

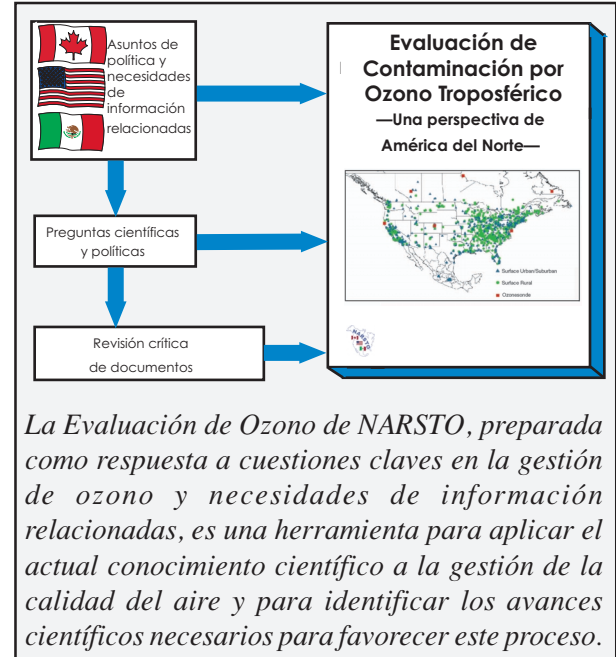
# NARSTO EVALUACIÓN DE OZONO

## RESUMEN EJECUTIVO

Preparado como una iniciativa de NARSTO, esta evaluación de Ozono ( $O_3$ ) troposférico proporciona información amplia para científicos, funcionarios públicos, y otras audiencias interesadas cuyas tareas están dirigidas hacia la comprensión y mitigación de los impactos dañinos por contaminación de  $O_3$ . Científicos en atmósfera examinaron la producción y transporte de  $O_3$  a través de mediciones, análisis y aplicación de modelos matemáticos de calidad del aire. Por otro lado, los funcionarios públicos establecieron normas y estrategias de control basadas en evidencias científicas y otros conductos. Por lo tanto, ambas comunidades dependen de herramientas científicas similares (p. ej. redes de monitoreo y modelos) y están mutuamente afectadas por el progreso de cada una de ellas. Por ejemplo, el aumento en el conocimiento científico, puede sugerir mejoras a la regulación; del mismo modo, la falta de cumplimiento regulatorio puede llevar a los científicos a más estudios sobre el fenómeno del  $O_3$ .

Como se indica en la tabla, la Evaluación de Ozono de NARSTO contienen dos componentes. El primero de estos es una revisión crítica de documentos, que tienen la intención de proveer revisiones detalladas de todos los aspectos científicos de contaminación por Ozono troposférico. El segundo componente, el Documento de Evaluación de Ozono NARSTO presentado en este reporte, provee una destilación de este material científico, y esta dirigido a una audiencia más amplia, incluyendo científicos, analistas políticos y público interesado. Ambos, la revisión crítica de documentos y el documento de evaluación, se guiaron a través del establecimiento formal de preguntas científicas y preguntas de política, que se desarrollaron después de la consulta con miembros de la comunidad científica y tomadora de decisiones.

Este Documento de Evaluación sintetiza el conocimiento científico de la contaminación por  $O_3$  al final del siglo 20, mostrando una especial consideración en el comportamiento a gran escala sobre América del Norte, comprendiendo a Canadá,



Estados Unidos y México. A pesar de que recomendaciones en política ambiental no son abarcadas en el documento, la información científica contenida en éste, esta dirigida para el uso de los tomadores de decisiones en los tres países.

