



Edición 2012

# La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica

Producido por el Clean Air Institute





# La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica

**ELABORADO POR: Clean Air Institute**

*EUA, Washington D.C. Marzo de 2013 - Versión actualizada Mayo de 2013*

## AUTORES

### **Joanne Green**

*Especialista en Calidad del Aire y Cambio Climático, Clean Air Institute*

### **Sergio Sánchez**

*Director Ejecutivo, Clean Air Institute*

## RECONOCIMIENTOS

Queremos agradecer a Sofía Villáreal por su valiosa colaboración en la recolección de datos y apoyo a los autores en la preparación de los diagramas y tablas del reporte.

Damos también las gracias a todas las personas que, en cada ciudad, proveyeron información a solicitud nuestra, y a aquellas que analizaron sus datos de nuevo para entregarnos las estadísticas que requerimos. Un especial agradecimiento a los revisores: Freddy Koch (Swiss Contact), Leyla Zelaya Alegría (Proyecto MesoAmérica), Roberto Martínez (Ministerio del Medio Ambiente, Chile), Guadalupe Tzintzun Cervantes (Instituto Nacional De Ecología y Cambio Climático, México), Gerardo Sánchez (Organización Mundial de la Salud), Luis Cifuentes (Universidad Católica de Chile) e Hilda Martínez (CTS EMBARQ México), así como a muchas otras personas y organizaciones latinoamericanas y de otras partes, quienes contribuyeron con información, comentarios e ideas para mejorar el producto final.

El Clean Air Institute agradece al Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), al Banco Mundial y al Fondo Español para América Latina y el Caribe (SFLAC por sus siglas en inglés) por su generoso apoyo financiero en la realización de este trabajo y las actividades relacionadas con su diseño y desarrollo.

Este reporte es parte de una serie de documentos que están siendo elaborados dentro del Programa Transporte Sostenible y Calidad del Aire. El Clean Air Institute (CAI) agradece a los autores y colaboradores, así como a todas las instituciones y organizaciones que lo hicieron posible.

*Los hallazgos, interpretaciones y conclusiones expresados en esta publicación se basan en información reunida por el Clean Air Institute (CAI) y sus consultores, colaboradores y otros participantes de las fuentes indicadas. Todas las opiniones, omisiones y errores restantes son responsabilidad únicamente del CAI.*

## MAS INFORMACION

*Info@cleanairinstitute.org*

*The Clean Air Institute*

*1100 H Street N.W. Suite 800*

*Washington D.C. 20005, USA.*



El Clean Air Institute (CAI por sus siglas en inglés) es una organización sin ánimo de lucro con la visión de establecer conexiones entre conocimiento, capacidad y recursos, para hacer frente efectivamente a los retos en contaminación del aire y cambio climático. El CAI brinda soporte a naciones y ciudades para procurar ambientes saludables, agradables y productivos para sus residentes por medio de un aire más limpio, menores emisiones de gases de efecto invernadero y una mejor calidad de vida.

El CAI trabaja con organizaciones líderes en los sectores públicos, privados y sociales para construir consensos y diseñar, adoptar e implementar estrategias, políticas, programas y proyectos en los temas de calidad del aire y cambio climático, con el objetivo de mejorar el acceso a un transporte sostenible y limpio, y a alternativas en el desarrollo urbano y energético. El CAI tiene sus oficinas en Washington DC, y enfoca principalmente sus actividades en la región de América Latina. El CAI también juega un papel protagónico en iniciativas clave para catalizar decisiones, soluciones e inversiones a nivel global.

El CAI implementa su visión al proveer asistencia en el desarrollo de políticas, programas y proyectos, acoplada con acceso a conocimiento y experiencia de avanzada; al proveer desarrollo de capacidades y oportunidades de intercambio de conocimiento; al abrir puertas a oportunidades de financiamiento y otros recursos; al facilitar el diálogo sobre políticas y el intercambio de conocimiento; al promover alianzas y asociaciones entre entidades públicas, privadas y sociales; y al catalizar la toma de decisiones, la construcción de consensos, y procesos de inversión. El CAI articula y está en el proceso de expandir la Iniciativa de Aire Limpio para América Latina (CAI-LAC por sus siglas en inglés), una red regional única y apoyada por diferentes agentes que se ocupa de la calidad del aire y el cambio climático. CAI-LAC fue lanzada originalmente por el Banco Mundial y un grupo de las más grandes ciudades latinoamericanas en 1998, y fue transferida al CAI en 2006.

