caldeo por carbón, transporte e incineradores industriales y municipales) podrían mejorar la capacidad de la región en su conjunto para reducir los riesgos de los contaminantes regionales, dado que: a) los tres países comparten muchas de las fuentes de estos contaminantes, y b) muchas de las categorías de fuentes comunes son responsables de más de un contaminante. La sección 3 examina diversas oportunidades de colaboración y la 4 resume las principales conclusiones de este informe y recomienda medidas para identificar prioridades y desarrollar planes en cuanto a la reducción de las descargas antropogénicas de contaminantes en la atmósfera y otros entornos ambientales.

El término “rutas continentales de los contaminantes”, empleado a lo largo de este documento, alude a fenómenos que entrañan diversos medios ambientales, se presentan en varias escalas espaciales y temporales y vinculan las actividades humanas con las descargas de contaminantes en el ambiente, el transporte de éstos y sus efectos en los humanos y en los ecosistemas terrestres y acuáticos. No obstante, el foco de atención inicial de este informe se centra en los contaminantes liberados a la atmósfera, así como formados y transportados por ella, particularmente, en los contaminantes individuales o en grupos transportados grandes distancias a través de las fronteras nacionales e incluso de los continentes. No se consideran, en cambio, contaminantes cuyo relativamente corto ciclo de permanencia en la atmósfera hace que sus efectos sólo sean locales.

Tampoco se abordan en este informe algunos problemas subcontinentales y globales que sí forman parte del fenómeno de las rutas continentales. Por ejemplo, los gases que producen el efecto de invernadero global, así como los contaminantes que contribuyen a reducir la capa de ozono en la estratosfera e incrementar la radiación ultravioleta. Al mismo tiempo, el Comité subraya en su informe que estos cambios atmosféricos también se relacionan directamente con muchas de las fuentes emisoras y sectores que ocasionan los problemas continentales y transfronterizos de contaminantes transportados por el aire. La atención se concentró en los contaminantes transfronterizos y continentales que se muestran en la **gráfica 1** (rutas 1 y 2) y sus caminos de exposición para los humanos y los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Gráfica 1

Rutas del transporte y acumulación de los contaminantes continentales



## 2.0 Los contaminantes regionales requieren acciones conjuntas

### 2.1 Las rutas de los contaminantes no respetan fronteras

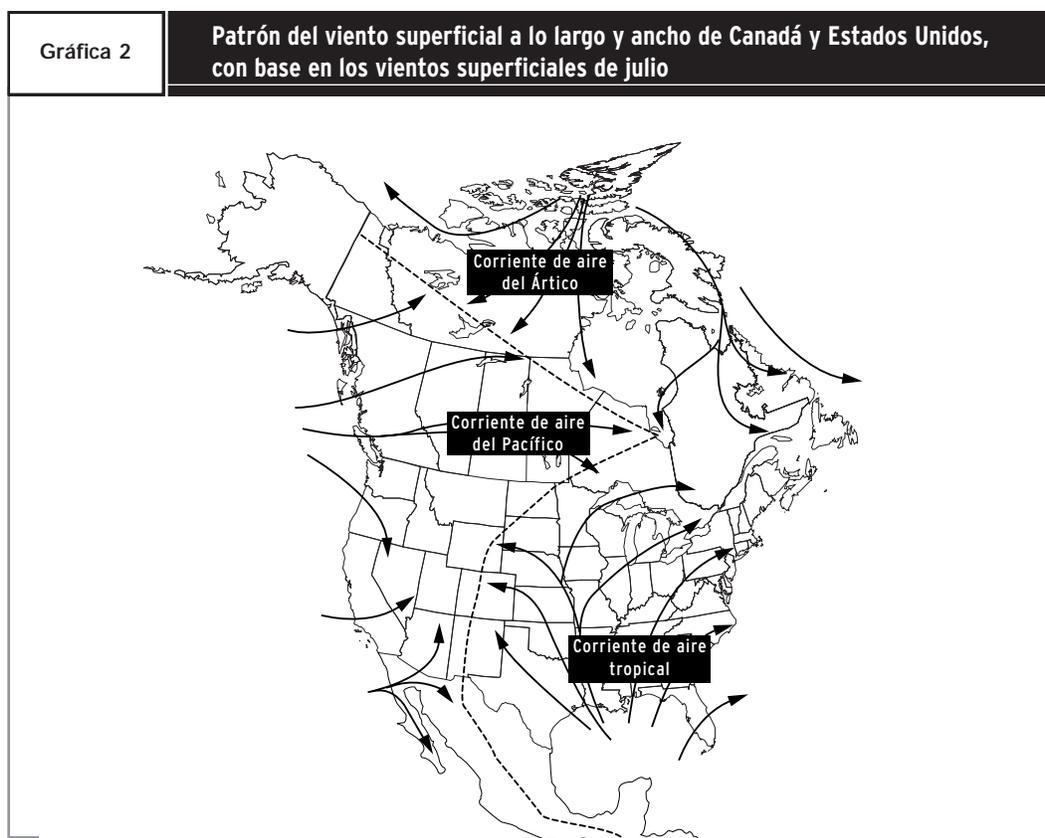
Los contaminantes objeto de este informe no reconocen fronteras políticas. Una vez liberados a la atmósfera, su destino final depende en parte de sus características químicas y físicas, y en parte de las condiciones meteorológicas prevalecientes. Por ser relativamente pesadas, por ejemplo, las grandes partículas de polvo permanecen en la atmósfera sólo entre unos cuantos minutos y un puñado de horas, por lo que su influencia suele ser local. En el otro extremo, algunos BPC pueden permanecer por décadas a la deriva viajando por la atmósfera de todo el mundo. Como se señala en el **cuadro 1**, la mayoría de los contaminantes descritos en este informe permanecen en la atmósfera entre varias horas y varios días, tiempo suficiente para cruzar estados, provincias o fronteras nacionales.

Cuadro 1	Permanencia en la atmósfera de diversos contaminantes	
Contaminante	Tiempo de permanencia en la atmósfera (días)	Observaciones
Mercurio	30+	
Contaminantes orgánicos persistentes (COP)	1–30+	Dependen de la presión del vapor y la temperatura; su destino final puede ser muy lejano debido al “efecto saltamontes” (véase recuadro)
Dioxinas	3–7	Tetra/penta clorinadas
Compuestos orgánicos volátiles (COV)	0.1–7+	Depende del tipo, desde algunos minutos (isopropano) a días (butano) o incluso años (metano)
Ozono	3–5	
Óxidos nitrogenados	1–5	Según la especie
Bióxido de azufre	1–2	
Partículas grandes	<1	
Partículas finas	8–10	< 2.5µm

Fuente: Informe del Comité de Expertos, cuadro B-2.

La **gráfica 2** ilustra los patrones del viento superficial en América del Norte más o menos típicos de julio; se observa cómo estas corrientes de aire o “corredores de transporte” desplazan contaminantes atmosféricos en varias direcciones a todo lo largo del subcontinente. De manera similar, la **gráfica 3** muestra el cálculo de las trayectorias inversas del plaguicida toxafeno, encontrado en numerosas muestras de precipitación tomadas en Egbert, Ontario, entre 1989 y 1990.

Es amplia la interconexión resultante de los problemas de contaminación en América del Norte. Se calcula, por ejemplo, que más de la mitad del ozono de bajo nivel que hay en Toronto en un caluroso día de verano se origina en Estados Unidos.<sup>1</sup> Algunos expertos consideran que las emisiones de varios contami-



Fuente: De Bryson and Hare 1974, citado en the *United States-Canada Memorandum of Intent on Transboundary Air Pollution*, MCARLO Interim Model Profile, Julio de 1981.

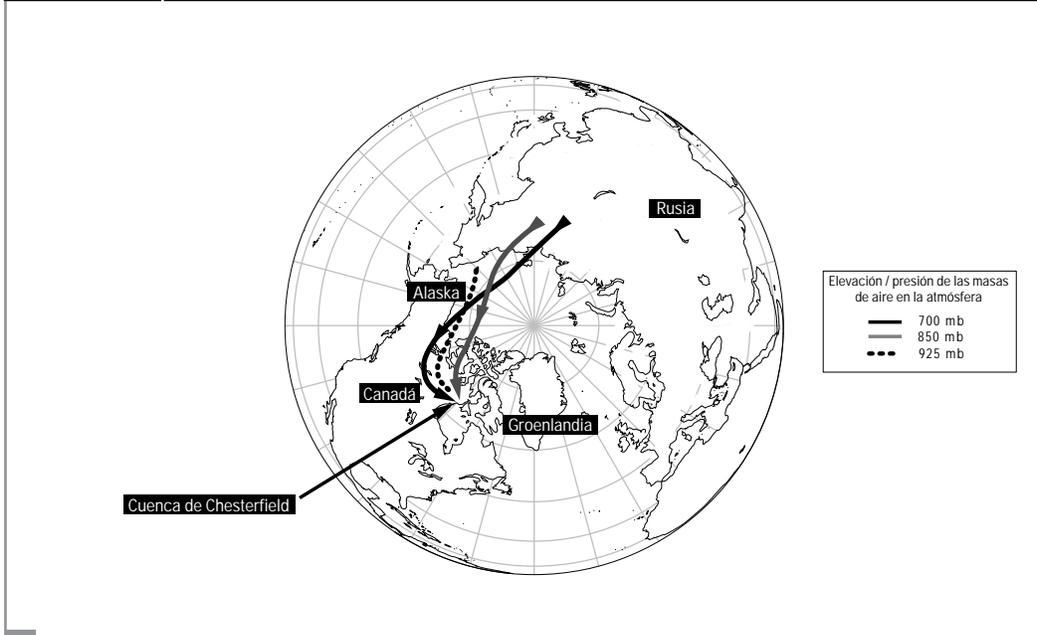
2.1 Las rutas de los contaminantes no repetan fronteras

<sup>1</sup> A esa conclusión llegó el ministerio de Medio Ambiente y Energía de Ontario, según la transmitió a la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos en el documento *National Ambient Air Quality Standards: Proposed Decisions on Particulate Matter and Ozone*, 6 de marzo de 1997.



Gráfica 4

La "nieve morena" en la cuenca de Chesterfield, 27-28 de abril, 1988: trayectoria inversa de 120 horas de la masa de aire que contiene partículas finas y COP



Fuente: H.E. Welch, et al. 1992. Brown snow: A long-range transport event in the Canadian Arctic. *Env. Sci. Tec.* 25: 280-286

BPC, compuestos relacionados con el DDT y diversos herbicidas e insecticidas) originadas en Siberia que se depositaron como "nieve morena" en el Ártico canadiense central a finales de abril de 1988. Aunque el transporte de tales contaminantes de fuera de América del Norte a regiones como el Ártico está bien documentado, se requieren más datos para definir la relación entre América del Norte como fuente y receptora de contaminación atmosférica y otros continentes y regiones.

## 2.2 Los contaminantes continentales son un peligro para la salud humana y el medio ambiente

El fenómeno de las rutas continentales de los contaminantes es, por tanto, la manifestación regional de un reto mundial de mayor envergadura. Este informe se centra en las rutas de los contaminantes atmosféricos cuya residencia en el aire va desde horas hasta meses, así como sus subsecuentes rutas terrestres y acuáticas y en la red alimenticia, que se traducen en la exposición de los humanos y el medio ambiente a sus efectos. En escala mundial, hay claras muestras de que la capacidad de la tierra para asimilar los contaminantes generados por las actividades humanas está en peligro. La capacidad productiva de los ecosistemas terrestres y acuáticos también está en riesgo y hay indicios contundentes de que los contaminantes liberados a la atmósfera, así como los formados y transportados por ella, son un factor significativo de la pérdida de biodiversidad global.

2.1 Las rutas de los contaminantes no repetan fronteras

2.2 Los contaminantes continentales son un peligro para la salud humana y el medio ambiente

Desde un punto de vista global, la atmósfera representa los “pulmones del planeta” y su salud e integridad son esenciales. En tanto que es obvio que la salud y la integridad de los sistemas que hacen posible la vida en la Tierra son elementos indispensables para la salud de los humanos a largo plazo, así como para su bienestar social y económico, con frecuencia se les da por sentados. Es difícil conseguir apoyo público y político para amenazas que parecen vagas, distantes y sin una solución clara y sencilla. Cada día, sin embargo, aumenta el reconocimiento de la necesidad de tratar a escala internacional algunas de las amenazas.

El examen que se presenta a continuación sobre cinco contaminantes (deposición ácida, mercurio, ozono de bajo nivel, partículas y COP) tratados como estudios de caso en el Informe del Comité, brinda un resumen de sus fuentes antropogénicas; los medios por los que se liberan a la atmósfera, se forman y se transportan —a menudo a distancias muy largas— por ella, y las principales vías de exposición que representan los mayores riesgos para la salud humana y el ambiente.<sup>2</sup> El Informe del Comité destaca que esos cinco no son los únicos contaminantes regionales que ameritan atención y que se presentan sólo como ejemplos. El Informe del Comité también señala, por ejemplo, que varios problemas incipientes —como las causas de trastornos endocrinos y el transporte por aire de plagas biológicas y agentes patógenos— se deberían monitorear y evaluar para determinar las posibilidades de emprender acciones conjuntas en el futuro.

### 2.2.1 DEPOSICIÓN ÁCIDA

La deposición ácida puede ocurrir de dos maneras. La “deposición húmeda” sucede cuando emisiones de óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ , sobre todo el bióxido de azufre,  $\text{SO}_2$ ) y óxidos nitrogenados ( $\text{NO}_x$ ) se transforman en ácidos en la atmósfera y luego caen a la tierra como niebla, lluvia, granizo o nieve. La deposición seca ocurre cuando estos aerosoles ácidos llegan a la tierra por gravedad o por medios distintos a la precipitación. Pese a los intensos esfuerzos por reducirlos en años recientes, los compuestos de azufre de origen antropogénico (generados por los humanos) causan cerca de dos tercios de la deposición ácida en el este de América del Norte; el tercio restante lo aportan los compuestos nitrogenados. Alrededor de 60 por ciento de las emisiones de  $\text{SO}_2$  de Canadá provienen de los procesos en que se emplea petróleo y gas y de la fundición de minerales ricos en azufre, y alrededor de 22 por ciento de la combustión de petróleo pesado o de carbón que contiene azufre, en particular de las plantas generadoras de electricidad.<sup>3</sup> La situación es un tanto distinta en Estados Unidos, donde las plantas de energía dan cuenta de cerca de dos tercios de las emisiones de  $\text{SO}_2$  y gran parte del resto corresponde a los procesos industriales y manufactureros que entrañan la quema de combustibles fósiles. Se calcula que en México alrededor de la mitad proviene de

<sup>2</sup>A menos que se indique lo contrario, la descripción de esta sección se basa en el Informe del Comité de Expertos y en los estudios de caso que incluye.

<sup>3</sup>International Joint Commission, Canadá-United States Air Quality Agreement; Progress Report 1996, Ottawa, 1996.

la creciente dependencia de los combustibles fósiles del sector generador de energía eléctrica. El grueso de las emisiones de  $\text{NO}_x$  en los tres países proviene de la quema de combustible fósil de los vehículos automotores y las plantas eléctricas, o de la manufactura de ácido nítrico o materiales nitrogenados.