### ¿Cuál es el problema?

Las actividades humanas han incrementado la concentración de  $O_3$  superficial; las investigaciones se han enfocado a entender los mecanismos asociados que la causan; los funcionarios públicos han utilizado las investigaciones científicas con el objeto de mitigar el riesgo en la salud humana; y décadas de investigación y refinamientos para la mitigación ahora nos revelan que la contaminación por Ozono troposférico se extiende a escala continental y hasta hemisférica. La producción de  $O_3$  ocurre cuando compuestos orgánicos volátiles (COVs) y óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) son expuestos a los rayos solares. Debido a que las emisiones de estos precursores de  $O_3$  están directamente relacionadas a los actuales estilos de vida, las medidas de mitigación son sociales

## NARSTO EVALUACIÓN DE OZONO

y económicamente costosas. Por esta razón, los funcionarios públicos han buscado asesoría científica para determinar las maneras efectivas para cumplir con los estándares o metas de O<sub>3</sub> basados en salud. Proveer este tipo de asesorías ha resultado ser una tarea formidable. La respuesta de O<sub>3</sub> a cambios en las emisiones de COVs y NO<sub>x</sub> puede ser sumamente compleja y variable. Además, los vientos pueden transportar el O<sub>3</sub> y sus precursores a largas distancias y, como resultado, exposición a elevadas concentraciones de O<sub>3</sub> puede generarse de fuentes locales y lejanas.

### ¿Porque una evaluación científica es apropiada ahora?

*Los problemas por contaminación de Ozono superficial persisten.* Concentraciones de O<sub>3</sub> en varias localidades urbanas de América del Norte demuestran los beneficios substanciales alcanzados debido a los controles de mitigación de emisiones que se iniciaron en los años 70s. Sin embargo, en 1995 cerca de 70 millones de personas en E.U.A. vivían en o cerca de condados donde las concentraciones de O<sub>3</sub> excedían las normas; más de 13 millones de canadienses se encontraban bajo las mismas circunstancias y lo mismo sucedía con mas de 20 millones de mexicanos.

Políticas nuevas y emergentes crearon la necesidad de la inclusión de conocimiento científico. Como resultado de estudios clínicos y epidemiológicos, regulaciones más estrictas han sido promulgadas en Estados Unidos y están siendo consideradas en Canadá. Estas normas y objetivos más estrictos, introducen la necesidad de un conocimiento más elevado de la ciencia del O<sub>3</sub> y su uso en el manejo de la calidad del aire. Consideraciones similares asociadas con partículas finas (PM) nos llevan a subrayar la necesidad de un mejor conocimiento en la relación de O<sub>3</sub> y PM.

Una perspectiva continental del problema de O<sub>3</sub> esta surgiendo. Fundamentalmente, actividades antropogénicas están afectando las concentraciones de O<sub>3</sub> en un amplio rango de escala espacial: urbana, rural, continental y hasta hemisférica. Esto, ha dado

inició a nuevas estrategias de mitigación y ha creado un mejor conocimiento científico sobre cómo los procesos que fomentan la contaminación de O<sub>3</sub> ha varias escalas están ligados.

### ¿Cuales son los resultados de esta evaluación?

Como se comento anteriormente, esta evaluación esta enmarcada en el contexto específico, de preguntas de política ambiental seleccionadas para establecer y mantener un enfoque de los problemas clave asociados en la gestión de contaminación por Ozono en América del Norte. Como consecuencia, los resultados científicos de esta evaluación reflejan las preguntas de política ambiental y su contraparte científica. Estos resultados aparecen a continuación, catalogados en términos de su asociación con las preguntas política.

*Pregunta 1: ¿Que cambios han ocurrido en la ciencia de O<sub>3</sub> troposférico en la última década que pudieran alterar (o confirmar) el curso actual de las estrategias de manejo de calidad del aire para O<sub>3</sub>?*

- La contaminación por O<sub>3</sub> ocurre a través de múltiples escalas temporales y espaciales, y se complica por químicos e interacciones meteorológicas. Esta complejidad ha fundado tareas para optimizar estrategias de control de emisiones para precursores, especialmente aquellos que se han basado en análisis de datos de observación limitados.
- Estudios de campo han demostrados que características meteorológicas, incluyendo el flujo del aire, variaciones de mezclado vertical, condiciones climáticas favorables persistentes por mas de un día son factores clave para crear condiciones que favorecen concentraciones altas de O<sub>3</sub>. Información meteorológica detallada en el ámbito local y regional es esencial para el desarrollo de estrategias de reducción de O<sub>3</sub> confiables.
- Evidencia existente demuestra que la concentración de fondo de O<sub>3</sub> ha ido aumentando en el hemisferio norte en el