## Visión

*Dar soporte a ciudades y naciones para que provean ambientes saludables y productivos a sus residentes a través de un aire más limpio, menores emisiones de gases de efecto invernadero, transporte de alta calidad y bajo impacto, así como alternativas energéticas.*

## Misión

*Facilitar y hacer posibles los esfuerzos para hacer frente a los retos en cambio climático, contaminación del aire y sostenibilidad urbana.*



Más información

<http://cleanairinstitute.org/index.php>

<http://www.cleanairinstitute.org/ial/>

# Tabla de Contenidos

1	Introducción	<b>1</b>
	1.1 Información de los principales contaminantes del aire	<b>3</b>
2	Objetivos	<b>4</b>
3	Metodología	<b>5</b>
	3.1 Recolección de datos de calidad del aire	<b>5</b>
	3.2 Estándares Nacionales de Calidad del Aire	<b>10</b>
4	Estándares y valores límite	<b>11</b>
5	Concentraciones ambientales en Latinoamérica y el Caribe	<b>13</b>
	5.1 Partículas	<b>14</b>
	5.2 Ozono	<b>16</b>
	5.3 Dióxido de nitrógeno	<b>18</b>
	5.4 Dióxido de azufre	<b>19</b>
6	Discusión y recomendaciones	<b>20</b>
	6.1 Estándares de Calidad del Aire	<b>20</b>
	6.2 Datos de monitoreo de la calidad del aire	<b>21</b>
	6.3 Análisis de la información	<b>21</b>
	6.4 Recomendaciones basadas en este análisis	<b>22</b>
	6.5 Recomendaciones ampliadas para la región	<b>22</b>
	6.6 Conclusiones finales	<b>23</b>
7	Referencias	<b>24</b>
	<b>Anexo 1 – Resumen gráfico de Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS) en América Latina</b>	<b>25</b>

# 1. Introducción

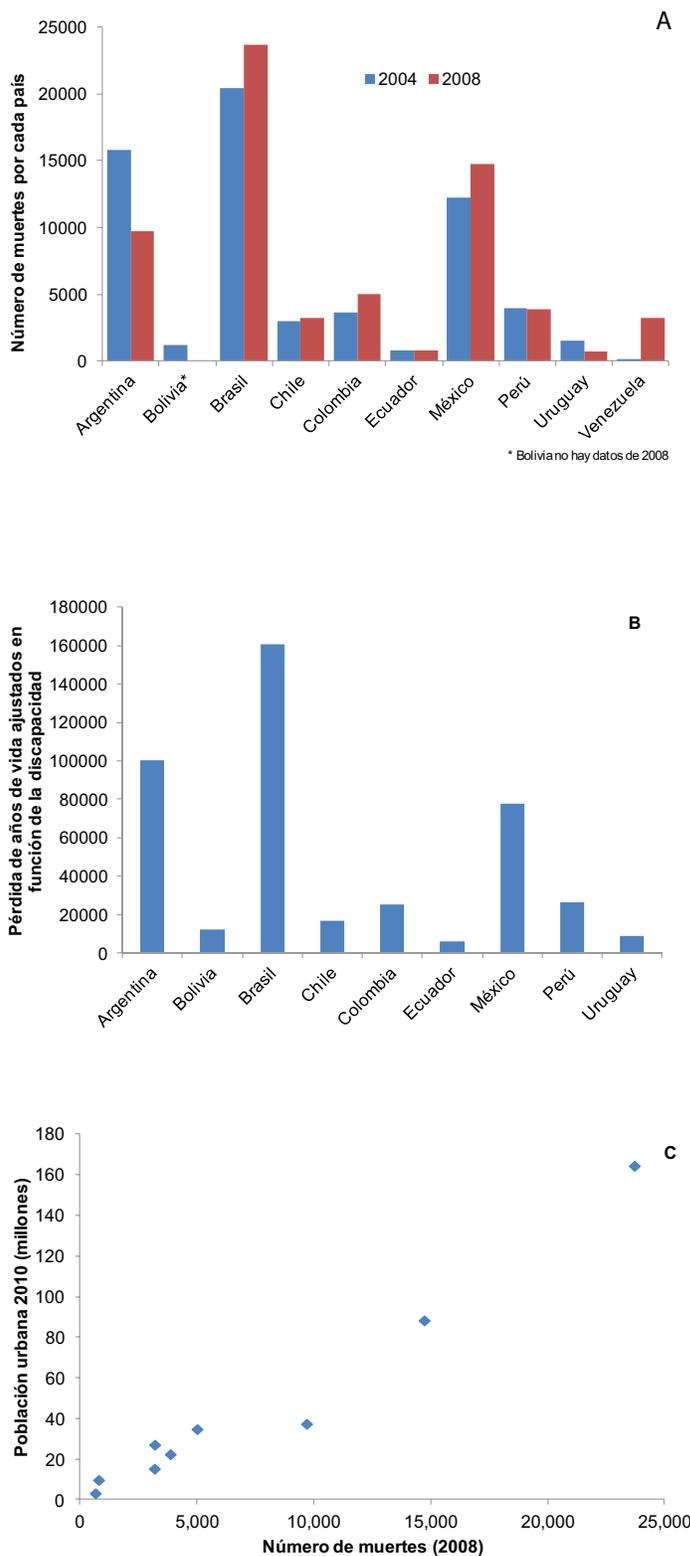
En América Latina y el Caribe (LAC por sus siglas en inglés), por lo menos 100 millones de personas están expuestas a niveles de contaminación del aire por encima de los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Cifuentes et al, 2005). Los grupos más vulnerables a los efectos dañinos de una mala calidad del aire incluyen a niños, adultos mayores, personas con previos problemas de salud y población de bajos estratos socio-económicos.