Los efectos en la salud humana de los aerosoles ácidos están bien documentados: pueden causar daños cardiorrespiratorios graves y la exposición prolongada puede producir bronquitis crónica. La deposición ácida también puede movilizar metales pesados, como cobre, cadmio, zinc, aluminio y mercurio, del suelo y del lecho rocoso. Estos metales pueden posteriormente llegar a los humanos a través de las plantas, los animales o el agua para beber. El aluminio suele asociarse con el mal de Alzheimer, y altas concentraciones de otros muchos metales en el cuerpo pueden tener efectos tóxicos.

Los efectos ambientales de la deposición ácida son muy diversos, además de costosos. Se le ha relacionado, por ejemplo, con la aceleración de la corrosión de los metales; la erosión de la piedra caliza, el mármol, el yeso (piedras de construcción) y el concreto, así como con la disminución y pérdida de poblaciones de peces en miles de lagos y arroyos en el este de América del Norte. En tanto que la deposición ácida puede no matar directamente a los árboles, suele afectar los bosques al causar daños a las hojas, limitando la existencia de nutrientes en los suelos y liberando sustancias tóxicas como metales pesados (aluminio, por ejemplo) en el suelo. Se calcula que tan sólo en Canadá la deposición ácida causa anualmente daños por aproximadamente mil millones de dólares canadienses en la silvicultura, el turismo y las agroindustrias.<sup>4</sup>

Aunque tradicionalmente se ha considerado la deposición ácida como una cuestión transfronteriza a la que se enfrentan el noreste de Estados Unidos y el sureste de Canadá, es una constante en toda la región. Mientras que la deposición seca suele ocurrir cerca de la fuente de las emisiones de  $\text{SO}_2$  o  $\text{NO}_x$ , la húmeda puede ocurrir a miles de kilómetros de distancia. En la Ciudad de México se ha detectado deposición ácida, una constante en la costa oriental, donde destruye tesoros nacionales como los monumentos mayas, levantados con piedra caliza vulnerable al ácido. Las fuentes del ácido encontradas en el Ártico se pueden rastrear a miles de kilómetros de distancia en América del Norte, Europa y Asia.

La deposición ácida ilustra la dificultad de abordar el problema de los contaminantes desde una perspectiva exclusivamente local. Los primeros esfuerzos por minimizar los efectos locales de la quema de combustibles fósiles en las instalaciones eléctricas y siderúrgicas consistieron en la construcción de chimeneas altas, diseñadas para permitir que el viento alejara las emisiones de las comunidades circundantes. En tanto que las chimeneas más altas aliviaron parcialmente los problemas locales, han exacerbado los de

<sup>4</sup> Environment Canada, SOER, 1996, Ottawa.

lugares distantes como el Ártico y la costa este de México, donde son pocas las fuentes emisoras de sustancias ácidas.

### 2.2.2 MERCURIO

El mercurio es un elemento natural que se encuentra en el aire, agua, tierra y biota. Sin embargo, las fuentes antropogénicas de este metal han aumentado de manera considerable desde los comienzos de la era industrial y tal vez hoy sean responsables de la mitad o más de las emisiones totales anuales a la atmósfera.<sup>5</sup> Las principales fuentes antropogénicas incluyen las plantas eléctricas de caldeo por carbón, los incineradores de residuos, las instalaciones de cloro-alcalinos que usan el proceso de celdas de mercurio, los vertederos de residuos, las fundidoras de cobre y plomo primarios, y las cementeras. Por añadidura, una proporción significativa del mercurio emitido a la atmósfera por fuentes oceánicas, terrestres y vegetativas obedece, en realidad, a la reemisión de descargas antropogénicas previas de mercurio a los entornos ambientales.<sup>6</sup>

Como señala el Informe del Comité, es probable que éstas y otras emisiones antropogénicas hayan aumentado la carga atmosférica mundial de mercurio de dos a cinco veces. Investigadores alemanes calculan que las concentraciones en el aire sobre el océano Atlántico en el hemisferio norte, lejos de cualquier fuente industrial, se han incrementado 1.5 por ciento anual de 1977 a 1990.<sup>7</sup> Una gran proporción del mercurio presente en la atmósfera es mercurio elemental, extremadamente volátil y, en su forma gaseosa, con una permanencia atmosférica que oscila entre tres meses y dos años.

El estudio de caso del mercurio presentado en el Informe del Comité indica que las áreas industriales de Estados Unidos y Canadá son las fuentes principales del mercurio transportado por la atmósfera en América del Norte. Una parte importante de estas emisiones circula muy lejos de sus fuentes, lo que produce niveles elevados en toda la región, sobre todo en el noreste de Estados Unidos, el este de Canadá y el Ártico. Por ejemplo, un estudio reciente del ministerio del Medio Ambiente de Canadá (*Environment Canada*) señala que las principales rutas atmosféricas de mercurio que llegan a Canadá provienen de la costa atlántica de Estados Unidos hacia el norte y de Eurasia sobre el Ártico. Dicho estudio descubrió que el nivel de mercurio en la sangre de los somorgujos en las provincias marítimas de Canadá es de más del doble que el de sus pares en los Grandes Lagos y el noroeste de EU. Asimismo, el Consejo Consultivo Internacional sobre la Calidad del Aire de la Comisión Conjunta Internacional (CCI) señaló que si los cambios en la producción de energía eléctrica resultan en un aumento de generación en las plantas de caldeo con carbón

<sup>5</sup> El Informe del Comité cita una estimación publicada de 70 por ciento.

<sup>6</sup> EPA, *Mercury Study Report to Congress*, Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Research and Development, abril de 1996.

<sup>7</sup> Según lo publicó el diario *Globe and Mail* el 8 de abril de 1997.

en los estados del medio oeste de Estados Unidos, es de preocupar el consiguiente incremento de las emisiones de mercurio, que se transferirían y depositarían en las áreas a favor del viento, incluida la cuenca de los Grandes Lagos.<sup>8</sup> Otros investigadores descubrieron que las elevadas concentraciones de precipitación de mercurio en la cuenca del lago Champlain, en Vermont, se pueden rastrear hasta las masas de aire que llegan del noroeste de Canadá y del sudeste, con origen en el Medio Oeste de EU.<sup>9</sup> En el Ártico, los altos niveles de mercurio parecen ser atribuibles en parte a fuentes distantes, incluidas Europa y Rusia.

Los niveles elevados de mercurio representan un riesgo significativo para el ambiente natural y la salud humana. Los compuestos orgánicos de mercurio pueden inhibir la fotosíntesis y el crecimiento del fitoplancton, y han causado la muerte y alteraciones reproductivas en las aves.<sup>10</sup> Los ecosistemas acuáticos son particularmente susceptibles a las concentraciones elevadas de mercurio. El metilmercurio se puede bioacumular mediante la cadena alimenticia en los sistemas acuáticos hasta alcanzar en los peces predatorios niveles miles de veces más altos que los encontrados en el agua. Así, los humanos y otros animales ictiófagos quedan expuestos al mercurio al comer pescado. Este problema está tan extendido que cinco provincias de Canadá y más de 35 estados de Estados Unidos han emitido recomendaciones sanitarias para reducir el consumo de ciertos peces de agua dulce que se sabe contienen niveles excesivos de mercurio.

La exposición al mercurio inorgánico puede causar alteraciones en el hígado y los riñones. El mercurio puede también causar problemas de reproducción, como infertilidad y embarazo tardío. El metilmercurio es una neurotoxina poderosa que causa pérdida de sensibilidad, visión de túnel, falta de coordinación y dificultades para hablar, oír y caminar, así como temblores y alucinaciones. Debido a que el metilmercurio es fetotóxico —afecta el desarrollo embrional y causa malformaciones fetales— las mujeres embarazadas, los fetos en desarrollo, los lactantes y los niños pequeños que se exponen a niveles excesivos de ese elemento corren un grave peligro.<sup>11</sup> Los efectos neuroconductuales del mercurio son particularmente importantes en lugares como México, donde un elevado porcentaje de la población está en fase de desarrollo y 40% de los habitantes en edad reproductiva (15 a 44 años). Sin embargo, incluso en EU, los datos preliminares de un informe de la EPA sobre el mercurio permiten calcular que la cantidad de mujeres en edad fértil que se han expuesto a niveles de esa sustancia suficientes para afectar el desarrollo cerebral de sus bebés asciende a aproximadamente 85 mil.<sup>12</sup>

<sup>8</sup> Consejo Consultivo Internacional sobre la Calidad del Aire, declaración en torno de la Resolución de la Comisión Federal Reguladora en materia de Energía sobre el acceso público a las instalaciones públicas, 18 de abril de 1996.

<sup>9</sup> EPA, *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters: First Report to Congress*, Office of Air Quality Planning and Standards, mayo de 1994.

<sup>10</sup> SOER, 1996.

<sup>11</sup> Chiho Watanabe e Hiroshi Satoh, 1995, “Evolution of Our Understanding of Methylmercury as a Health Threat”, Department of Environmental Health Sciences, Tohoku University School of Medicine, Sendai, Japón. Preparado como documento de antecedentes para el Taller de Metodología para Evaluación de Riesgo de la Toxicidad Neuroconductual, convocada por el Scientific Group on Methodologies for the Safety Evaluation of Chemicals (SGOMSEC), celebrado del 12 al 17 de junio de 1994 en Rochester, Nueva York.

<sup>12</sup> Con base en cifras proporcionadas en EPA, *Mercury Study Report to Congress*, Office of Air Quality Planning and Standards and Office of Research and Development, abril de 1996.

## 2.2.3 OZONO

El ozono de bajo nivel,<sup>13</sup> componente principal del neblumo, representa un importante problema de contaminación atmosférica compartido por los tres países. Canadá y Estados Unidos tienen niveles elevados de ozono en la mayoría de sus grandes ciudades, sobre todo en el este, y el neblumo fotoquímico es un problema primordial de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México. El ozono se produce como resultado de las reacciones de los óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) en presencia de la luz solar. En las tres naciones la quema de combustible fósil en la generación de electricidad y en el transporte constituye la fuente principal de NO<sub>x</sub>. El sector del transporte es también una fuente importante de COV. Otras fuentes de estos contaminantes incluyen incineradores, vapores de gasolina, pinturas y solventes y diversos procesos industriales.

El ozono puede causar severos daños a la salud en los humanos, en particular niños, ancianos y personas que realizan actividades al aire libre en los meses de verano. Sus efectos comprenden el deterioro significativo de la capacidad pulmonar —cuyos síntomas pueden ser tos, falta de aire, dolor al aspirar profundamente, resequedad en la garganta, asma, opresión en el pecho— e inhibición o alteraciones del sistema inmunológico. Investigaciones canadienses y estadounidenses han documentado una y otra vez la fuerte correlación de niveles elevados episódicos de ozono y las hospitalizaciones y el ausentismo laboral.<sup>14</sup> Un estudio realizado en Ontario concluyó, por ejemplo, que “de mayo a agosto, cinco por ciento de las admisiones hospitalarias diarias por problemas respiratorios estaban asociadas al ozono”.<sup>15</sup> De la misma manera, con base en estadísticas del departamento de Salud de Canadá y otras fuentes, el ministerio de Medio Ambiente y Energía de Ontario estima que el ozono causa alrededor de mil 800 muertes prematuras anuales sólo en esa provincia.<sup>16</sup>

El ozono causa daños importantes, e incluso la muerte, a plantas y bosques. También puede producir agrietamiento en compuestos de hule y plástico estirados o bajo presión.<sup>17</sup> La tendencia del ozono a deslavar el teñido de las telas ha obligado a la industria textil a desarrollar tintes y sustancias químicas resistentes, que suelen ser de menor calidad y más caros.

Si bien desde hace mucho tiempo se sabe que el ozono y el neblumo causan severos daños en la salud y el ambiente, con frecuencia se les considera asunto local. Sin embargo recientemente, con ayuda de organismos como el Grupo para la Evaluación del Transporte del Ozono (OTAG, por sus siglas en inglés) y la Comisión del Transporte del Ozono (OTC, también en inglés), la investigación en América del Norte ha confirmado que tanto el ozono como sus precursores, NO<sub>x</sub> y COV, pueden viajar distancias relativa-

<sup>13</sup> El ozono de bajo nivel no ha de confundirse con la capa de ozono localizada más arriba, en la estratosfera.

<sup>14</sup> Véase, por ejemplo, R. Burnett et al., 1997, “Association between ozone and hospitalization for respiratory diseases in 16 Canadian cities”, *Environmental Research* 72:24-31.

<sup>15</sup> R. Burnett et al., 1994, “Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario Hospitals”, *Environmental Research* 65: 172-194.

<sup>16</sup> El dato se menciona en dos boletines de prensa del ministerio de Medio Ambiente y Energía de Ontario: “El ministerio anuncia nuevas medidas para reducir las partículas de esmog” del 21 de mayo de 1997 y “Sterling dice que los estándares estadounidenses sobre esmog no son suficientemente energicos” del 14 de marzo de 1997: <<http://www.ene.gov.on.ca/envision/news>>.

<sup>17</sup> El primer efecto de los niveles elevados de ozono detectados en Los Ángeles fue el agrietamiento del hule que, de hecho, en los años cincuenta se usaba para monitorear las concentraciones de ozono en la atmósfera.

mente grandes en la atmósfera y transportarse de una región a otra. Un estudio realizado en EU concluye que las distancias típicas que recorre el ozono son de 240 a 800 kilómetros, según las condiciones meteorológicas, aunque sus precursores pueden permanecer a la deriva más tiempo y viajar más lejos.<sup>18</sup>

Algunos de los principales corredores de transporte de ozono en América del Norte son:<sup>19</sup>

- la costa oriental, desde Washington, D.C., hasta Maine, y las provincias marítimas del sureste de Canadá;
- la zona media del continente, incluidas las cuencas atmosféricas de los lagos Michigan, Erie y Ontario y las áreas industriales de la región central de Estados Unidos y el sur de Ontario;
- la zona de la costa del Golfo, incluyendo gran parte de la costa de Texas y Luisiana y zonas adyacentes tierra adentro, y
- el transporte en las cuencas, —y entre ellas— del sur y el centro de California.

Debido a su efecto acumulativo, el ozono o sus precursores que llegan de otra parte pueden generar condiciones peligrosas incluso en donde las emisiones locales sean moderadas. La investigación sugiere, por ejemplo, que parte del ozono creado en el valle de Ohio resulta de las emisiones de NO<sub>x</sub> y COV generadas en la región central de Estados Unidos, y que el ozono del valle de Ohio fluye a su vez hacia Canadá, donde incrementa las concentraciones respectivas en el sureste de Ontario.

#### 2.2.4 PARTÍCULAS (PM)

Las partículas (PM, por el inglés *particulate matter*) forman una extensa categoría de contaminantes atmosféricos, incluida una gama de sólidos pequeños y líquidos que varían en tamaño y composición química. Algunas partículas son “aerosoles ácidos”; otras son compuestos de material relativamente benigno y otras más, sustancias tóxicas como metales pesados e hidrocarburos aromáticos policíclicos, así como muchos otros compuestos orgánicos. Las partículas pueden provenir de fuentes naturales como sal marina, polvo, humo y ceniza volcánica. Las fuentes antropogénicas principales son actividades industriales como minería y cantería, incineración, caminos, agricultura, construcción y diversas actividades de molido y pulverizado. La quema de combustible en vehículos y plantas eléctricas es la fuente más importante de las partículas más pequeñas, que en potencia son las más peligrosas.