último siglo como respuesta de la industrialización masiva que se ha llevado a cabo. De ser cierto, esto implica que la concentración actual de fondo de  $O_3$  en América del Norte se debe principalmente a emisiones antropogénicas de precursores de  $O_3$  de nuestro continente, por lo tanto reducciones en las emisiones de precursores de  $O_3$  en el continente pueden reducir aparentemente la concentración de fondo del  $O_3$  continental, así como las concentraciones regionales y urbanas de  $O_3$ . Esto también implica que la reducción de emisiones de precursores de  $O_3$  de otros continentes también puede reducir aparentemente la concentración en América del Norte.

- Cambios recientes y anticipados en las políticas ambientales nacionales de calidad del aire en América del Norte han llevado a mover las normas y objetivos de  $O_3$  cerca de las concentraciones de fondo de  $O_3$ . Esta disminución de los límites entre el fondo y las normas y objetivos de calidad del aire requieren de prácticas para la gestión de la calidad del aire más sofisticada.
- Las nuevas normas y objetivos mencionados anteriormente de  $O_3$  establecerán requerimientos más estrictos en los actuales monitoreos, los cuales están orientados a actividades urbanas, y en métodos de modelaje de calidad del aire, que ahora deben abarcar rangos más amplios de condiciones meteorológicas.
- Los avances en los métodos de medición han mejorado el potencial para mediciones sustentables de  $O_3$  y sus precursores, así como de químicos co-productores de  $O_3$ . Aplicación de estos métodos aumentará la capacidad para determinar y rastrear el progreso para cumplir las normas y/o objetivos de  $O_3$  en ambientes rurales y urbanos.
- Los inventarios de emisiones de precursores han mejorado en la última década, gracias a

las mejoras establecidas en los programas de inventarios de emisiones a niveles federales, provinciales y estatal, la instrumentación de monitoreo continuo de  $NO_x$  en fuentes puntuales de E.U.A, y la comparación extensiva de estimación de emisiones de modelos y mediciones en campo para fuentes móviles. Sin embargo, una incertidumbre considerable prevalece en la estimación y proyección de emisiones de otras fuentes.

- Las emisiones biogénicas de COVs son un factor importante en las estrategias de gestión de  $O_3$  en algunas locaciones. Estas emisiones son todavía inciertas y necesitan ser cuantificadas con mayor precisión.
- En algunos casos urbanos donde la formación de  $O_3$  es sensitiva a las emisiones de COV, consideraciones a las reacciones fotoquímica de mezclas de COV pueden ofrecer oportunidades para mejorar la gestión de  $O_3$ .
- No obstante la extensa mejora en los modelos de calidad del aire basados en emisiones, aun su capacidad para estimar condiciones existentes exactas es problemática. Esto lleva a que las prácticas de gestión se basen principalmente en enfoques con abundante evidencia, observaciones sintetizadas, conocimiento de emisiones de precursores y modelos de calidad del aire. Al respecto, el reciente desarrollo de modelos basados en observaciones para la estimación local y urbana a los cambios sensibles de COV y  $NO_x$  pueden proveer una importante ayuda en la aplicación de modelos para el desarrollo de estrategias.

**Pregunta 2:** *¿Que tan manejable es el problema del  $O_3$  para un área dada? ¿Que porcentaje del problema es local y que porcentaje es transportado? ¿Que porcentaje del problema es esencialmente irreducible, y cual es potencialmente controlable?*

- Resultados de estudios de campo recientes y ejercicios de modelos multiescala de

## NARSTO EVALUACIÓN DE OZONO

calidad del aire han indicado que la acumulación de  $O_3$  esta fuertemente influenciada por un numero incontrollable de factores, incluyendo periodos extensos de mezcla limitada, recirculación de aire contaminado entre el suelo y las alturas, y el transporte a largas distancias del  $O_3$  y sus precursores. Estos factores afectan esencialmente todas las áreas crónicas de acumulación de  $O_3$ . Como resultado, estrategias de gestión que contabilicen las emisiones provenientes de fuentes distantes como de fuentes locales son necesarias.