Tanto la OMS como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) han resaltado la contaminación del aire ambiental como una de las áreas focales estratégicas para combatir causas fundamentales de mortalidad y morbilidad a nivel mundial. La OMS afirma, en un comunicado de prensa de 2011, que “para 2008, la mortalidad estimada, atribuible a la contaminación del aire ambiental en ciudades, asciende a 1.34 millones de muertes prematuras.”<sup>1</sup> De igual modo, un reporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) (OCDE, 2012), que se adelanta al año 2050 para estimar el impacto en el medio ambiente si el mundo no adopta políticas verdes más ambiciosas, asevera:

*“Se prevé que la contaminación del aire se convertirá en la causa ambiental principal de mortalidad prematura, por encima de aguas insalubres y falta de saneamiento” con “una proyección de que se duplique en el mundo el número de muertes prematuras derivadas de la exposición a material particulado, pasando de más de 1 millón hoy en día, a aproximadamente 3.6 millones al año en 2050.” (OCDE, 2012)*

Dentro de su acervo de datos del Observatorio Mundial de la Salud, la OMS permite el acceso a bases de datos en temas prioritarios de salud, que incluyen mortalidad y morbilidad<sup>2</sup>. La Figura 1 presenta datos de este Observatorio. La Gráfica A muestra los nueve países latinoamericanos con mayor cantidad de muertes y, como se muestra en la Gráfica C, los países con las tasas de mortalidad más altas en 2008 son los mismos que exhiben las mayores poblaciones urbanas. El número de muertes en la mayoría de los países también ha visto un incremento del 2004 al 2008. La Gráfica B presenta el número de años de vida perdidos debido a la mortalidad prematura, derivada de la contaminación del aire en esos países. El total para las nueve naciones presentadas es sobre 434 millones de años de vida en discapacidad, perdidos por muerte prematura debido a la contaminación del aire en 2004.

**Figura 1.** Número de muertes atribuible a la contaminación del aire (A)<sup>1</sup>; Número de años perdidos como resultado de muerte prematura, derivada de la contaminación del aire (B)<sup>1</sup>; y Número de muertes en función de la población urbana (C)<sup>3</sup>.