<sup>18</sup> Northeast States for Coordinated Air Use Management, 1997, *The Long-Range Transport of Ozone and Its Precursors in the Eastern United States*.

<sup>19</sup> Hay otras áreas de ozono alarmantes, incluidas Atlanta y la Ciudad de México; sin embargo, en estas áreas no se han detectado corredores evidentes de transporte atmosférico.

Las rutas regionales mediante las que se diseminan las partículas no se han investigado lo suficiente. Las generalizaciones resultan difíciles debido al amplio conjunto de fuentes emisoras y la química compleja que entrañan. Las partículas pequeñas se producen durante las horas diurnas, así como durante la noche en determinadas condiciones. Casi siempre residen en la atmósfera horas o días, antes de agregarse o condensarse para formar partículas de mayor magnitud. De éstas, las más grandes se pueden asentar rápidamente, pero las más pequeñas pueden permanecer días o incluso semanas viajando miles de kilómetros. Ciertas partículas finas que contienen mercurio, dioxinas y COP pueden también reinyectarse en la atmósfera mediante diversos mecanismos, y alejarse considerablemente de sus fuentes originales.

No fue sino hasta hace poco que la preocupación en torno a las partículas se centró en los problemas de visibilidad, corrosión y erosión de edificios de piedra y cemento. Sin embargo, pruebas científicas demuestran cada día con mayor solidez que los riesgos para la salud humana pueden ser mucho más serios de lo que se creía. Denominadas  $PM_{10}$ , porque su diámetro es de diez micras o menos, a las partículas inhalables se les asocia desde 1979 con las enfermedades pulmonares crónicas. Un estudio realizado en 1994 por investigadores de la Universidad de Harvard calcula que en Estados Unidos mueren 60 mil personas al año por los efectos de la contaminación atmosférica de partículas finas.<sup>20</sup> Estudios más recientes sugieren que ciertas clases de partículas también están asociadas a enfermedades pulmonares y cardíacas. Un estudio pionero publicado en enero de 1995 planteó que las muertes provocadas por partículas las causan básicamente aquellas que miden 2.5 micras o menos.<sup>21</sup> Investigaciones posteriores corroboran la asociación entre las concentraciones de partículas finas y las enfermedades cardiorrespiratorias,<sup>22</sup> la muerte prematura por padecimientos respiratorios,<sup>23</sup> la reducción de capacidad pulmonar<sup>24</sup> y los casos de bronquitis.<sup>25</sup> Los estudios sugieren que las partículas incrementan los índices de mortalidad y las hospitalizaciones a causa de problemas respiratorios y cardiovasculares en los ancianos, en tanto que pueden ser particularmente dañinas para los niños y los asmáticos dada su reducida capacidad pulmonar.

<sup>20</sup> D. W. Dockery y C.A. Pope III, 1994, "Acute Respiratory Effects of Particulate Air Pollution", *Annual Review of Public Health* 15: 107-132.

<sup>21</sup> A. Seaton et al., 1995, "Particulate Air Pollution and Acute Health Effects", *Lancet* 345 (21 de enero), pp. 176-178. Aunque el mecanismo por el cual tales partículas causan la muerte no se comprende todavía muy bien, el artículo de *Lancet* e investigaciones posteriores demuestran que dichas partículas, si no son solubles, pueden albergarse por meses o incluso años en los alveolos de los pulmones, en donde se intercambia el gas con la corriente sanguínea. Si son solubles, las partículas pueden penetrar en la corriente sanguínea en cuestión de minutos.

<sup>22</sup> R. Burnett et al., 1995, "Associations between ambient particulate sulfate and admissions to Ontario hospitals for cardiac and respiratory diseases", *American J. of Epidemiology* 142(1): 15-22.

<sup>23</sup> Ozkaynak et al., 1995, *Proceedings of the International Society for Environmental Epidemiology* (agosto), Noordwijkerhout, Países Bajos.

<sup>24</sup> Raizenne et al., 1996, "Health Effects of Acid Aerosols on North American Children: Pulmonary Function", *Environmental Health Perspectives* 105(5).

<sup>25</sup> Dockery et al., 1996, "Acid Aerosols and Respiratory Symptoms in Children", *Environmental Health Perspectives* 104(5).

## 2.2.5 CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES

Los contaminantes orgánicos persistentes (COP) se degradan con mucha lentitud en el ambiente y se caracterizan por su solubilidad baja en el agua y elevada en la grasa, por lo que se acumulan en concentraciones más elevadas conforme avanzan en la cadena alimenticia. Muchos COP son plaguicidas (por ejemplo, mirex, toxafeno, DDT y clordano) o sustancias químicas industriales, como los BPC. Otros (por ejemplo dioxinas y furanos) son subproductos indeseables de procesos industriales e incineración de residuos municipales o médicos.

Muchos COP tienen el potencial de transportarse regional, continental e, incluso, hemisféricamente. El estudio de caso de la dioxina incluido en el Informe del Comité calcula que de 15 a 25 por ciento de la dioxina depositada en el lago Michigan proviene de fuentes tan lejanas como el sur de Texas. Una proporción elevada (calculada en hasta 90%) de los COP empleados como plaguicidas agrícolas permanece en la atmósfera o se revolatiliza.<sup>26</sup> Un informe presentado por la EPA al Congreso de Estados Unidos en materia de deposición de contaminantes atmosféricos en los principales cuerpos de agua de ese país calcula que la deposición atmosférica contribuye actualmente con entre 77 y 89 por ciento del total de la descarga anual de BPC en el lago Superior.<sup>27</sup> Como el lindano en América del Norte está muy restringido pero su concentración se está incrementando en los principales cuerpos de agua de la región, la EPA sugiere que el plaguicida llega a América del Norte desde los países asiáticos (donde aún se emplea) a través del Pacífico.<sup>28</sup> Muchos COP se concentran finalmente en el agua, suelo y vida silvestre en las latitudes más frías del norte por los patrones de circulación atmosférica, su tendencia a revolatilizarse muchas veces (*efecto saltamontes*, que se explica en el recuadro) y la destilación global (la revolatilización e índices de degradación de los COP se reducen a bajas temperaturas, por lo que sus concentraciones más elevadas se ubican en los ecosistemas más fríos).

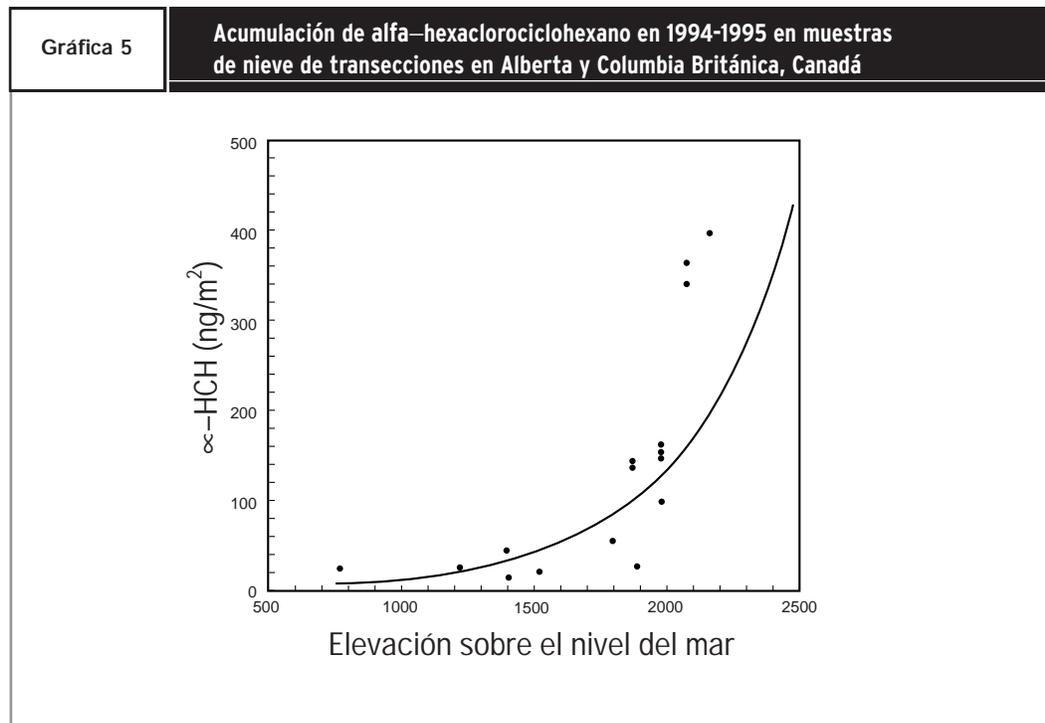
Algunos COP encontrados en el Ártico también se acumulan en alturas elevadas debido a que las bajas temperaturas reducen su ritmo de degradación, su volatilidad y en consecuencia sus oportunidades de revolatilizarse. Muestras recogidas en 1996 en Alberta y Columbia Británica, Canadá, registraron índices de acumulación muy elevados de diversos COP en relación con los que se encuentran a menores altitudes. En la actualidad se investigan otros sitios para determinar el grado en que este fenómeno ocurre en otras regiones altas a lo largo del continente. La **gráfica 5** muestra este aumento exponencial en los  $\alpha$ -HCH ( $\alpha$ -hexaclorociclohexano, isómero del plaguicida lindano) según la elevación.

Debido a que suelen disolverse con más facilidad en la grasa que en el agua, los COP tienden a acumularse en los tejidos grasos de los organismos vivos. En la mayoría de los casos la ruta dominante de la exposición humana es la ingesta de pescado y otra fauna silvestre. Algunos COP, como la dioxina, se bioacumulan a través de las redes alimenticias terrestres y se concentran en la leche y otros productos lácteos.

<sup>26</sup> World Resources Institute, 1996, *Pesticides and the Immune System: The Public Health Risks*. 103 páginas.

<sup>27</sup> EPA. *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters: First Report to Congress*. Office of Air Quality Planning and Standards, mayo de 1994, p. 49.

<sup>28</sup> *Ibid.*, pp. 62-63.



Fuente: J. Blais y D.W. Schindler, comunicación personal. (m)

Como resultado de esta bioacumulación, los COP son un problema de particular importancia en los pueblos indígenas del norte que dependen de alimentos grasos como el oso polar, las focas y el pescado. Se ha descubierto que las mujeres embarazadas presentan a menudo niveles elevados de COP en la placenta, lo que constituye un riesgo potencial para el feto.

Estudios recientes plantean que la exposición a los COP constituye una amenaza para una proporción mucho mayor de la población en general que lo que se pensaba. Ahora se sabe que algunos COP alteran el sistema endocrino: se mimetizan con las hormonas del cuerpo y activan y desactivan importantes procesos de desarrollo en momentos críticos. Algunos científicos creen que la exposición fetal a alteradores endocrinos o químicos estrogénicos (incluidos algunos organoclorados como el DDT, ciertos BPC, dioxinas y furanos) podría ser responsable de la disminución en el recuento de espermatozoides y de la creciente incidencia de anomalías en los tractos reproductores de los varones humanos. También son crecientes las pruebas de que algunos COP pueden, por sí solos o combinados, ocasionar problemas en la función de las enzimas y perjudicar la capacidad reproductiva de los animales y los humanos. Las mujeres y los niños corren un peligro especial porque esos contaminantes se pueden transferir mediante la placenta y la leche materna. El **cuadro 2** ofrece un breve resumen de los efectos en la salud de estos contaminantes.

Cuadro 2		Efectos potenciales en la salud <sup>a</sup> de contaminantes tóxicos persistentes seleccionados <sup>b</sup>				
Efectos potenciales en la salud humana <sup>c</sup>						
Contaminante <sup>d</sup>	Cáncer <sup>e</sup>	Restricciones <sup>f</sup> reproductivas	Neurocon- ductuales	Immuno- lógicos	Endocrinos	Otros no cancerosos <sup>g</sup>
Cadmio y sus compuestos	Probable <sup>h</sup>	•	•	•		Respiratorios y toxicidad renal
Clordano	Probable <sup>h</sup>	• <sup>f</sup>	• <sup>f</sup>	•	•	Toxicidad hepática <sup>h</sup>
DDT/DDE	Probable <sup>h</sup>	• <sup>h</sup>	• <sup>f</sup>	•		Toxicidad hepática <sup>h</sup>
Dieldrin	Probable <sup>h</sup>	• <sup>h</sup>	• <sup>f</sup>	•	•	Toxicidad hepática <sup>h</sup>
Hexacloro- benceno	Probable <sup>h</sup>	•	• <sup>h</sup>	•	•	Toxicidad hepática <sup>h</sup>
α-HCH <sup>i</sup>	Probable <sup>h</sup>					Toxicidad hepática y renal
Lindano	Probable <sup>l</sup>	•	•	•		Toxicidad hepática y renal <sup>h</sup>
Plomo y sus compuestos	Probable <sup>h</sup>	• <sup>k</sup>	• <sup>k</sup>	•	•	Toxicidad renal <sup>k</sup>
Mercurio y sus compuestos		•	•	•	•	Toxicidad renal
BPC	Probable <sup>h</sup>	•	•	•	•	Toxicidad hepática
Policíclicos	Probable <sup>h</sup>	•		•		Toxicidad sanguinea
2,3,7,8-TCDF	No clasificable	•		•	•	Toxicidad hepática
2,3,7,8-TCDD	Probable <sup>l</sup>	• <sup>l</sup>	• <sup>l</sup>	• <sup>l</sup>	• <sup>l</sup>	Toxicidad integumentaria <sup>l</sup>
Toxafeno	Probable <sup>h</sup>	• <sup>f</sup>	• <sup>f</sup>	•	•	Efectos cardiovasculares; toxicidad hepática <sup>f</sup>

<sup>a</sup> Datos basados en una compilación de resultados de estudios realizados en humanos y animales. El potencial de los efectos depende del grado y la duración de la exposición y de la sensibilidad del organismo expuesto.

<sup>b</sup> Datos tomados, en los casos señalados con nota al pie, tanto de fuentes de la EPA como de los correspondientes perfiles toxicológicos de la Agencia para el Registro de Enfermedades causadas por Sustancias Tóxicas (*Agency for Toxic Substances Disease Registry, ATSDR*); en el resto de los casos, se obtuvieron solamente del correspondiente Perfil Toxicológico de la ATSDR.

<sup>c</sup> Para efectos de este cuadro, se consideró que una sustancia química induce un efecto siempre que los datos disponibles indiquen un resultado positivo en humanos o en animales (mamíferos) de laboratorio. Los espacios en blanco significan que no se encontraron datos que indicaran un resultado positivo en las referencias citadas (lo cual no necesariamente significa que la sustancia química no provoque los efectos).

<sup>d</sup> No se incluyen compuestos de nitrógeno debido a que se les considera contaminantes preocupantes sólo en cuanto a la eutroficación.