- Reducciones locales de emisiones de COV pueden ser efectivas en la reducción de  $O_3$  en centros urbanos, mientras que las reducciones de emisiones de  $NO_x$  son más efectivas a distancia, apartado de centros urbanos y otras emisiones mayores de precursores. Es necesario probar de manera extensiva esta regla de dedo en América del Norte, pero esfuerzos recientes para implementar esta clase de programas han sido propuestos.
- La presencia de emisiones biogénicas complica el manejo de emisiones de precursores controlables e influencia la importancia relativa en el control de COVs y  $NO_x$ .

**Pregunta 3:** *¿Las medidas actuales de control ayudan a mantener el problema de  $O_3$  bajo control? (¿Para un área determinada, si estas medidas de control continúan, llevarán a la reducción de  $O_3$ ?)*

- No hay un patrón único en las tendencias de  $O_3$  en América del Norte. En Estados Unidos, el promedio máximo diario de concentración de  $O_3$  en 1 hora se redujo en 15% en una década (1986-1996). Las mayores tendencias hacia la baja se han registrado en Los Angeles, Nueva York y Chicago. Sin embargo, las tendencias de  $O_3$  muestran diferencias considerables de región en región y algunas áreas muestran tendencias a la alta. En Canadá se han registrado tendencias a la

alta en la mayoría de las regiones más pobladas como sería el caso de Vancouver, las provincias del Atlántico y Ontario. Concentraciones pico de  $O_3$  en México se incrementaron antes de 1990, pero a partir de ese año estas han tendido a la baja. Algunas de las diferencias en las tendencias pueden ser resultado de los enfoques específicos de cada país en el control de emisiones y otras diferencias pueden originarse por los métodos específicos utilizados por cada país para establecer esas tendencias.

- No existen estimaciones de emisiones de precursores confiables o consistentes, ni tampoco observaciones de concentraciones ambientales de ellos que puedan ser utilizados para estimar si la tendencia a la baja de  $O_3$  ha resultado por las medidas en el control de emisiones.
- El crecimiento de la población, el crecimiento en el uso de vehículos automotores, y la demanda creciente de energía han contrarrestado muchos de los beneficios que podrían haber venido de la implementación de las practicas de gestión y control de emisiones. No obstante, la calidad del aire sería mucho peor de lo que es ahora, si estos controles de emisiones no se hubieran establecido.
- En el caso de Los Angeles, las mediciones indican que la reducción de  $O_3$  ha sido lograda con todo y el continuo crecimiento del área metropolitana, cambios en las practicas industriales y comerciales y un crecimiento en las millas recorridas por vehículo.

**Pregunta 4:** *¿Cuáles son las relaciones entre las actividades actuales para la gestión de la contaminación por  $O_3$  troposférico y el conocimiento científico del problema?*

- Una serie de factores inmanejables (p. ej. meteorología, emisiones naturales,

## RESUMEN EJECUTIVO

crecimiento de la población) han impedido alcanzar las normas y objetivos de O<sub>3</sub> en América del Norte. La capacidad de estos factores para detener el progreso fue subestimada cuando las primeras estrategias para mitigar O<sub>3</sub> fueron implementadas.