<sup>1</sup>[http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air\\_pollution\\_20110926/en/](http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air_pollution_20110926/en/)

<sup>2</sup>Observatorio Mundial de la Salud, <http://apps.who.int/ghodata>

La mala calidad del aire tiene un impacto negativo en el desarrollo social y económico, afectando la competitividad económica de los países. La mala salud resultante de la contaminación del aire cuesta billones de dólares anualmente en costos médicos y pérdida de productividad. Al evaluar los impactos en la salud en países de ALC como Bolivia, Guatemala, Ecuador, Perú y El Salvador, el Banco Mundial estima que la parte de la economía afectada por tales emisiones, representa hasta el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) (Cifuentes et al, 2005). De acuerdo con este análisis, se podrían lograr ahorros entre \$2.2 o \$6.2 miles de millones por año en costo social de la enfermedad, con la implementación de escenarios de control de la contaminación.

La deficiente gestión para mejorar de la calidad del aire también retrasa el progreso hacia el alcance de los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas, que incluye como Objetivo 7.A “incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y reducir la pérdida de recursos del medio ambiente.”<sup>4</sup>. Este Objetivo integra la Resolución 66/288 adoptada el 11 de septiembre de 2012 por la Asamblea General de las Naciones Unidas titulada “El Futuro que Queremos” (UN, 2012)<sup>5</sup>. Esta resolución se compromete a promover políticas de desarrollo sostenible que den soporte a “un medio ambiente seguro y saludable para todos,” y que incluyan “una calidad del aire saludable” entre otras acciones.

Durante las últimas dos décadas, se han realizado esfuerzos importantes para detener la contaminación del aire en varias zonas urbanas de América Latina. Para nombrar algunos de los ejemplos más activos y exitosos, las acciones emprendidas en Ciudad de México, Bogotá, Sao Paulo y Santiago han sido extensivamente documentadas. Sin embargo, la contaminación del aire sigue siendo un problema en los ya establecidos pero crecientes centros urbanos de América Latina, y se está convirtiendo en un asunto preocupante en las ciudades emergentes de la región. La contaminación del aire en ambientes urbanos es primordialmente el resultado de la quema de combustibles fósiles, y las fuentes más importantes son el sector transporte, la generación de energía, los sectores industrial y manufacturero y el uso doméstico de combustible para calefacción/refrigeración y cocción. Algunas actividades que contribuyen al incremento de las emisiones incluyen el uso no controlado del suelo, el deficiente planeamiento del transporte, la utilización de combustibles de mala calidad, las actividades productivas con alta demanda energética, y la capacidad limitada de gestión de la calidad del aire. La exposición a contaminantes del aire es generalmente mayor en la vecindad de vías con mucho tráfico y congestión, igual que en áreas y regiones industriales alcanzadas por contaminantes secundarios formados viento abajo, como el ozono troposférico.

Como manifiesta la Asociación Estadounidense del Pulmón (American Lung Association) “la contaminación del aire por ozono y partículas es la más extendida- y entre las más peligrosas.”<sup>6</sup> Un documento publicado por el Consejo Nacional de Investi-

gación de Estados Unidos (NRC por sus siglas en inglés) en 2008, basado en evidencia epidemiológica concluyó que “es probable que la exposición de corta duración al ozono ambiental pueda contribuir a la mortalidad prematura” (NRC, 2008). Por su parte, la Asociación Estadounidense del Pulmón presenta hallazgos científicos acerca de que elevados niveles de ozono a nivel del suelo pueden causar “problemas más inmediatos, además de un riesgo creciente de muerte prematura, que incluyen: dificultad respiratoria, dolor en el pecho al inhalar; sibilancia y tos; ataques de asma; incrementada susceptibilidad a infecciones respiratorias; incrementada susceptibilidad a inflamación pulmonar; y mayor necesidad de tratamiento médico y visitas al hospital de personas con enfermedades pulmonares, como asma o Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC).”<sup>7</sup> Un reporte conjunto del PNUMA y la OMS afirma que “niveles elevados de partículas finas en el aire ambiente —típicamente emitidas por vehículos, industria y en la generación de energía— están asociados con incrementos en la mortalidad prematura diaria y de largo plazo, debido a enfermedades cardiopulmonares, infecciones respiratorias agudas y cánceres” (OMS, 2008). Estos dos contaminantes han surgido en los últimos años como contribuyentes sustanciales al cambio climático global, dentro de un conjunto de contaminantes de corta vida en la atmósfera (conocidos en inglés como Short-Lived Climate Pollutants, SLCP).