<sup>e</sup> Una sustancia química se clasifica como “probable carcinógeno humano” cuando no hay evidencia de carcinogenicidad, o la que se tiene es limitada, a partir de estudios epidemiológicos, pero sí existe suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales (corresponde a la categoría B del peso de prueba de la EPA). Una sustancia química se considera “no clasificable en cuanto a la carcinogenicidad en humanos” cuando las pruebas de que se dispone son inadecuadas tanto en humanos como en animales, o cuando no se tienen datos disponibles (categoría D del peso de la prueba de la EPA).

<sup>f</sup> Datos del correspondiente documento de la Evaluación de los Efectos en la Salud (*Health Effects Assessment*, HEA) de la EPA.

<sup>g</sup> Ésta es sólo una muestra de otros efectos no cancerosos que pueden presentarse como consecuencia de la exposición crónica al contaminante. Es posible asociar a cada sustancia química adicionales efectos adversos a la salud humana.

<sup>h</sup> Datos del Sistema Integrado de Información sobre Riesgos (*Integrated Risk Information System*) de la EPA.

<sup>i</sup> Los datos sobre toxicidad están disponibles básicamente para *y*-HCH y HCH técnico (mezcla de isómeros HCH), siendo limitados para *x*-HCH.

<sup>j</sup> Datos de los Cuadros de Resumen de la Evaluación de los Efectos en la Salud (*Health Effects Assessment Summary Tables*, HEAST) de la EPA. En ellos se clasifica a estas sustancias químicas como probables carcinógenos humanos; sin embargo, estas evaluaciones están siendo actualmente revisadas por la EPA.

<sup>k</sup> Datos para el plomo del documento de la EPA sobre cantidades registrables (*Reportable Quantity*, RQ).

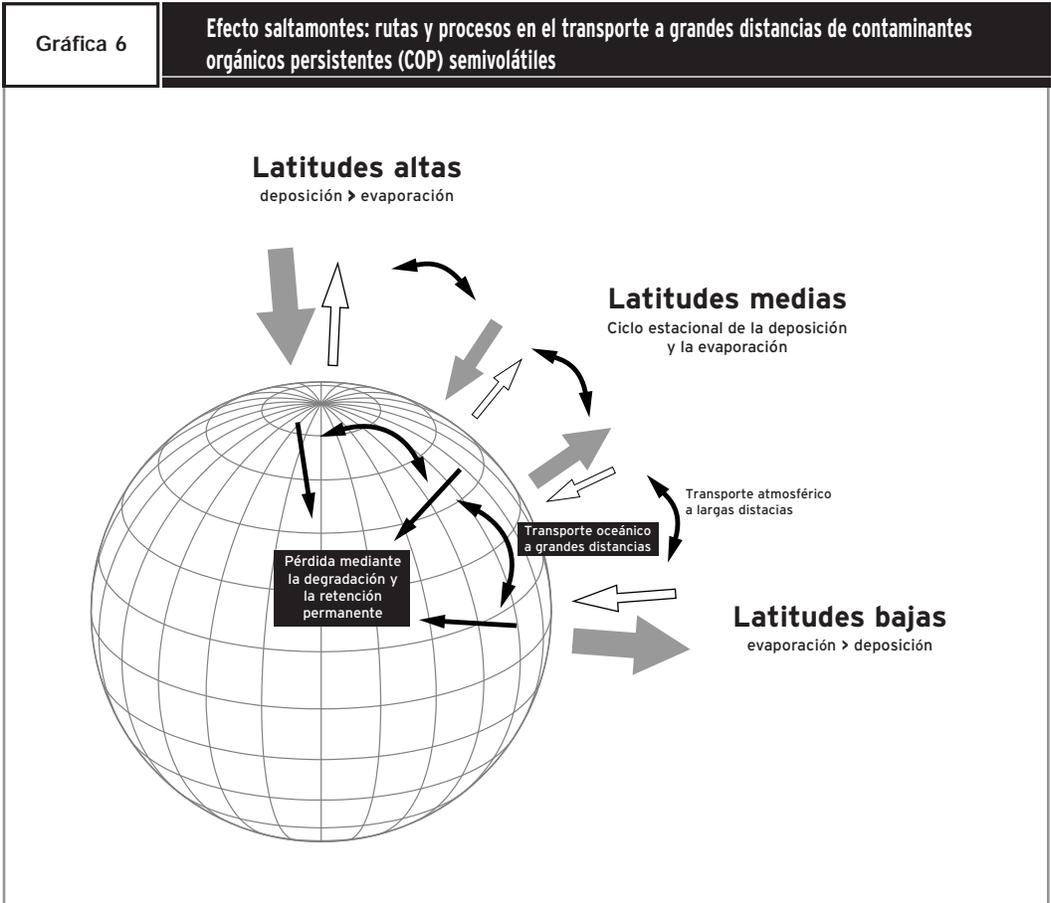
<sup>l</sup> Datos obtenidos de: *Biological Basis for Risk Assessment of Dioxins and Related Compounds*. **Fuente:** EPA, 1994, *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters*. Primer informe al Congreso, EPA-453/R-93-055, mayo de 1994.

### 2.2.6 IMPORTANCIA DE CONOCER LOS MEDIOS MÚLTIPLES DE EXPOSICIÓN Y LOS EFECTOS SINERGÉTICOS DE LOS CONTAMINANTES

A fin de comprender a cabalidad cómo se transportan los contaminantes a través de la atmósfera y la naturaleza de los riesgos que representan, es preciso estudiar su interacción en el agua y el suelo. Como se

**Efecto saltamontes**

El *efecto saltamontes* ocurre cuando los contaminantes (como algunos COP semivolátiles) se revolatilizan en la atmósfera luego de depositarse en la tierra o en el agua. Cuando la sustancia química alcanza su temperatura de condensación, abandona la atmósfera y se deposita en la tierra o en el agua. La **gráfica 6** ilustra este efecto y muestra que las deposiciones en latitudes elevadas tienden a predominar sobre la evaporación; en latitudes bajas ocurre lo contrario. Debido a su baja solubilidad los BPC, a menos que se degraden o se entierren, se suelen liberar de nuevo, transportados más lejos aún y vueltos a depositar en otro lado —por lo general en regiones más frías, como en el Ártico. Original recipiente de BPC, el lago Ontario ha sido por más de una década una fuente emisora: éstos se han estado desgasificando del lago a un ritmo mayor que las entradas, por lo que los BPC en los sedimentos del lago se reintroducen en la columna de agua y equilibran el gradiente de concentración.



2.2 Los contaminantes continentales son un peligro para la salud humana y el medio ambiente

ilustra en la **gráfica 1**, los ecosistemas terrestres y acuáticos también desempeñan papeles importantes en el transporte de numerosos contaminantes al convertirse tanto en “vertederos” (recipientes de la deposición atmosférica) como en fuentes (reservas de sus remisiones mediante procesos como la evaporación y la erosión). Una vez depositados en la tierra o en el agua, muchos contaminantes transportados por el aire pueden bioacumularse mediante las redes alimenticias y llegar a los humanos en cantidades muy concentradas y perjudiciales. Y como estos contaminantes circulan de modo permanente en el aire, la tierra y el agua, los humanos se exponen a ellos por más de un medio a la vez. El riesgo acumulativo “multimedios” para la salud humana y ecológica puede, por tanto, superar por mucho el riesgo asociado con un solo medio como, por citar alguno, el aire.

También es importante explicar los efectos sinérgicos potenciales de la reunión de múltiples sustancias químicas. Pequeñas cantidades de algunas de éstas, que aisladas son de baja toxicidad, pueden producir, combinaciones muy tóxicas al interactuar con otras en el ambiente.

### 2.3 Los contaminantes tienen fuentes comunes

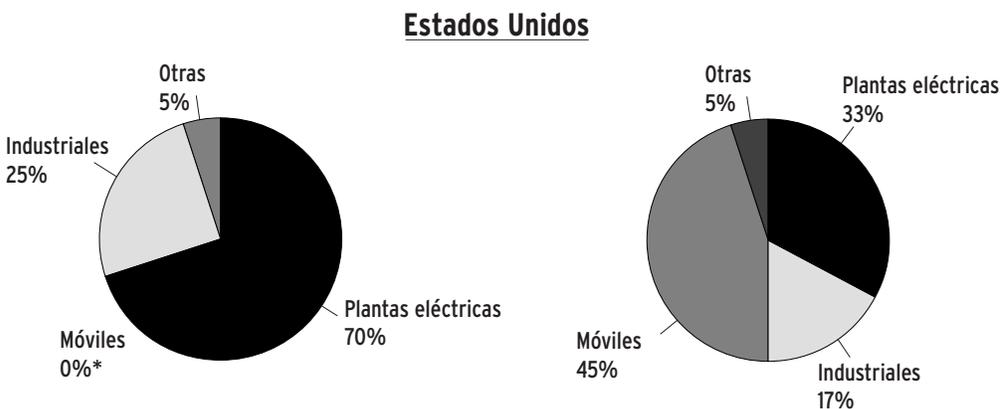
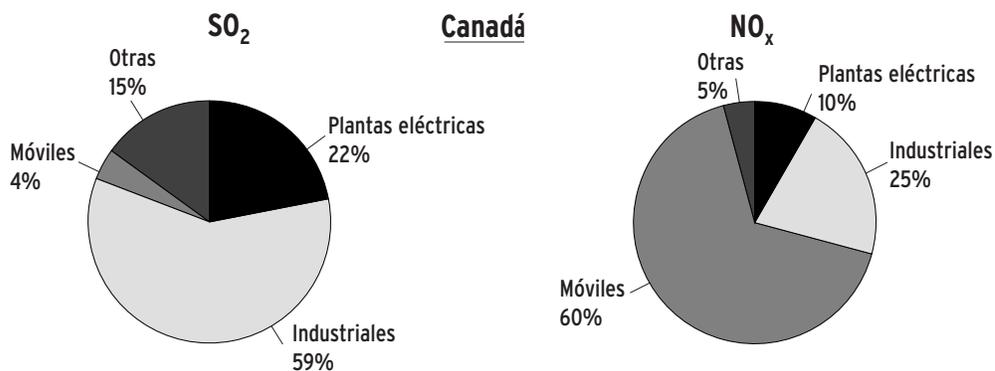
Reducir los riesgos significativos que representan los contaminantes transfronterizos exige la acción colectiva. Otro motivo para la colaboración es que muchos de estos contaminantes los generan, básicamente, unas cuantas categorías de fuentes comunes de los tres países (plantas eléctricas, el sector transporte y la agricultura), como se ilustra en las **gráficas 7 a 9**, que resumen las principales fuentes de contaminantes de Canadá, Estados Unidos y México. Las gráficas muestran que:

- **El sector industrial** (por ejemplo la metalúrgica básica) es fuente importante de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y mercurio.
- **Las fuentes móviles que queman combustibles fósiles** (automóviles, camiones de carga, autobuses y vehículos para la construcción y la agricultura) responden —en América del Norte— por cerca de un tercio de las emisiones de NO<sub>x</sub> y COV, una proporción importante de las de partículas finas y ciertos COP.
- **La incineración de residuos médicos, peligrosos y municipales** genera una parte importante de las partículas, el mercurio y las dioxinas.
- **Plaguicidas** (DDT, toxafeno, aldrín, heptacloro y endosulfán, por ejemplo). En tanto que casi todos están prohibidos o restringidos en América del Norte, en América Latina y Asia se siguen aplicando en cuantiosas cantidades; agricultores de Canadá y EU también siguen usando un número limitado de ellos (por ejemplo, lindano).

La capacidad de la región en su conjunto para reducir los efectos en la salud humana y el ambiente de estas actividades se enriquecería de manera considerable si se adoptara un enfoque de colaboración en estas pocas fuentes principales. Compartir activamente las prácticas óptimas —tanto respecto de la política y los métodos tecnológicos para reducir las emisiones, como en cuanto a las técnicas de monitoreo y evaluación de sus efectos— contribuiría a llevar a efecto ese proceso.

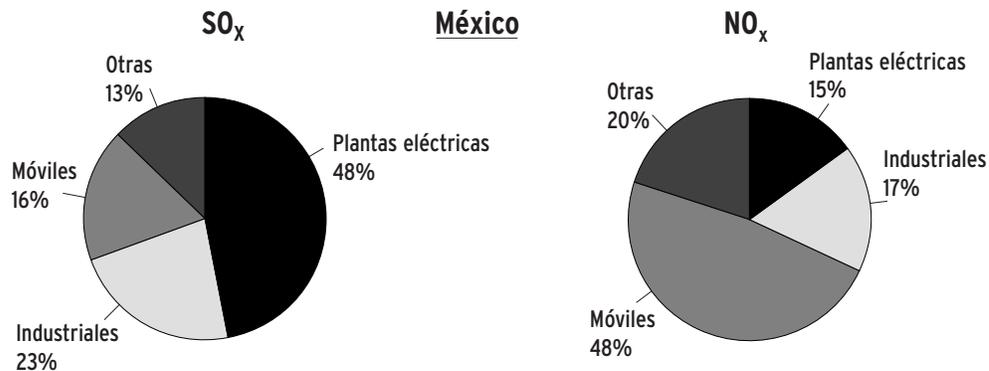
Gráfica 7

**Cálculos de emisiones atmosféricas de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> en Canadá, Estados Unidos y México**



Fuente: *Canada-United States Air Quality Agreement Progress Report, 1996.*

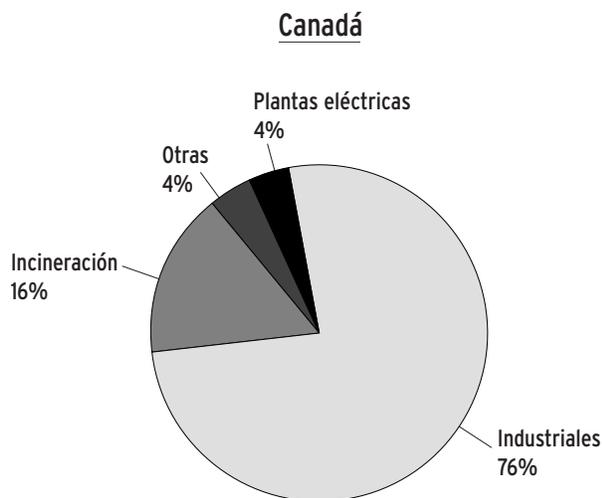
\*Nota: Según la EPA 1995, los cálculos de las emisiones de SO<sub>2</sub> de fuentes móviles pueden ascender hasta 3% del total.



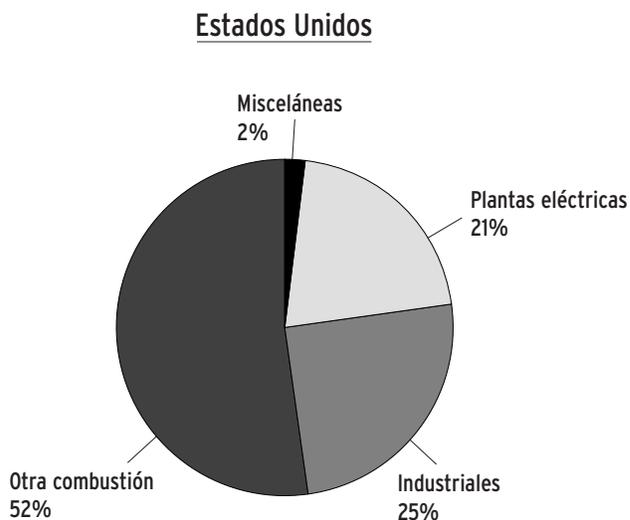
Fuente: J. Quintarilla y M. Bauer. *Protections of Energy Demand and Related Emissions.* PUE-UNAM. Datos de 1995.