- Las tendencias a la baja de O<sub>3</sub> en muchas localidades son el resultado, al menos en parte, del control de emisiones. En Estados Unidos la disminución en O<sub>3</sub> urbano y la disminución en los precursores urbanos de O<sub>3</sub> son consistentes con el conocimiento de los factores de control en la contaminación urbana de O<sub>3</sub>. Sin embargo, debido a una deficiencia histórica en el monitoreo de precursores de O<sub>3</sub>, todavía no es posible establecer una relación inequívoca de causa y efecto entre las tendencias de O<sub>3</sub> y las emisiones de precursores.
- Algunos datos sugieren que el control de emisiones ha tenido menos efecto en concentraciones promedio de O<sub>3</sub> en 8 horas en ciertas localidades que las que ha tenido su equivalente de concentración promedio en 1hr.
- Evidencia de observación combinada con modelos de calidad del aire a gran escala indica que el movimiento a largas distancias de precursores y de O<sub>3</sub> necesita ser tomados en cuenta para las futuras estrategias de mitigación de O<sub>3</sub>.
- Evidencia ha demostrado que la aplicación de modelos de calidad del aire para el desarrollo de estrategias puede provocar equivocaciones en los reguladores, si no se aplican precauciones. Evaluación y verificación cuidadosa de los modelos son necesarias antes de que los resultados presentados por estos puedan considerarse confiables. Aproximaciones interactivas basadas en observaciones aerométricas y otras herramientas de diagnóstico, así como los modelos de calidad del aire pueden proporcionar mejor planeación.

**Pregunta 5:** ¿Cuales son los enfoques alternativos para reducir las concentraciones actuales y futuras de O<sub>3</sub> en escala urbana (<200 Km) y regional (200-2000km)?

- La efectividad en el control de COV y NOx no se define únicamente por la locación o naturaleza de la emisión. Respuestas a los cambios de emisiones son más complicados de lo que se pensaba. Las estrategias históricas para la mitigación de O<sub>3</sub> eran basadas en la reducción de COV o NOx. Ahora se reconoce que la efectividad relativa en el control de COV y NOx puede cambiar de una localidad a otra y hasta de un episodio a episodio en la misma localidad.
- El conocimiento científico actual del proceso de formación de O<sub>3</sub> sugiere guías generales para elegir la reducción de emisiones de COV y/o NOx para el control de O<sub>3</sub> a escalas urbanas y regionales.
  - Control en los niveles promedio de O<sub>3</sub> en el núcleo urbano (contener la densidad de población alta, no necesariamente significa que ocurra la concentración más alta de O<sub>3</sub>): una estrategia basada en COV será más efectiva, aunque áreas con grandes emisiones de COV natural (p. ej. emisiones de la vegetación) pueden ser una posibles excepción.
  - Control en los niveles promedio de O<sub>3</sub> a escala regional: una estrategia basada en NOx será más efectiva, pero un incremento de O<sub>3</sub> puede ocurrir en el núcleo urbano .
  - Control en niveles pico de O<sub>3</sub>: se necesita una combinación de las estrategias de COV y NOx.
  - Una estrategia que controle las emisiones de COVs con un potencial de formación de O<sub>3</sub> alto, en contraste a una estrategia que únicamente controle la masa total de emisiones de COV, puede ser efectiva en áreas urbanas donde la formación de O<sub>3</sub> esta limitada por los

## NARSTO EVALUACIÓN DE OZONO

COV y donde la emisión natural de hidrocarburos es pequeña.

- Emisiones de  $\text{NO}_x$  de diferentes tamaños y tipos de plantas hidroeléctricas y otras fuentes puntuales pueden producir diferentes cantidades de  $\text{O}_3$  por cada molécula (o tonelada) de  $\text{NO}_x$  emitida. Si esto es confirmado por diferentes estudios de campo, se tomarán en cuenta el tamaño y tipo de fuente de emisión en los planes de gestión de calidad del aire.