Como se mencionó, en la región de ALC se han logrado avances importantes para enfrentar estos desafíos. Por ejemplo, la implementación de planes de gestión de la calidad del aire en muchas ciudades en las dos últimas décadas, y diversas intervenciones sectoriales tales como políticas de transporte urbano sostenible, entre las que cabe nombrar el sistema de transporte público masivo en bus de Bogotá –TransMilenio-, el Metrobús de Ciudad de México y el sistema integrado de transporte público de Santiago –Transantiago-, entre otros.

No obstante, los incrementos presentes y proyectados en los niveles de contaminación y en las tasas de emisión de gases de efecto invernadero en ciudades de ALC, confirman que hay una necesidad crítica de medidas más integradas, orientadas hacia el futuro y exhaustivas, para el mejoramiento de la calidad del aire, la protección de la salud y el bienestar públicos, y minimizar los riesgos asociados con el cambio climático a niveles local, nacional, latinoamericano y mundial. Por esta razón, es esencial monitorear, revisar, analizar y comunicar la calidad del aire para mejorarla en América Latina, ampliando la percepción del riesgo, motivando acciones y midiendo los resultados.

---

<sup>3</sup>Datos de población de Prospectos de Urbanización de las Naciones Unidas (UN World Urbanization Prospects), Revisión 2011. <http://esa.un.org/unpd/wup/CD-ROM/Urban-Rural-Population.htm> <sup>4</sup><http://www.un.org/millenniumgoals/enviro.html> <sup>5</sup>Aprobada por líderes mundiales en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20, Plenaria 123ª, 27 de julio de 2012.

## 1.1 Información de los principales contaminantes del aire.

Este estudio tuvo en cuenta los siguientes contaminantes:

- Material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ )
- Ozono ( $O_3$ )
- Dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ )
- Dióxido de azufre ( $SO_2$ )

El **material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ )** es una mezcla de partículas sólidas y líquidas minúsculas, que se encuentran en el aire que respiramos. Del material particulado, las partículas “finas” o más pequeñas (aquellas con un diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrómetros o  $PM_{2.5}$ ) son especialmente dañinas, puesto que pueden penetrar profundamente en los pulmones, donde pueden causar inflamación y empeoramiento de condiciones cardíacas o pulmonares; lo que puede ocasionar una muerte prematura. Las partículas tienen distintos tamaños y formas, y pueden formarse a partir de cientos de diferentes químicos, algunos de los cuales poseen propiedades carcinogénicas. Algunas partículas, conocidas como partículas primarias, son emitidas directamente por una fuente, por ejemplo, los automóviles, autobuses y camiones de carga, industrias, ciertos comercios, obras de construcción, vías sin pavimentar, chimeneas, humo de cigarrillo o incendios. Otras, nombradas partículas secundarias, son formadas por medio de complicadas reacciones en la atmósfera, a partir de otros químicos emitidos por plantas de generación de energía, industrias y automóviles. Además de sus impactos en la salud, las partículas contienen una gran proporción de carbón negro (u hollín), el cual se ha constituido durante los últimos años en un contribuyente importante al cambio climático mundial. El hollín es el componente del material particulado que más luz absorbe e, igual que otros contaminantes que afectan la salud, es formado en la combustión incompleta de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Cuando se encuentra suspendido en el aire, el carbón negro absorbe la luz solar y genera calor en la atmósfera. Puesto que es un contaminante de corta vida, esto es, permanece en la atmósfera por sólo una a cuatro semanas, sus efectos en el clima son de carácter primordialmente regional. Puesto que las fuentes de emisión son similares, una reducción en la emisión de partículas, especialmente  $PM_{2.5}$ , tiene el beneficio adicional de reducir el hollín y así contribuye con la disminución de los impactos de los contaminantes de corta vida.