Gráfica 8

Cálculo de emisiones de mercurio al aire de fuentes diversas



Fuente: *Canadian Emissions Inventory Report*, 1995, ministerio del Medio Ambiente de Canadá, en preparación. Los datos corresponden a 1990 y están disponibles en la División de Datos sobre la Contaminación.



Fuente: *EPA Study Report to Congress, Science Advisor Board Review Draft*, junio de 1996. Emisiones antropogénicas de mercurio en Estados Unidos en 1990, excluidas las fuentes móviles, las refinarias, la producción de derivados de carbón de coque y la fabricación de mercurio y sus compuestos.

Gráfica 9

Cálculos de emisiones atmosféricas de COV de Canadá y Estados Unidos



Fuente: Canada–United States Air Quality Agreement Progress Report, 1996.

## 2.4 Ausencia de perspectiva de América del Norte en las iniciativas bilaterales y globales

Canadá, Estados Unidos y México participan actualmente en diversos esfuerzos internacionales para controlar el transporte transfronterizo de la contaminación atmosférica. Entre ellos figuran:

- *El Acuerdo de La Paz de 1983* entre México y Estados Unidos, que incluye un anexo y programas de instrumentación que sientan las bases de amplios inventarios de emisiones; el monitoreo y la modelación de la calidad del aire, así como la reducción de las emisiones y las estrategias de control en el área transfronteriza.
- *El Acuerdo de 1978 para la Calidad del Agua de los Grandes Lagos*, que compromete a Canadá y Estados Unidos a “restaurar y mantener la integridad química, física y biológica de las aguas del ecosistema de la cuenca de los Grandes Lagos”. El anexo 15 del Acuerdo trata sobre las sustancias tóxicas transportadas por el aire y señala que Canadá y Estados Unidos “habrán de conducir actividades de investigación, supervisión y monitoreo e instrumentar medidas de control de la contaminación con objeto de reducir la deposición atmosférica de sustancias tóxicas, sobre todo las persistentes, en el ecosistema de la cuenca de los Grandes Lagos.”<sup>29</sup>
- *La estrategia de Canadá y Estados Unidos para la práctica eliminación de sustancias tóxicas persistentes en la cuenca de los Grandes Lagos*, que propone la eliminación gradual o la prohibición de usar sustancias tóxicas que representen una amenaza inmanejable o un riesgo inaceptable para la salud humana y el ecosistema de la cuenca. Establece objetivos cuantitativos y plazos para la reducción de las sustancias tóxicas persistentes en los Grandes Lagos.
- *El Acuerdo de Canadá y Estados Unidos sobre la Calidad del Aire del 13 de marzo de 1991*, se centra en la deposición ácida pero también, y de manera más general, solicita a las partes controlar la contaminación atmosférica transfronteriza entre los dos países.<sup>30</sup>
- *El Programa de Canadá y Estados Unidos para Desarrollar un Plan de Acción Conjunto para Tratar la Contaminación Atmosférica Transfronteriza*, que establece un acuerdo entre los dos países para extender a la zona fronteriza los programas internos sobre contaminación atmosférica. Se espera que el plan proporcione las bases de la acción conjunta para abordar el transporte de ozono y partículas a través de la frontera entre Canadá y Estados Unidos.

<sup>29</sup> Al amparo del Acuerdo de Calidad del Agua de los Grandes Lagos, la Comisión Conjunta Internacional supervisa y evalúa los avances que acercan los objetivos generales y específicos del Acuerdo. La Comisión Conjunta ha catalizado nuevos programas y metas más estrictas (incluida la “práctica eliminación” de sustancias persistentes como el mercurio) para ayudar a reducir la contaminación en el Sistema de los Grandes Lagos. El Acuerdo y la Comisión han sido pioneros del “enfoque ecosistémico”, que reconoce que la calidad del agua depende de la interacción del aire, la tierra, el agua y los organismos vivos, incluidos los humanos, en el sistema. Esta filosofía ha contribuido a restaurar la salud de los Grandes Lagos y podría ser un modelo para las acciones en torno a la contaminación subcontinental.

<sup>30</sup> El Comité de Calidad del Aire establecido al amparo de este Acuerdo ha concentrado sus esfuerzos básicamente en cumplir con los compromisos existentes, pero hace poco comenzó a abordar cuestiones que entrañan el ozono de bajo nivel y los tóxicos atmosféricos.

- *La Convención sobre la Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Largas Distancias de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE)*, acuerdo marco (1997) del que Canadá y Estados Unidos —pero no México— forman parte, que ofrece un mecanismo para el desarrollo de protocolos individuales que aborden familias específicas de contaminantes. Hasta la fecha se han concluido cinco protocolos: dos sobre el control de emisiones de azufre, uno sobre óxidos nitrogenados, otro sobre compuestos orgánicos volátiles y otro más sobre el intercambio internacional en materia de monitoreo y modelación. Tres más están en preparación: sobre metales pesados, sobre contaminantes orgánicos persistentes (COP) y otro más sobre nitrógeno.
- *El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)* y otras iniciativas internacionales relacionadas que abordan varias dimensiones de los contaminantes. En mayo de 1995 el Consejo de Gobierno del PNUMA identificó 12 COP específicos e invitó al Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química a elaborar recomendaciones sobre un “mecanismo jurídico internacional apropiado en cuanto a los COP”. El trabajo subsiguiente al amparo de esta iniciativa, incluida una Conferencia Intergubernamental para la Protección del Ambiente Marino ante las Actividades Realizadas en Tierra, ha conducido a la decisión de formular un instrumento internacional jurídicamente obligatorio sobre los COP.
- *El Consejo del Ártico*, integrado por Canadá, Estados Unidos, Dinamarca, Noruega, Suecia, Finlandia, Islandia y Rusia al amparo de la Estrategia de Protección del Medio Ambiente del Ártico, que compromete a los gobiernos de los países miembros a apoyar las acciones en torno a los COP señalados en el PNUMA y la UNECE, arriba mencionados, así como a emprender un amplio monitoreo de las condiciones ambientales del Ártico.
- *Otros programas de cooperación estatal y provincial*, además de las citadas iniciativas federales, se emprenden en los tres países. Por ejemplo, Columbia Británica y el estado de Washington han desarrollado un programa de calidad del aire que incluye el intercambio de información, iniciativas para la obtención de datos compatibles y procesos para proporcionar consultas interjurisdiccionales sobre permisos de emisiones a la atmósfera para fuentes que potencialmente tendrán efectos significativos en la calidad del aire en la zona fronteriza. Otro ejemplo es el Grupo Especial de Trabajo de la Calidad del Aire en el Paso del Norte, una iniciativa binacional entre Ciudad Juárez y El Paso que desarrolla estrategias transfronterizas para mejorar la calidad del aire en esa cuenca atmosférica.

Estas iniciativas demuestran que los gobiernos de América del Norte han reconocido el problema de la contaminación transfronteriza y la necesidad de intensificar la cooperación para afrontarlo. Sin embargo, se trata de iniciativas por lo general bilaterales o internacionales; no hay todavía un programa regional que aborde el transporte atmosférico de contaminantes a largas distancias en América del Norte. La Comisión Conjunta Internacional, en su *Octavo Informe Bianual sobre la Calidad del Agua de los Grandes Lagos (Eighth Biennial Report on Great Lakes Water Quality)* (pp. 19-20), concluye:

“Las pruebas permiten concluir que parte de nuestro enfoque debe dirigirse a las emisiones atmosféricas... Asimismo, nuestro concepto tradicional del área geográfica que afecta a la cuenca de los Grandes Lagos se debe extender para comprender, al menos, gran parte de América del Norte, y en el caso de ciertos objetivos, a todo el planeta.”

### 3.0 Razones y oportunidades para la acción conjunta frente a los contaminantes regionales

#### 3.1 Momento para actuar

Una conclusión importante del Comité Asesor de Expertos fue que —aun cuando se reconoce que todavía existe incertidumbre científica con respecto a algunos aspectos— “*Se sabe ya lo suficiente en casi todos los frentes como para afirmar, de manera inequívoca, que se requieren en lo inmediato reducciones considerables de los actuales niveles de emisiones*”. Responder a este imperativo requerirá que cada país adopte medidas internas y de mayor colaboración bilateral y trilateral. A continuación se exponen algunas de las principales realidades que pueden impulsar la cooperación y la adopción de medidas binacionales y trinacionales.

#### 3.2 Aspectos transfronterizos e internacionales

Los contaminantes que se transportan grandes distancias a través de la atmósfera o por otro medio ambiental, con frecuencia rebasan la capacidad de control de un solo país. Algunos de ellos pueden abordarse bilateralmente pero otros, por la distancia que viajan, requieren de atención trilateral. Además el impacto de las emisiones de un país en sus vecinos no puede conocerse *a priori*. Las reacciones químicas atmosféricas asociadas a estos contaminantes son sumamente complejas, como lo son las rutas por las que se desplazan, y resulta en extremo difícil predecir los efectos finales de una emisión determinada en el medio ambiente y la salud humana. Es por ello que se requiere la acción concertada de los tres países, para compartir información y elaborar juntos estrategias de control al tiempo que se empeñan en resolver unidos un problema mutuo.

#### 3.3 Fuentes contaminantes comunes

En muchos casos, las acciones conjuntas centradas en un número limitado de fuentes serán la manera más eficiente de reducir las emisiones de los contaminantes más preocupantes en términos regionales. Aun en los casos en que los contaminantes asociados a determinada fuente puntual no se sepa que crucen las fronteras, fuentes similares emiten los mismos tipos de contaminantes y muchas localidades se enfrentan a problemas análogos. Compartir las mejores prácticas puede reducir los costos colectivos del manejo de problemas tan profundos y contribuir a maximizar la capacidad de cada país para afrontar los ángulos nacional y regional de la problemática de los contaminantes.

Entre las principales categorías de fuentes comunes están las plantas generadoras de electricidad, fuentes móviles, incineradores y plaguicidas orgánicos empleados en la agricultura y para el control de vectores (**gráfica 10**). Las tres primeras emiten NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, mercurio, partículas y diversos COP, y muchos de los contaminantes de estas fuentes tienen efectos múltiples. Por ejemplo, los mismos óxidos de nitrógeno que crean ozono pueden también transformarse en aerosoles ácidos, que contribuyen a la deposición ácida y a la carga excesiva de nutrientes en lagos y estuarios.

Con respecto a las plantas generadoras de electricidad —fuente responsable de proporciones considerables de muchos de los contaminantes que más preocupación generan (**gráficas 7 a 9**)—, los tres países podrían comparar las emisiones de contaminantes entre sus plantas más antiguas y las más recientes, y evaluar los efectos potenciales de la desregulación de la electricidad en términos de la generación de estas emisiones. Debido a que por lo general cuentan con tecnologías de control menos eficaces, la emisión de contaminantes de muchas plantas eléctricas antiguas es considerablemente mayor que la de las modernas. Algunos analistas han advertido que, de no abordarse de manera explícita, la desregulación pendiente en varias partes de Canadá y Estados Unidos podría conducir a un mayor uso de viejas plantas de energía de caldeo por carbón y, en consecuencia, incrementar de manera considerable las emisiones de contaminantes.<sup>31</sup>

Otra categoría muy importante la constituyen las fuentes móviles. Los tres países podrían decidir incrementar sus requisitos e incentivos para la industria automovilística, a fin de motivarla a que produzca vehículos de uso particular y para el transporte público más limpios y eficientes en materia de energéticos. La experiencia en América del Norte ha mostrado que las normas para las emisiones y el rendimiento de los combustibles han contribuido notablemente tanto al mejoramiento de la calidad del aire como al desarrollo de tecnologías más eficientes. Normas rigurosas, como las que actualmente están en consideración en EU, podrían traducirse en mayores avances. Y con la creciente integración de la industria automovilística en América del Norte, a raíz del TLC, una más cercana colaboración entre los tres países podría reducir significativamente el número de problemas de contaminación de orden subcontinental.

Un importante beneficio de la reducción de las emisiones de los contaminantes regionales por parte de los sectores del transporte y de la generación de energía es que con ella se contribuiría, además, al cumplimiento de las metas nacionales (Estados Unidos y Canadá) e internacionales para la reducción de las emisiones de gases asociados al efecto invernadero, puesto que es el consumo de combustibles fósiles en automóviles, camiones y plantas generadoras de electricidad lo que produce una parte importante de las emisiones antropogénicas de bióxido de carbono y otros gases asociados a ese efecto.

<sup>31</sup> En su informe preliminar sobre la reestructuración de la industria eléctrica, el Consejo de Servicios Públicos de Vermont afirma que muchas de las viejas termoeléctricas a las que se eximió de la Ley de Aire Limpio de 1970 están todavía en operación y, en un mercado de generación de energía desregulado, disfrutarán de una ventaja competitiva frente a las plantas que sí deben cumplir con las normas modernas de emisión. De acuerdo con el informe, las plantas antiguas son una fuente importante de deposición ácida y de altos niveles de mercurio en los ríos, arroyos y lagos del noreste: Docket núm. 5854, Investigation into the Restructuring of the Electric Utility Industry in Vermont, Draft Report and Order, pp. 97-98, 16 de octubre de 1996. De manera similar, en un informe sobre los efectos ambientales de la reestructuración en Ontario, elaborado para el Comité Asesor para el Concurso del Sistema Eléctrico de Ontario, analistas expertos independientes concluyeron que, sin nuevas restricciones, la desregulación prolongaría la vida de las plantas eléctricas de caldeo por carbón y daría como resultado su operación a niveles de capacidad más altos: Electricity Competition in Ontario: Environmental Issues, Grupo Consultivo ARA, 8 de abril de 1996, pp. 2-17.

Gráfica 10

Fuentes comunes de contaminantes

Fuentes naturales



SO<sub>x</sub>, VOCs, partículas,  
mercurio, plomo, cadmio,  
gases de invernadero



Fuentes antropogénicas



Incineración

Cadmio,  
hexaclorobenceno,  
mercurio, partículas,  
dioxinas, furanos



Plantas eléctricas

Cadmio, plomo,  
mercurio, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>,  
partículas, dioxinas,  
furanos, gases de  
invernadero



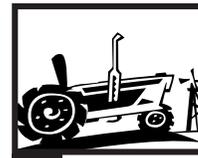
Vehículos automotores

Plomo, NO<sub>x</sub>, COV,  
partículas,  
gases de invernadero



Residencias

NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, COV,  
gases de invernadero,  
partículas



Agricultura

Plaguicidas,  
fertilizantes, NO<sub>x</sub>,  
partículas

Fuente: Tomado y modificado de EPA 1994. *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters: First Report to Congress*, and International Joint Commission, 1997 (Primer informe al Congreso y la Comisión Conjunta Internacional, 1997).