**Pregunta 6:** *¿Cómo podemos evaluar y seguir el progreso y eficiencia de nuestras tareas en la gestión de  $\text{O}_3$ ?*

- El seguimiento y la evaluación del progreso y efectividad requiere de datos de monitoreo de largo plazo. Sin embargo, mientras las actuales redes nacionales de monitoreo pueden documentar concentraciones ambientales, no pueden atribuir cambios en concentraciones de  $\text{O}_3$  a cambios específicos en las emisiones de precursores en la mayoría de las localidades de Norte América. Expansión en las redes de monitoreo para incluir la medición de precursores de  $\text{O}_3$  está ocurriendo, pero el cubrimiento espacial, el control de calidad y accesos a tiempo a la información por los usuarios requiere de continua diligencia.
- Las limitaciones de varias prácticas actuales de monitoreo no se reconocen. Hay muy pocas especies químicas, aparte de  $\text{O}_3$ , que se monitorean actualmente de forma regular, confiable y continua. Estas limitaciones no han sido reconocidas en el diseño y operación de redes de respaldo para el diseño de políticas. Un notable fracaso es el monitoreo de  $\text{NO}_x = \text{NO}$  (Óxido Nítrico)  $\pm$   $\text{NO}_2$  (Dióxido de Nitrógeno) como precursor de  $\text{O}_3$ . El método analítico comúnmente utiliza medidas incorrectas de  $\text{NO}_2$  y a veces no tienen la sensibilidad necesaria para medir

$\text{NO}$ . Como resultado, los datos recolectados de  $\text{NO}_x$  en muchas redes de monitoreo de América de Norte son de un valor limitado. Un espectro de problemas supuestos también puede comprometer los valores rutinarios medidos de COV. Como consecuencia de estas limitaciones, una tarea a gran escala es necesaria para mejorar las actuales redes de monitoreo en los tres países de América del Norte. Cambios posibles incluyen:

- Un monitoreo más extenso en áreas rurales.
  - Aumento en el monitoreo de precursores de  $\text{O}_3$ .
  - Un proceso sistemático de evaluación a las redes de monitoreo. Este proceso brindará la oportunidad de demostrar el progreso (justificando monitoreo de largo plazo) para atacar nuevos problemas (p. ej.  $\text{O}_3$  en áreas rurales) a través del rediseño de redes y corrección de limitaciones descubiertas (p. ej. métodos inadecuados para la medición de COV y  $\text{NO}_x$ ), permitiendo la mejora en la calidad de los datos.
  - Un archivo de acceso inmediato con datos de calidad del aire. La capacidad de tecnologías modernas de datos ha sido demostrada en redes meteorológicas alrededor del mundo. El beneficio de acceso inmediato estimulará a las comunidades a desarrollar herramientas de diagnóstico que a largo plazo puedan influenciar la gestión de la calidad del aire.
  - Armonización de las redes de monitoreo de calidad del aire en Canadá, Estados Unidos y México.
- El seguimiento y evaluación del progreso y la efectividad dentro de los sistemas de gestión de la calidad de aire puede mejorarse a través de un proceso interactivo de tres pasos. Los tres pasos, ocurren en orden secuencial y son más difíciles de realizar conforme uno continúa la lista, son:

## RESUMEN EJECUTIVO

- Paso 1: verificar que los controles de emisión implementados se cumplan de acuerdo a las especificaciones. Esto requiere de pruebas y evaluaciones a los controles de emisión implementados, y verificación de que estas medidas de controles en realidad cumplan con especificaciones y establecimientos requeridos.
- Paso 2. Verificar que las concentraciones de  $O_3$  estén respondiendo a los cambios de emisiones documentados en el paso 1. Debido a la complejidad en el sistema  $O_3$ , este paso requiere de dos pruebas: demostración a través de mediciones ambientales de las especies precursoras, que las concentraciones de los precursores han respondido como se esperaba a los cambios de emisiones de precursores; y demostración, a través de mediciones ambientales de  $O_3$ , que este a respondido como se esperaba a las concentraciones de los precursores.
- Paso 3: verificar que los indicadores relevantes a salud pública y bienestar han respondido apropiadamente a los cambios en  $O_3$ . Este último paso es el más difícil de demostrar, y tal vez se necesiten varios años para conseguir datos para la verificación. Sin embargo, los retos significativos asociados con este paso no deben impedir el cumplimiento del paso 1 y paso 2

**Pregunta 7:** *¿Nuestros esfuerzos para manejar  $O_3$  ayudarán o detendrán esfuerzos para mitigar otros problemas ambientales como lluvia ácida, partículas finas y cambio climático global, y viceversa?*