El **ozono ( $O_3$ )** es un gas que puede afectar adversamente el sistema respiratorio aun a niveles relativamente bajos. El ozono es el más complejo de los contaminantes criterio y, en consecuencia, el más difícil de reducir, puesto que no es directamente emitido por ninguna fuente. En cambio, es formado en la atmósfera por medio de reacciones fotoquímicas, en presencia de luz solar y a partir de la reacción entre contaminantes precursores como los óxidos de nitrógeno ( $NO_x$ ) y compuestos orgánicos volátiles

(COVs). Éste también se descompone por reacciones con  $NO_2$ . Las medidas para controlar los niveles de ozono troposférico se enfocan en las emisiones de sus precursores gaseosos, con las cuales también es posible controlar los niveles e impactos de una serie de otros contaminantes precursores. Igual que con el hollín, el ozono troposférico (a nivel del suelo) contribuye al cambio climático global. El ozono hace un aporte significativo al balance radiativo de la tropósfera superior y la estratósfera inferior, de modo que los cambios en la distribución de  $O_3$  en estas capas atmosféricas afectan el forzamiento radiativo del clima.

El **dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ )** es un gas que, en altas concentraciones, puede irritar las vías aéreas de los pulmones, empeorando los síntomas de aquellas personas que sufren enfermedades pulmonares. También contribuye a la formación de ozono troposférico y material particulado fino. Es formado como resultado de la quema de combustibles fósiles a temperaturas altas. Sus principales fuentes de emisión son los automóviles y otras fuentes móviles, y las calderas de las plantas de generación de energía. Otras fuentes pueden abarcar las calderas industriales, la manufactura de vidrio, las refinerías de petróleo y la manufactura de ácido nítrico. Algunas fuentes naturales o biogénicas de óxidos de nitrógeno incluyen relámpagos, incendios forestales, incendios de pastizales, árboles, arbustos, grasas y levaduras.

El **dióxido de azufre ( $SO_2$ )**, como el  $NO_2$ , es un gas que puede exacerbar los síntomas de aquellos individuos que sufren enfermedades respiratorias o cardíacas. Es primordialmente formado en la combustión de combustibles fósiles en las plantas generadoras de energía y en otras instalaciones industriales, así como en fuentes móviles en un menor grado; y por consiguiente es un problema en algunas áreas urbanas e industriales.



Con el objetivo de controlar las concentraciones de estos contaminantes para mantenerlos bajo niveles en los que haya un impacto mínimo en la salud, la Organización Mundial de la Salud prepara Guías de Calidad del Aire, diseñadas para ofrecer orientación en la reducción de los impactos de la contaminación del aire en la salud. Estas guías de calidad del aire se basan en la evaluación experta de la evidencia científica actual, relacionada con los impactos en la salud de contaminantes individuales. Fueron desarrolladas por primera vez en 1987 (OMS, 1987) y actualizadas en 1997 (OMS, 2000). Una actualización subsiguiente para material particulado, ozono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre fue llevada a cabo en 2005 (OMS, 2006).

Las Guías de Calidad del Aire (GCAs) de la OMS tienen como objetivo su uso a nivel mundial y han sido desarrolladas como guía para establecer estándares nacionales y/o locales de calidad del aire, apoyando acciones para alcanzar una calidad del aire que proteja la salud pública en diferentes contextos. Las guías son actualizadas periódicamente, siguiendo revisiones de los últimos hallazgos científicos en materia de impactos en la salud, generados por los contaminantes. Por otra parte, los estándares de calidad del aire son fijados por cada país para proteger la salud pública de sus ciudadanos y están frecuentemente incorporados en la legislación; y como tales, son un componente importante en la gestión nacional de riesgo y de las políticas ambientales. Los estándares primarios proporcionan protección de la salud pública, incluyendo la protección de poblaciones

“sensibles” como personas que sufren de asma, niños y adultos mayores. Los estándares secundarios proveen protección del bienestar público, y abarcan la protección contra una visibilidad disminuida y el daño a animales, cultivos, vegetación y edificios. Los estándares nacionales varían de país a país, puesto que se necesita balancear los riesgos en la salud, la viabilidad tecnológica, las consideraciones económicas y otros varios factores políticos y sociales. Los últimos dependerán también, entre otros, del nivel de desarrollo y la capacidad nacional para implementar la gestión de la calidad del aire. Estos estándares son generalmente objeto de revisión periódica, para tomar en consideración la información científica y recomendaciones más actualizadas de la OMS.