### 3.4 Ecosistemas compartidos; regiones y especies migratorias comunes

En muchos casos, un deseo mutuo de proteger y conservar los ecosistemas, la flora y la fauna compartidos, puede constituir un motivo fundamental para la adopción de medidas de cooperación; de hecho, muchos elementos del paisaje como ríos, lagos y ecorregiones compartidas por los que cruzan las fronteras o que las forman, poseen un especial valor para los tres países. En otros casos, puede ser el deseo de proteger las especies migratorias compartidas lo que motive la cooperación; las especies migratorias, como la mariposa Monarca y muchas especies de pájaros y animales, caen en esta categoría.

### 3.5 Mejor y mayor información ambiental

#### 3.5.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Los programas de cooperación para la investigación y el monitoreo son pasos importantes hacia el desarrollo de una comprensión compartida de los problemas de contaminación atmosférica y para sentar las bases de acciones coordinadas. Sin lugar a dudas es preciso catalizar importantes medidas para la cooperación internacional, interdisciplinaria y entre los organismos en materia de medición, monitoreo y evaluación de las descargas antropogénicas de contaminantes en la atmósfera (y en los demás medios ambientales), al igual que su transporte y transformación, su deposición húmeda o seca en los ecosistemas terrestres y acuáticos y las rutas que recorren en estos ecosistemas. El manejo de estos aspectos requerirá de inversiones colectivas, amén de las nacionales, para alcanzar mejor capacidad científica y de modelación, armonización de los inventarios de emisiones y el acopio y uso de información de calidad de los programas coordinados de monitoreo.

En la práctica, son científicos con diversos antecedentes profesionales y variados propósitos los que recopilan los datos sobre emisiones, transporte atmosférico y deposición, así como ecosistemas receptores. Existe la posibilidad, y la necesidad, de un enfoque más integrado que combine los datos de los inventarios y de los monitoreos de emisiones con la información del monitoreo y modelación del aire y, en su momento, con los del monitoreo orientado a los efectos, que predomina en los programas de monitoreo ecológico. Otra necesidad fundamental es que los tres países no dejen de fomentar el desarrollo de sistemas de datos e información que propicien el intercambio oportuno entre ellos.

#### 3.5.2 REGISTROS DE EMISIÓN Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES

El desarrollo de medidas costeables para prevenir la contaminación requiere conocer la contribución relativa de las diversas fuentes. Idealmente, los inventarios de emisiones deberían incluir estimaciones de las cantidades de contaminantes provenientes de todas las categorías de fuentes importantes, incluidas las móviles (automóviles, camiones, vehículos pesados, barcos, trenes), las estacionarias (plantas generadoras de energía y grandes instalaciones manufactureras), las de zona (grupos de pequeñas fuentes como tintorerías y gasolineras) y las naturales (erosión, actividad volcánica). Canadá y Estados Unidos mantienen, cada uno, diversos inventarios de emisiones, aunque los tipos de contaminantes que abarcan, el nivel de

detalle, los métodos de recopilación de la información y la frecuencia de actualización difieren, y existen oportunidades de ampliarlos y hacerlos más comparables.

Los registros de emisiones y transferencia de contaminantes (RETC) dan cuenta, anualmente, de las descargas y transferencias de determinados contaminantes y están concebidos para difundirse al público de manera regular y activa. En Estados Unidos el registro se denomina Inventario de Emisiones Tóxicas (*Toxic Release Inventory*, TRI); en Canadá, es el Inventario Nacional de Emisión de Contaminantes (*National Pollutant Release Inventory*, NPRI). México está en proceso de desarrollar su propio sistema, que se denominará Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Los registros de EU y Canadá tienen similitudes y diferencias, incluida la cobertura de poblaciones de industrias y conjuntos de sustancias químicas un tanto distintos. Los tres países reconocen la necesidad de ampliar la cobertura de sus registros. Por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental de EU (EPA, por sus siglas en inglés) cuenta actualmente con una iniciativa para ampliar la lista de sustancias químicas y la cobertura industrial. Se planea que el RETC de México comience a recopilar datos en 1997, aunque su cobertura industrial y de sustancias aún no se ha definido. A pesar de que no es realista esperar en el corto plazo inventarios de emisiones totalmente integrados, los tres países podrían trabajar juntos para facilitar el intercambio de información en torno a las fuentes emisoras y su importancia relativa. A largo plazo, la meta debería consistir en contar con inventarios de emisiones y descargas de cada país que sean compatibles y puedan combinarse para brindar a la población datos actualizados y precisos.

Esta labor podría sustentarse en las iniciativas impulsadas por la CCA para promover la armonización de los datos de emisiones, incluida la Resolución 96-05, en la que los tres países acordaron “fomentar la cooperación regional [...] para el desarrollo de programas de monitoreo, modelación y evaluación de la calidad del aire en América del Norte, mediante la promoción, recopilación e intercambio de datos pertinentes...” En el proyecto de Monitoreo y Modelación del Aire, la CCA está trabajando con la Asociación de Gobernadores del Oeste para evaluar la aplicabilidad del sistema de base de datos del inventario de emisiones de Estados Unidos a los de México y Canadá, y de resultar conveniente, emprender el diseño del sistema que facilite el intercambio de información.

### 3.5.3 OPORTUNIDADES DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO

Una consideración importante es la necesidad de aumentar la colaboración trinacional en el monitoreo ecológico del estado, tendencias, condiciones y problemas incipientes de los ecosistemas de América del Norte, con especial atención en el grado en que la calidad del aire circundante y las cargas de contaminantes afectan estos ecosistemas y la salud humana. Las oportunidades específicas de cooperación incluyen:

- Compartir el conocimiento actual e incipiente sobre: a) técnicas para monitorear los índices de emisiones y las cargas circundantes; b) métodos para evaluar los efectos en la salud humana y del medio ambiente, y c) tecnologías y procesos para prevenir y reducir la contaminación proveniente de fuentes comunes en América del Norte, incluidas la generación de electricidad, el transporte y la agricultura.

- Planear conjuntamente iniciativas de cooperación para investigación y monitoreo, como estudios regionales para determinar las tendencias y la variabilidad espaciales; monitoreo a largo plazo para definir las tendencias y variabilidad temporales, e investigaciones objetivo para abordar los problemas sin resolver.
- Establecer acuerdos en cuanto a sitios de referencia o indicativos para el monitoreo ecológico integrado, incluidos algunos a grandes elevaciones.
- Convenir los protocolos de muestreo y los principales parámetros a evaluar.
- Acordar los procedimientos para asegurar y controlar la calidad de los datos.
- Establecer modelos para conducir los esfuerzos de investigación y monitoreo.
- Evaluar y valorar la información científica ecológica de que se dispone para ayudar a los gobiernos, la industria y la población en general a tomar decisiones más informadas y responsables en torno a las rutas subcontinentales de los contaminantes.
- Colaborar en el desarrollo de métodos analíticos de medición de las concentraciones y los flujos de los contaminantes en y entre los diferentes entornos ambientales.
- Colaborar en el desarrollo de modelos que vinculen las descargas en la atmósfera con el transporte atmosférico o deposición y con los efectos ambientales en los ecosistemas terrestres y acuáticos. Estos modelos deben crearse con la intención de enriquecer el conocimiento de la naturaleza y la importancia del transporte de contaminantes a grandes distancias y predecir las cargas de contaminantes en los ecosistemas objetivo como respuesta a la reducción de las emisiones.

En agosto de 1996, la CCA decidió promover la cooperación regional para el desarrollo de programas de monitoreo, modelación y evaluación de la calidad del aire. Un aspecto importante que se destaca en el Informe del Comité es que la mejoría de nuestra comprensión de la contaminación continental requerirá de que tal cooperación vaya mucho más allá del simple intercambio de datos y el empleo de metodologías armonizadas. En particular, el Comité sugiere que se deben considerar los siguientes puntos:

- El monitoreo de las tendencias y condiciones del transporte atmosférico de contaminantes es escaso. En la actualidad, tiende a concentrarse en el bajo nivel de los contaminantes más que en la calidad atmosférica del aire. Esto se debe en buena medida a que la mayor parte de las redes de monitoreo han sido establecidas para determinar las concentraciones locales circundantes; en consecuencia, la mayoría están ubicadas en y alrededor de las ciudades, y cerca o a nivel del nivel del suelo. Ello tiene dos implicaciones: centrar la atención en las condiciones de los niveles bajos proporciona, en primer lugar, una comprensión incompleta de los mecanismos a escala regional, pues gran parte del transporte a largas distancias tiene lugar en las capas más altas de

la atmósfera; y, en segundo término, subestima la influencia de la contaminación por transporte atmosférico, ya que muchos contaminantes, como el ozono, pueden destruirse a niveles bajos.

- Los actuales esfuerzos de monitoreo no vinculan adecuadamente la calidad del aire con otros parámetros (agua, suelo y biota). Aun cuando se han llevado a cabo importantes revisiones de los programas de monitoreo tanto en Canadá como en Estados Unidos, es mucho lo que puede ganarse si se fomenta la cooperación internacional en la planeación y operación de los programas nacionales para que éstos sean más compatibles y, por ende, más apropiados para abordar los aspectos transfronterizos e internacionales de los contaminantes ambientales. Un estudio de caso incluido en el Informe del Comité pone de relieve la necesidad de cooperar para determinar sitios de referencia para el monitoreo ecológico integrado de las concentraciones circundantes, deposición y flujos, efectos y destinos de los contaminantes subcontinentales.
- Un programa eficaz en América del Norte para el manejo de estos contaminantes requerirá de la capacidad de monitorear su grado de transporte, deposición y efectos en el ecosistema y la salud. Los esfuerzos para desarrollar esta capacidad podrían sustentarse en las redes de monitoreo existentes.<sup>32</sup>
- Existen oportunidades para aprovechar las relaciones de colaboración científica actuales. La Estrategia de América del Norte para la Investigación del Ozono Troposférico, por ejemplo, es una asociación mixta cuyos integrantes representan al gobierno, la industria y las instituciones académicas de México, Estados Unidos y Canadá. Su misión primordial consiste en coordinar e incrementar la investigación científica y la evaluación del comportamiento del ozono troposférico, de importancia para la definición de políticas, con el objetivo programático central de determinar estrategias operantes, eficientes y eficaces para la ordenación local y regional del ozono.
- Los fondos y recursos humanos dedicados a la investigación y monitoreo de las rutas continentales de los contaminantes se han reducido considerablemente durante los últimos años. Esta tendencia debe revertirse para permitir a los tres países determinar con precisión el problema del transporte de contaminantes a largas distancias y evaluar la eficacia de los programas nacionales e internacionales.

---

<sup>32</sup> El Informe del Comité describe importantes sistemas de monitoreo de Canadá, México y Estados Unidos, dando particular importancia a lo relacionado con las rutas continentales de los contaminantes.

### 3.6 Desarrollo de la capacidad nacional

Es clara la oportunidad de los tres países para trabajar conjuntamente en el intercambio de información, experiencia y las mejores prácticas para reducir las emisiones de contaminantes en la atmósfera y otros medios ambientales. Los programas específicos de desarrollo de la capacidad, orientados a la contaminación ambiental, pueden constituir un aspecto destacado. Los tres países deben, al menos, asegurar que los programas de desarrollo de la capacidad existentes y futuros contribuyan, siempre que sea posible, a tratar estos aspectos. Además, las tres naciones podrían comprometerse a trabajar con instituciones financieras internacionales para formular e instrumentar programas que aumenten la capacidad de México en el manejo de los contaminantes continentales. En todo caso, será importante apoyar los esfuerzos en curso —como el proyecto piloto de la Asociación de Gobernadores del Oeste—, que brindan capacitación y desarrollan la capacidad técnica al ayudar en el desarrollo de un inventario de emisiones de México (véase apartado 3.5.2).

### 3.7 Los logros binacionales, punto de partida

Como se señaló en la subsección 2.4 y se indica en el Informe del Comité, el éxito y la experiencia de Canadá, Estados Unidos y México al trabajar juntos de manera bilateral proporciona bases sólidas para la cooperación ambiental trinacional. Sin duda, muchos de los desafíos más apremiantes se ubican en zonas fronterizas y exigen la colaboración y la adopción de medidas bilaterales. Sin embargo, también son múltiples los casos en que los contaminantes son transportados por la atmósfera y otros medios a lo largo de distancias que rebasan con mucho las áreas fronterizas; en estos casos surge la necesidad de una colaboración regional mucho más amplia que complementa y refuerza las iniciativas binacionales. La cooperación trinacional brinda esta oportunidad e incita a tomar en consideración las realidades sociales, económicas y políticas subyacentes que forman parte del problema y, potencialmente, de la solución.

### 3.8 Liderazgo internacional

Canadá, Estados Unidos y México están en buena posición para desempeñar un papel de liderazgo colectivo en lo que se refiere a aspectos ambientales a largo plazo y a gran escala. Las tres naciones han participado activamente, y lo siguen haciendo, en las negociaciones internacionales de convenciones y otros acuerdos ambientales internacionales, vigentes y en proceso. El Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte y la creciente colaboración en asuntos ambientales entre los tres países podrían sentar las bases para una mayor cooperación en foros internacionales, en particular para asegurar que las preocupaciones colectivas de la región se reflejen en estos escenarios. Son varios e importantes los casos en que la perspectiva colectiva de América del Norte ejemplifica la forma en que tres países muy diferentes pueden trabajar juntos en un asunto de creciente interés para numerosas regiones del mundo. El transporte de contaminantes a grandes distancias es un excelente ejemplo.

### 3.9 Los programas nacionales preparan el escenario para la acción conjunta

Aun cuando la adopción de medidas conjuntas debe tomar en cuenta las diferentes circunstancias, capacidades y derechos de los tres países para determinar estrategias nacionales de gestión ambiental adecuadas, existe un amplio rango de oportunidades de colaboración para reducir las emisiones de contaminantes.

Como mínimo, los países podrían trabajar en el desarrollo de objetivos comunes, compartidos y adoptados de común acuerdo, a partir de las metas de reducción de emisiones específicas de cada nación para las categorías de fuentes determinadas (como los sectores del transporte y la generación de energía eléctrica). Estas metas de reducción de emisiones deben basarse en objetivos de alcance común, pero necesariamente diferenciados para reflejar las distintas circunstancias económicas y ambientales. Éste constituye un enfoque cada vez más común para el establecimiento de acuerdos e iniciativas ambientales multilaterales; es, por ejemplo, el enfoque adoptado por la Convención Marco sobre el Cambio Climático de la ONU.

La colaboración en América del Norte debe apuntarse con medidas nacionales eficaces; en la esfera interna parecen justificarse algunos cambios importantes. En primer lugar, el Informe del Comité hace hincapié en la necesidad de un enfoque más integrado en torno a la reglamentación de la contaminación atmosférica. Como se destaca en el apartado 2.2.6, tal enfoque debe tener una orientación ecosistémica y abarcar todos los entornos ambientales para reflejar la naturaleza integrada de la problemática de la contaminación. Por lo tanto, quizá resulte necesario que los encargados de formular las políticas reevalúen la eficacia de la actual reglamentación, que se basa en los riesgos de exponerse a una sustancia química en un solo medio.