- Debido a la relación entre  $O_3$  y otros contaminantes, debe ser posible y deseable, desarrollar estrategias de abatimiento integral que efectivamente ataquen otros

problemas de calidad del aire, y que al mismo tiempo mitigan la contaminación de  $O_3$ . También es posible que una estrategia para la mitigación de  $O_3$  que no tome en cuenta estas relaciones pueda impedir esfuerzos para mitigar otros problemas ambientales

- La mayoría de los problemas de calidad del aire en América del Norte están relacionados con el uso de gasolina fósil. Reducción en las emisiones de estas fuentes sin duda mejoraría la calidad de aire incluyendo lo relacionado a  $O_3$ .
- Emisiones de precursores comunes y patrones fotoquímicos unen al  $O_3$  y a las  $PM_{2.5}$ , sin embargo por la complejidad en los mecanismos que unen a estos dos contaminantes, no parece haber una simple relación entre  $O_3$  y  $PM_{2.5}$  o una estrategia de control dada para un contaminante, que pueda ayudar o obstaculizar el control del otro. El presente conocimiento de este mecanismo es incompleto y por lo tanto la respuesta combinada de  $PM_{2.5}/O_3$  en cierta región al control específico de las mediciones de un contaminante es incierto. El desarrollo de un mayor conocimiento del sistema  $PM_{2.5}/O_3$  requiere de estudios orientados de campo.
- Cuando el  $O_3$  se presenta en la parte alta de la troposfera, es un gas invernadero muy efectivo. Estrategias que reducen la concentración de  $O_3$  en escalas urbanas y rurales sin incrementar la exportación de precursores de  $O_3$  a la troposfera pueden limitar el papel del  $O_3$  en el calentamiento global y a su vez mitigar la contaminación por  $O_3$ . Mientras que las reducciones del  $O_3$  troposférico pueden causar incrementos en la acumulación de metano ( $CH_4$ ), otro gas de efecto invernadero, se piensa que los beneficios en la reducción de  $O_3$  superan los problemas por el incremento de  $CH_4$ .

## Conclusiones

En un análisis final uno puede establecer conclusiones optimistas y pesimistas de esta evaluación. Por el lado optimista, uno puede notar que el control de la contaminación actualmente ha resultado en mejoras sustantivas, comparada con la calidad del aire que probablemente existiría en ausencia de ellas. El conocimiento científico del fenómeno de formación de ozono, la habilidad de incorporar estas características en los modernos modelos computacionales, la tecnología para medir de manera confiable los precursores de ozono y sus productos, y las técnicas para estimaciones cuantitativas de emisiones naturales y humanas, todas han avanzado durante los pasados diez años. Se esperaría que estos avances, propiamente ligados con prácticas de gestión de ozono lleven a avances significativos en el futuro de la calidad del aire en los tres países NARSTO.

Desde un punto de vista más pesimista, se reconoce que mucho del potencial para mejoras verdaderas en la calidad del aire ha sido superado por el crecimiento

de la población e incremento en las actividades humanas de los tres países. Combinado con las demandas impuestas para revisiones anticipadas de las normas y aumento en los niveles hemisféricos de fondo, el continuo crecimiento en las poblaciones y actividades económicas, se presentarán como cuestiones de desafío en los próximos años. Además de los avances notados anteriormente, un conocimiento científico adicional será necesario para desarrollar prácticas de gestión de Ozono que cumplan con la protección del ambiente a costos razonables.

La ciencia del O<sub>3</sub> se comprende mejor de lo que sé hacia hace diez años, aunque aun hace falta progreso en el conocimiento científico. Este conocimiento es importante para el desarrollo de estrategias seguras en la gestión de ozono y la mejorar en la calidad del aire. La relación entre la comunidad científica y los funcionarios públicos es un elemento clave en este tema. A largo plazo, nuestro progreso real para la próxima década dependerá en la habilidad de estas dos comunidades de interactuar de manera cercana y extensiva en un proceso mutuo y productivo.