## 2. Objetivos

El Clean Air Institute (CAI), trabajando en conjunto con la Iniciativa de Aire Limpio para América Latina<sup>10</sup>, advierte la deficiencia de información consistente y disponible sobre concentraciones ambientales en algunas ciudades y naciones de la región. De igual manera, se encuentran estándares de calidad del aire ampliamente heterogéneos, que establecen límites a alcanzar de concentraciones de contaminantes, diseñados para proteger la salud humana y el ambiente de los efectos nocivos de la contaminación. Los procedimientos para establecer, actualizar, medir, procesar y reportar el cumplimiento de esos estándares, también difieren ampliamente.

Este reporte representa un primer intento de recoger, analizar y presentar datos del monitoreo de la calidad del aire realizado en la región de ALC, para suministrar una vista general del estado actual de la contaminación del aire en ciudades de América Latina, y tendencias recientes en las concentraciones. Este estudio también reúne la información más actualizada en estándares de calidad del aire a lo largo de la región.

### Sus objetivos son:

1. Presentar el **Estado y Tendencias de Calidad del Aire** – al brindar una imagen panorámica de los niveles de calidad del aire en 2011 y las tendencias en calidad del aire desde 1997.
2. Presentar y comparar el **Estado de los Estándares de Calidad del Aire** a través de la región.

Este objetivo es un desafío, dada la variabilidad en prácticas de monitoreo a lo largo de la región y a la dificultad para acceder a la información necesaria. No todas las ciudades monitorean la contaminación del aire con efectividad o no la monitorean del todo; y aquellas ciudades que lo hacen, utilizan diversos métodos de medición y ocasionalmente documentan si hay prácticas vigentes de aseguramiento o control de la calidad, lo que impide una comparación científica robusta. Sin embargo, los datos disponibles suministran la mejor indicación de la situación actual de concentración de contaminantes del aire en la región.

<sup>10</sup>[http://www.cleanairinstitute.org/ial/?id\\_sitio=1&p\\_idioma=ESP&idp=43](http://www.cleanairinstitute.org/ial/?id_sitio=1&p_idioma=ESP&idp=43)

### 3. Metodología

Para proveer una indicación representativa de las concentraciones de los contaminantes estudiados en la región, se recogieron estadísticas anuales promedio. Debido a la dificultad en la obtención de los datos de un gran número de lugares, se determinó que ésta era la medida más fácil de adquirir, y probablemente la más disponible en las ciudades. En el caso del ozono, se requiere un análisis más complejo para comparar sus concentraciones con las GCAs de la OMS, debido a la necesidad de calcular promedios de 8 horas (ver Sección 4). Como las naciones tienen diferentes métodos para analizar y presentar los datos, así como para compararlos con sus propios estándares de ozono, fue complicada la obtención de los datos para realizar la comparación con las GCAs de la OMS a lo largo de la región. El estudio presenta datos de ozono de tres ciudades de donde se proporcionaron datos horarios que permitieron llevar a cabo los cálculos.

#### 3.1 Recolección de datos de calidad del aire

Dado el gran número de ciudades en la región y una escasez de información inmediatamente disponible, se seleccionó una lista breve de ciudades y áreas metropolitanas para investigación, basada en la población del área urbana y la ubicación. Inicialmente se escogieron para el estudio ciudades con más de 1 millón de habitantes en el área urbana (60 ciudades); y de esta selección, se optó por una lista más corta de 42 ciudades basada en una dispersión de las ciudades más grandes de la región.

La información solicitada a las agencias de cada una de las ciudades fue:

- a) Descripción de la red de monitoreo, incluyendo número, ubicación y descripción de la estación, los contaminantes medidos, métodos y parámetros meteorológicos registrados.
- b) Promedios anuales de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  and  $\text{PM}_{2.5}$  de cada estación de monitoreo para 2011 y todos los años previos.
- c) Porcentaje de datos válidos medidos cada año, en cada estación de monitoreo.