Asimismo, las políticas nacionales deben orientarse principalmente hacia la prevención de la contaminación como el medio primordial para reducir los contaminantes. En contraste con los enfoques centrados en el manejo y la eliminación de los contaminantes, la prevención de la contaminación puede abordar de manera más eficiente los riesgos asociados a los contaminantes ampliamente diseminados, al evitar o minimizar su creación y descarga. La ampliación de los programas para reducir los desechos sólidos, incrementar la eficiencia energética y fomentar el uso de fuentes renovables de energía y vehículos de baja emisión, podría también tener beneficios importantes en términos de la lucha contra la contaminación atmosférica en los tres países.

Por último, es probable que cada nación tenga que buscar nuevas fuentes de ingresos, lo mismo para seguir instrumentando esfuerzos eficaces de monitoreo, prevención y control de la contaminación, que para apoyar programas de cooperación. Hoy en día, las tres naciones están en realidad reduciendo el gasto público en muchas áreas relacionadas con la protección ambiental. Numerosos sitios de monitoreo están siendo desmantelados en Estados Unidos y Canadá, como resultado de los recortes presupuestales. Estas ominosas tendencias no constituyen un buen augurio en términos de la capacidad a largo plazo para reducir la exposición de los seres humanos y el medio ambiente a los contaminantes persistentes descargados en la atmósfera y otros medios ambientales.

## 4.0 Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

- Son numerosos los contaminantes persistentes, que una vez liberados a la atmósfera u otro medio ambiental, se transportan a grandes distancias en América del Norte, así como hacia y desde esa región. Las distancias recorridas dependen de diversos factores, incluidas las características físicas y químicas del contaminante, la ubicación y la altura de las fuentes emisoras y los patrones de viento y clima. Las rutas continentales de los contaminantes, como se subraya en el Informe del Comité, no son una simple cuestión de contaminación atmosférica. Aunque el punto de atención inicial haya consistido en los contaminantes antropogénicos liberados a la atmósfera, así como formados y transportados por ella, está claro que tales rutas incluyen varios entornos ambientales y entrañan diversas formas de exposición para los humanos y otros organismos vivos.
- Los contaminantes continentales están dañando la salud humana y el ambiente en toda América del Norte. Como lo subrayó en su informe el Comité Asesor de Expertos: Se conoce ya lo suficiente en casi todos los frentes como para afirmar, de forma inequívoca, que se requieren en lo inmediato reducciones considerables de los actuales niveles de emisiones.
- La liberación de contaminantes a la atmósfera, así como su formación y transporte en ella, representan un grave riesgo para la salud humana y la integridad ecológica de los ecosistemas terrestres y acuáticos frágiles.
- En los tres países hay poblaciones más vulnerables que otras a los efectos de los contaminantes. Aquéllas comprenden niños, mujeres embarazadas o en sus años de fertilidad, ancianos, personas con problemas respiratorios y pueblos indígenas y otras poblaciones que dependen del pescado y la fauna silvestre como parte esencial de su dieta. Los embriones y los niños en periodo de lactancia también corren un riesgo de particular importancia.
- Las fuentes principales de los contaminantes en el subcontinente son las plantas generadoras de electricidad; el sector transporte; el uso de combustibles fósiles en ciertas industrias; los incineradores de desechos municipales y médicos, y los productos químicos empleados en la agricultura. Ya se dispone de tecnologías mejoradas para reducir las descargas y de técnicas y procesos para prevenir las emisiones de muchos de esos contaminantes.
- Los esfuerzos nacionales y bilaterales no bastan. Es éste un problema de los tres países cuya solución eficaz y eficiente requiere de la colaboración trilateral para:

1. reducir las emisiones antropogénicas de contaminantes, comenzando por las principales categorías de fuentes comunes, como el transporte, las plantas generadoras de electricidad de caldeo por combustibles fósiles, así como las sustancias químicas empleadas en la agricultura;
  2. aumentar nuestra comprensión de los contaminantes continentales y sus rutas, y
  3. aumentar la capacidad de cada país para manejar los contaminantes en la región.
- La colaboración de América del Norte en acciones centradas en algunas de las principales categorías de fuentes comunes enriquecería la capacidad de la región en su conjunto para reducir los riesgos de los contaminantes en el subcontinente, dado que los tres países comparten muchas de las fuentes de estos contaminantes y en virtud de que varias de las fuentes emisoras son responsables de más de un contaminante.
  - El medio ambiente de América del Norte y sus ecosistemas vincula a tres naciones muy distintas. En la definición de las acciones conjuntas se tendrán que tomar en cuenta las diferencias entre los tres países, tanto económicas, sociales y de desarrollo como en sus capacidades financiera y tecnológica.
  - América del Norte tendrá que trabajar con otras regiones para atender el problema de las fuentes emisoras externas al subcontinente, así como el de las emisiones propias que afectan otras regiones. La colaboración eficaz para conducir estos esfuerzos propiciaría que América del Norte ejerciera un liderazgo internacional en materia de acciones multilaterales para abordar un asunto de creciente preocupación para muchas regiones del mundo.
  - La información y la comprensión amplias y actualizadas son esenciales para formular estrategias eficaces y eficientes de control en las esferas nacional e internacional. Los tres países necesitan coordinar y actualizar sus inventarios de emisiones para que sean más comparables y más completos. De manera similar, es preciso que quienes participan en la investigación y el control ecológicos de los ecosistemas terrestres y acuáticos de las tres naciones colaboren para desarrollar y adoptar indicadores del estado y la integridad de estos sistemas y compartan datos e información. Estos enfoques, al igual que los esfuerzos de monitoreo y modelación del aire, son esenciales para comprender y abordar el problema de las rutas continentales de los contaminantes. Sin duda se justifica intensificar los esfuerzos para combinar estas diversas líneas de acción con un enfoque ecosistémico más integral.

Es evidente que en los últimos años han disminuido de manera considerable los recursos humanos y financieros dedicados a investigar y controlar las rutas continentales de los contaminantes. Es preciso revertir esta tendencia para lograr comprender el problema de la contaminación transfronteriza, emprender las acciones pertinentes y evaluar la eficacia de los esfuerzos nacionales e internacionales.

## 4.2 Pasos inmediatos que se recomiendan

### 4.2.1 Contexto

Un tema central es la necesidad de establecer un mecanismo eficiente de colaboración con autoridad, conocimiento y motivación para emprender los pasos necesarios para asegurar que las rutas continentales de contaminantes se conviertan, y permanezcan, como prioridad trinacional. Esto requerirá del compromiso a largo plazo y la vigilancia permanente a fin de reducir gradualmente la exposición de los humanos y el medio ambiente a los contaminantes liberados en los diversos medios ambientales, así como los que se forman o transportan por ellos.

Los detalles precisos en cuanto a lo que constituiría un mecanismo de colaboración eficaz para tratar las numerosas dimensiones del reto que representan las rutas continentales de contaminantes han de evolucionar —se da por sentado— en el curso de las discusiones y las negociaciones trinacionales. Sin embargo, hay algunos elementos evidentes y básicos: el reconocimiento compartido de la seriedad del problema y el acuerdo para realizar esfuerzos concertados de colaboración para abordar este reto internacional que entraña diversos entornos ambientales y está tan vinculado con las actividades humanas y la salud, tanto de los humanos y como del medio ambiente. Se da por sentada la necesidad de un acuerdo marco (en la forma, quizá, de una Resolución del Consejo) que refleje una orientación ecosistémica.

Asimismo, es importante compartir una concepción y una dirección que se reflejen en las metas y los objetivos generales de la protección de la salud humana y del ambiente, al igual que reconocer la necesidad de que los objetivos, plazos y enfoques sean compatibles aunque diferenciados en cada país. El acuerdo en torno a los objetivos de calidad del aire circundante, los niveles aceptables de carga de contaminantes en los ecosistemas terrestres y acuáticos más vulnerables, y los parámetros que se han de emplear como indicadores de salud de los ecosistemas proporcionarían, a su vez, una base para medir los avances y contribuirían a identificar y evaluar los asuntos urgentes.

Es innegable la necesidad de disponer de información ambiental adecuada. Esto significa el compromiso permanente de trabajar juntos —internacional e interdisciplinariamente— en la planeación y conducción de los programas de monitoreo, modelación e investigación. Es muy importante que la información recopilada sea comparable, confiable y adecuada para los fines buscados, así como que se establezcan disposiciones que aseguren que la información sobre el estado y las tendencias de los indicadores ambientales, incluido el informe regular de los avances —o la falta de ellos—, se dé a conocer al público.

Una estrategia concertada puede fomentar el establecimiento de objetivos comunes, la formulación de objetivos y plazos diferenciados y el desarrollo e instrumentación de los programas de cooperación.<sup>33</sup> Tal estrategia adoptaría explícitamente una perspectiva integral basada en el concepto de la interconexión de

<sup>33</sup> El proyecto de la CCA sobre Manejo Adecuado de Sustancias Químicas es un buen ejemplo de iniciativas sobre sustancias específicas con metas y medidas de cumplimiento.

los componentes del ecosistema de América del Norte. Requeriría la posibilidad de evolucionar y adaptarse a nueva información sobre los problemas ya reconocidos y los incipientes, de suerte que sea posible restaurar y mantener la integridad ecológica de América del Norte.

La comprensión y evaluación de las “rutas continentales de los contaminantes” exige un “enfoque ecosistémico” integral, como el desarrollado en el marco del Acuerdo para la Calidad del Agua de los Grandes Lagos, suscrito entre Estados Unidos y Canadá en 1978 y enriquecido y ampliado en 1987 con el protocolo de enmienda. Un enfoque de esa naturaleza se considera de la mayor importancia para establecer un régimen de colaboración adecuado para la magnitud y complejidad del reto de los contaminantes continentales; al mismo tiempo, conduciría a tomar decisiones y emprender acciones mejor informadas y más responsables por parte de todos los interesados. El Informe del Comité subraya este punto de manera por demás explícita: las “rutas continentales de los contaminantes entrañan diversos entornos ambientales y requieren de un enfoque integral si han de comprenderse y abordarse con eficacia”.

Con todo, debe quedar muy claro que un enfoque ecosistémico no es una excusa para la inacción sino que, por el contrario, puede proporcionar poderosos principios fundamentales para tomar decisiones oportunas, mejor documentadas y responsables, basadas en los datos y la información disponibles. También es importante comprender que, como se ha ejemplificado en el Ecosistema de la Cuenca de los Grandes Lagos, los humanos y las actividades humanas son parte integral del ecosistema. El reconocimiento de los vínculos entre las actividades humanas, la salud humana, el bienestar socioeconómico y la integridad del resto del sistema ha servido para conseguir y mantener un apoyo público y político y para orientar la política pública. Los enfoques fuente puntual por fuente puntual, entorno por entorno y, sobre todo, sustancia por sustancia para reducir las emisiones antropogénicas de contaminantes al medio ambiente pueden ser útiles e importantes, pero deben anidarse en una estrategia general amplia que refleje un enfoque ecosistémico. A la luz del alcance del problema que representan los contaminantes regionales, será necesario basarse en las iniciativas, mecanismos e instituciones actuales, y establecer prioridades para centrar las acciones conjuntas.

### 4.2.2 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS

El Secretariado de la CCA recomienda al Consejo de la misma que:

1. promueva decididamente la colaboración de las Partes integrantes del ACAAN para coordinar su participación en foros internacionales y multilaterales a fin de asegurar que los intereses colectivos de la región se reflejen adecuadamente. El ACAAN ofrece un marco de referencia para la cooperación que puede, en opinión del Secretariado, ayudar a las Partes a desempeñar un importante papel mundial de liderazgo para hacer frente a las graves amenazas a largo plazo y de considerable magnitud para la seguridad ambiental regional;

2. sugiera a las Partes asegurar que los recursos humanos y financieros asignados a la investigación, monitoreo, modelación y evaluación de las rutas continentales de los contaminantes sean los adecuados para satisfacer las necesidades actuales y futuras. El Secretariado recomienda que se reviertan las recientes tendencias alarmantes de recortes en los gastos destinados a la investigación y el monitoreo;
3. impulse e incremente la cooperación para promover el desarrollo de la capacidad y las prácticas óptimas en todo lo pertinente a las rutas continentales de los contaminantes e identifique nuevas oportunidades para instrumentar programas y proyectos de los denominados *win-win* (todos ganan) y *no regrets* (nadie se arrepiente), para reducir los contaminantes objetivo;
4. llamar la atención de las Partes sobre la necesidad de tomar en cuenta las diferencias entre las tres naciones y, cuando en México se requieran más recursos frescos, recomendar a las Partes que trabajen junto con las instituciones financieras internacionales para conseguir fondos adicionales que apoyen la instrumentación de las medidas pertinentes para introducir la innovación tecnológica que se requiera, así como mejorar la comprensión y el manejo de los contaminantes atmosféricos y de otros entornos ambientales. Ello debe incluir la investigación, el monitoreo y la modelación de fuentes, transporte, destino y efectos de los contaminantes en la salud humana y los ecosistemas terrestres y acuáticos;
5. asuma una responsabilidad de primer orden en cuanto al fomento y la coordinación de las acciones trinacionales para reducir la exposición de los humanos y el medio ambiente a los contaminantes liberados en el medio ambiente, así como los formados y transportados por la atmósfera y otros entornos ambientales;
6. establezca un grupo de trabajo de alto nivel compuesto por funcionarios y expertos responsables de regular las descargas antropogénicas de contaminantes a la atmósfera, administrar los programas de monitoreo y modelación atmosféricos y controlar el manejo ecológico de las deposiciones y los efectos de los contaminantes transportados por el aire en los humanos y los ecosistemas terrestres y acuáticos. Este grupo de trabajo habría de proporcionar al Consejo, inicialmente en uno o dos años, asesoría y recomendaciones en torno de lo siguiente:
  - (a) las prioridades de acción respecto de contaminantes específicos, grupos de contaminantes o categorías de fuentes específicas que sean las principales emisoras de contaminantes a la atmósfera;
  - (b) los objetivos, con bases científicas, de la calidad del aire circundante para la protección de la salud humana y el medio ambiente;

- (c) los niveles máximos, científicamente determinados, de carga de ciertos contaminantes en ecosistemas terrestres y acuáticos seleccionados;
  - (d) las metas de reducción, con bases científicas, de emisiones regionales que en general se consideren congruentes con los objetivos recomendados para la calidad del aire circundante y para los niveles de carga;
  - (e) las medidas para enriquecer la coordinación trinacional en los programas de investigación, monitoreo y modelación de los tres países;
  - (f) la búsqueda de los sitios que se han de designar como lugares de referencia o indicadores para el monitoreo ecológico integral de largo plazo de la situación, tendencias y condiciones ecológicas, incluidas la medición, el monitoreo y la evaluación de la calidad del aire circundante, la deposición atmosférica de los contaminantes seleccionados y los flujos, el destino y los efectos de estos contaminantes en los ecosistemas de referencia, así como la determinación de los parámetros indicativos y protocolos de muestreo para asegurar niveles adecuados de control de calidad y garantizar la calidad de los datos generados en estos sitios, y
  - (g) la elaboración de un acuerdo marco preliminar orientado a la acción, congruente con un enfoque ecosistémico, para conducir y facilitar la cooperación trinacional al tratar asuntos relacionados con la comprensión y el manejo de las rutas continentales de los contaminantes, y que incluya recomendaciones en cuanto a los mecanismos adecuados para conducir y coordinar la instrumentación del marco de referencia.
7. tome en cuenta los efectos previstos de los futuros programas y políticas que puedan afectar significativamente el problema de los contaminantes regionales como, por ejemplo, la restructuración pendiente de los mercados de generación de electricidad y el desarrollo de las normas de América del Norte en materia de las emisiones de fuentes móviles y las relacionadas con los plaguicidas.
  8. considere incluir, como parte del programa anual de 1998 de la CCA, la realización de estudios pertinentes sobre las categorías de fuentes emisoras en sectores específicos a fin de comprender mejor e identificar las oportunidades de minimizar la magnitud y los efectos de la contaminación transfronteriza, así como propiciar un mayor intercambio de información sobre esos asuntos;
  9. establezca, en aras de la responsabilidad y la toma de decisiones informadas, un órgano público de asesoría que apoye, revise y dé a conocer las decisiones tomadas durante este proceso, e informe anualmente sobre los avances en materia del desarrollo y la instrumentación del marco estratégico mencionado en el punto 6(g).

## Lista de participantes en el Comité Asesor de Expertos, el Grupo Consultivo y el Grupo de Política

### Comité Asesor de Expertos y Grupo Consultivo

#### **Abascal Garrido, Francisco (Comité y Grupo)**

Director del Laboratorio Central de Calidad Ambiental  
Instituto Nacional de Ecología  
México

#### **Abouchar, Juli (Grupo)**

Vice President  
Conservation Council of New Brunswick  
Canadá

#### **Allsopp, Terry (Grupo)**

Manager Atmospheric Issues Division  
Environment Canada  
Canadá

#### **Bailey, Edward (Grupo)**

Engineering Adviser  
International Joint Commission  
Canadá

#### **Béland, Pierre (Grupo)**

Commissioner  
International Joint Commission  
Canadá

#### **Beeton, Alfred (Grupo)**

Acting Chief Scientist  
National Oceanic and Atmospheric Administration  
Estados Unidos

#### **Bidleman, Terry (Comité)**

Research Scientist  
Atmospheric Environment Service  
Canadá

#### **Bravo, Humberto (Comité y Grupo)**

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
México

#### **Bruce, James (Grupo)**

Consultant  
Canadá

#### **Brydges, Tom (Comité)**

Director  
Environment Canada  
Indicators, Monitoring and Assessment Branch  
Canadá

#### **Burnett, Tom (Grupo)**

Director Environmental Affairs  
Inco Ltd.  
Canadá

#### **Calder, John (Comité)**

Deputy Director  
Environmental Research Laboratories  
NOAA  
Estados Unidos

#### **Cícero-Fernández, Pablo (Comité y Grupo)**

Adjunct Assistant Professor  
University of California  
Estados Unidos

#### **Cloghesy, Michael (Grupo)**

President  
Centre Patronal de l'Environnement du Québec  
Canadá

#### **Cohen, Mark (Comité)**

Research Associate  
Center for the Biology of Natural Systems  
Queens College  
Estados Unidos

#### **Commoner, Barry (Grupo)**

Director  
Center for the Biology of Natural Systems  
Queens College  
Estados Unidos

#### **Cooper, William (Comité)**

Professor  
Michigan State University  
Estados Unidos

**Cupitt, Larry (Comité)**

Division Director, Atmospheric Processes Research  
National Exposure Research Lab  
US Environmental Protection Agency  
Estados Unidos

**Eder, Tim (Grupo)**

Water Quality Program Manager  
National Wildlife Federation  
Estados Unidos

**Espitia Cabrera, Alfonso (Comité y Grupo)**

Profesor  
Universidad Autónoma Metropolitana  
México

**Fain, Tyrus (Grupo)**

Executive Secretary  
Transboundary Resource Inventory Program  
Texas General Land Office  
Estados Unidos

**Foley, Gary (Comité)**

Director  
National Exposure Research Laboratory  
US Environmental Protection Agency  
Estados Unidos

**Garrett, Robert (Comité)\***

Research Scientist, Mineral Resources Division  
Geological Survey of Canada  
Canadá

**Grumet, Jason (Grupo)**

Executive Director  
NESCAUM  
Estados Unidos

**Guzmán, Francisco (Comité)**

Subdirector de Protección Ambiental  
Instituto Mexicano del Petróleo  
México

**Heidel, Karen (Grupo)**

Deputy Director  
Arizona Department of Environmental Quality  
Estados Unidos

**Hicks, Bruce (Comité)**

**US Co-Chair**  
Director, Air Resources Laboratory  
NOAA  
Estados Unidos

**Holmes, John (Comité)**

Director of Research  
California Air Resources Board  
Estados Unidos

**Hoskin, Wanda (Grupo)**

Senior Advisor  
International Division/ Natural Resources Canada  
Canadá

**Hoth, Jurgen (Grupo)**

Agregado para Ciencia y Medio Ambiente  
Embajada de México en  
Canadá

**Kamp, Richard (Comité)**

Director  
Border Ecology Project  
Estados Unidos

**Liroff, Richard (Grupo)**

Senior Program Officer  
World Wildlife Fund  
Estados Unidos

**Lucotte, Marc (Comité)**

GEOTOP  
Université du Québec à Montréal  
Canadá

**MacDonagh-Dumler, Jon (Comité)**

Institute for Environmental Toxicology  
Michigan State University  
Estados Unidos

**Mazari Hiriart, Marisa (Comité)**

UNAM  
México

**McTaggart-Cowan, James (Comité)**

Professor, Environmental Programs  
Royal Road University  
Canadá

**Mejía-Velásquez, Gerardo (Comité)**

Profesor  
ITESM, Monterrey  
México

**Montgomery, Shelagh (Comité)**

Researcher  
Université du Québec à Montréal  
Canadá

**Muir, Derek (Comité)**

Research Scientist  
Freshwater Institute, Dept. Fisheries and Oceans  
Canadá

**Muldoon, Paul (Grupo)**

Counsel  
Canadian Environmental Law Association  
Canadá

**Ogilvie, Ken (Grupo)**

Executive Director, Pollution Probe  
Canadá

**Patterson, Ronald (Grupo)**

US EPA NERL  
Estados Unidos

**Pilgrim, Wilfred (Comité)**

Mercury Coordinator  
Ecological Monitoring and Assessment Network  
New Brunswick Environment  
Canadá

**Porcella, Don (Comité)**

Project Manager  
Electric Power Research Institute  
Estados Unidos

**Rampy, Larry (Grupo)**

Chlorine Chemistry Council  
Estados Unidos

**Rasmussen, Patricia (Comité)\***

Research Scientist  
Geological Survey of Canada  
Canada

**Richardson, Jean (Grupo)**

President  
New England Environmental Policy Center  
Estados Unidos

**Rincón, Carlos Armando  
(Comité y Grupo)**

US-México Border Air Quality Project Director  
Environmental Defense Fund  
Estados Unidos

**Round, Margaret (Comité)**

Program Analyst  
Northeast States for Coordinated Air

Use Management (NESCAUM)  
Estados Unidos

**Santos-Burgoa, Carlos (Comité)  
Vicepresidente, México**

Director  
Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo  
México

**Sosa Iglesias, Gustavo (Comité)**

Instituto Mexicano del Petróleo  
México

**Sosa, Rodolfo (Comité y Grupo)**

Centro de Ciencias de la Atmósfera  
México

**Spencer, Richard (Grupo)**

Clean Water Campaign Coordinator  
National Wildlife Federation  
Estados Unidos

**Stone, David (Comité)**

Chief Environmental Services and Research Division  
Canadian Department of Indian Affairs and Northern  
Development  
Canadá

**Sullivan, Ned (Grupo)**

Commissioner  
Maine Dept. of Environmental Protection  
Estados Unidos

**Svenson, Eric (Grupo)**

Manager, Environmental Strategy Policy  
Public Service Electricity and Gas  
Estados Unidos

**Telford, Peter (Grupo)**

Senior Advisor  
Intergovernmental Relations Office  
Ontario Ministry of Environment and Energy  
Canadá

**Tilman, Anna (Grupo)**

Canadian Environmental Network  
Canadá

**Vera, Beatriz (Grupo)**

Project Coordinator  
Physicians for Social Responsibility  
Estados Unidos

**Walker, Bruce (Grupo)**

STOP  
Canadá

**Wania, Frank (Comité)**

Freelance Research Scientist  
Canadá

**Watson, Jeffrey (Grupo)**

Executive Director  
Canadian Global Change Program  
Royal Society of Canada  
Canadá

**Weinberg, Jack (Grupo)**

Senior Toxics Campaigner  
Greenpeace  
Estados Unidos

**Wirth, John (Grupo)**

President  
North American Institute  
Estados Unidos

**Young, James W. S. (Comité)**

**Vicepresidente por Canadá**  
Associate and Director,  
Atmospheric Environmental Service  
Senes Consultants Limited  
Canadá

**Zavala, José (Comité y Grupo)**

Coordinador Ambiental  
Instituto Tecnológico de Tijuana  
México

\* Los doctores Robert Garrett y Patricia Rasmussen, miembros del Comité Asesor de Expertos, expresaron su preocupación de que el Informe no refleje adecuadamente la complejidad asociada con el prorrateo de las fuentes, ya que los aerosoles tienen origen tanto natural como antropogénico.

**GRUPO DE POLÍTICA****Becker, Bill**

STAPPA/ALAPCO  
Estados Unidos

**Bruce, James**

Chair, Canadian Climate Program Board  
Canadá

**Bustani, Alberto**

Director, Centro de Calidad Ambiental, ITESM  
México

**Careaga, Juan**

Presidente  
Instituto Internacional de Reciclaje  
México

**Fraser, Whit**

President, Canadian Polar Commission  
Canadá

**Friedman, Bob**

Heinz Center  
Estados Unidos

**Grumet, Jason**

Executive Director  
NESCAUM  
Estados Unidos

**Gutiérrez, Fernando**

Director General  
Instituto para la Protección Ambiental de Nuevo León  
México

**Hedman, Susan**

Staff Attorney  
Environmental Law & Policy Center  
Estados Unidos

**Hicks, Bruce**

Director, Air Resources Laboratory  
NOAA  
Estados Unidos

**Leary, John**

Western Governors' Association  
Estados Unidos

**LLoyd, Alan**

Executive Director  
Energy and Environmental Engineering Center  
Desert Institute  
Estados Unidos

**Miller, Paul**

NESCAUM  
Estados Unidos

**Moffet, John**

Resource Futures International  
Canadá

**Moore, Curtis**

Consultant  
Estados Unidos

**Muldoon, Paul**

Counsel  
Canadian Environmental Law Association  
Canadá

**Ogilvie, Ken**

Executive Director  
Pollution Probe  
Canadá

**Rang, Sarah**

Environmental Economics International  
Canadá

**Sánchez, Sergio**

Director General  
Dirección General de Proyectos Ambientales  
Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal  
México

**Santos-Burgoa, Carlos**

Director  
Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo  
México

**Székely, Alberto**

Despacho de Defensoría Ambiental  
México

**Thorn, Terry**

Senior Vice President for Environmental,  
International and Governmental Affairs  
ENRON  
Estados Unidos

**Young, James**

Associate and Director  
Atmospheric Environmental Service  
Senes Consultants Limited  
Canadá

## PERSONAL Y CONSULTORES DE LA CCA

**Ferretti, Janine**

Directora

**Hamilton, Andrew**

Jefe de la división científica

**Richardson Sarah**

Jefe de Programa, TLC/ Medio ambiente

**Cantin, Danielle**

Coordinadora del proyecto  
Rutas continentales de la contaminación

**Thalheimer Verne**

Especialista en calidad del aire

**Dilks, David (Gestor)**

Lura Group  
Canadá

**Ibarrola Uriarte, María Isabel**

Instituto de Salud, Ambiente y Trabajo  
México

**Leppard, Sally (Gestor)**

Lura Group  
Canadá

### **ANEXO 2: Estudios de caso preparados por el Comité Asesor de Expertos Índice del Volumen 2 (junio de 1997) del Informe del Comité Asesor de Expertos sobre las rutas continentales de los contaminantes, frente al reto de las rutas continentales de los contaminantes: hacia un esquema de colaboración y acción trilateral, preparado para el Secretariado de la CCA**

#### **G. Estudios de caso sobre sustancias químicas**

G1: Mercurio

W. Pilgrim, M. Lucotte, S. Montgomery, C. Santos-Burgoa, M.I. Ibarrola Uriarte, F. Abascal-Garrido, M. Round, D. Porcella

G2: Contaminantes Orgánicos Persistentes: Características generales y rutas continentales en América del Norte

T. Bidleman, D. Muir, F. Wania

G3: Dioxinas

M. Cohen, B. Commoner, A. Espitia Cabrera, D. Muir, C. Santos-Burgoa

G4: Ozono y Partículas en la Atmósfera

G. M. Mejía, J. McTaggart-Cowan, B. Hicks, C. Santos-Burgoa

G5: Efectos de la lluvia ácida

T. Brydges, H. Bravo, R. Sosa

#### **H. Estudios de caso sobre la relación fuente-receptor**

H1: Relaciones fuente-receptor

J. Young, S. R. Radonjic, D. V. Michelangeli, F. Guzmán, C. Santos-Burgoa

H2: Efecto de la contaminación atmosférica en los ecosistemas forestales

D. Cantin, P. Hall, K. Percy

H3: Contaminantes Orgánicos Persistentes en el ártico canadiense: implicaciones para las comunidades indígenas

D. Muir

H4: Panorama del agua

M. Mazari-Hiriart

#### **I. Estudios de caso sobre cooperación**

I1: La Comisión Conjunta Internacional y su papel en los asuntos transfronterizos sobre la calidad del aire

A. Hamilton

I2: Cómo resolver los problemas del aire en el Paso del Norte

P. M. Emerson, C. L. Shaver, C. A. Rincón et al.

I3: Monitoreo de sustancias tóxicas atmosféricas: la red integral sobre deposición atmosférica en los Grandes Lagos

A. Bandemehr, R. Hoff

I4: Monitoreo ecológico en América del Norte

T. Brydges, C. Santos-Burgoa, G. Veith

I5: Cooperación internacional: La estrategia para la protección del ártico y el Consejo sobre el Ártico

D. Stone

#### **J. Estudio de caso sobre oportunidades**

J1: Prevención de la contaminación por medio de la innovación tecnológica y la mayor competitividad regional

C. Santos-Burgoa, M. I. Ibarrola, M. Cohen, J. MacDonagh-Dumler, J. McTaggart-Cowan

COMISIÓN PARA LA COOPERACIÓN AMBIENTAL  
393, rue St-Jacques Ouest, bureau 200  
Montréal (Québec) Canada H2Y 1N9  
Tel.: (514) 350-4300 • Fax: (514) 350-4314

<http://www.cec.org>