Se utilizaron varias técnicas para reunir la información de las ciudades, incluyendo búsquedas en internet, correos electrónicos y contacto telefónico. Un proceso exhaustivo de recolección de datos resultó en la recepción de información proveniente de 21 ciudades, con la inserción de tres ciudades no incluidas inicialmente en la lista breve original (Cochabamba, Bolivia; León, México; y Curitiba, Brasil). La muestra de 21 centros urbanos no es necesariamente representativa de toda la región; no obstante, representa el 24.3% de la población total regional, e incluye seis de las diez ciudades más pobladas de América Latina.

La Tabla 1 muestra las ciudades de las cuales se obtuvo información; por favor note que no todos los contaminantes fueron medidos durante todos los años.



**Tabla 1.** Países y ciudades de los cuales se obtuvo información exitosamente.

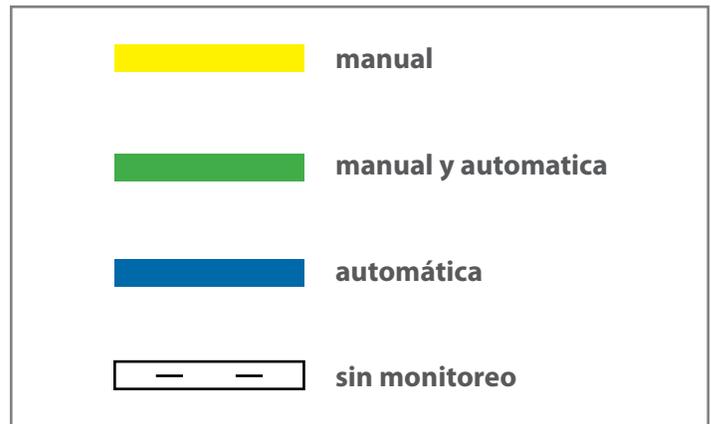
País	Ciudad	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>
Ecuador	Quito	X	X	X	X	X
Puerto Rico	San Juan	X	X	X		
Uruguay	Montevideo	X	X	X	X	
Brasil	Belo Horizonte		X			X
	Curitiba			X	X	
	São Paulo	X	X	X	X	X
México	Monterrey*	X	X	X	X	X
	Guadalajara*		X	X	X	X
	México DF*	X	X	X	X	X
	Puebla		X	X	X	X
	Juárez		X			X
	León		X	X	X	X
Colombia	Bogotá	X	X	X	X	X
	Medellín	X	X	X	X	
Bolivia	Cochabamba		X	X	X	X
	La Paz		X		X	X
	Santa Cruz		X		X	
Perú	Lima-Callao	X	X	X	X	
Chile	Santiago	X	X	X	X	X
El Salvador	San Salvador	X	X			
República Dominicana	Santo Domingo		X			
Panamá	Ciudad de Panamá		X			

\*Se incluyeron en este análisis las estaciones de monitoreo a través de toda el área metropolitana de estas ciudades.



El Clean Air Institute (CAI) procuró incluir toda la información obtenida de cada ciudad. Sin embargo, la técnica de monitoreo no fue siempre clara, y hubo pocos procedimientos de control de calidad disponibles. El CAI registró toda la información disponible con respecto a las redes de monitoreo. Cada ciudad utilizó diferentes instrumentos: algunos manuales, otros automáticos o ambos. Se usaron todos los datos obtenidos, excepto los de las estaciones de monitoreo que registraron menos del 75% de los datos anuales, para evitar una representación incorrecta de la información durante el año dado. Una excepción fue la información de Santiago, Chile y de la Ciudad de Panamá, quienes proveyeron datos oficiales de promedios anuales, pero de dónde no se obtuvo la información subyacente a los cálculos. Asimismo, es importante reconocer y agradecer los esfuerzos de las ciudades que registraron información, aun si ésta no alcanzó el umbral del 75%. Por este motivo, las Tablas 2 a 5 muestran el número de estaciones de monitoreo presentes en cada ciudad, para cada contaminante medido en cada año de monitoreo, e indican las que suministraron una captura de datos mayor al 75%. Por favor, note también que se sabía de la existencia de las bases de datos de un grupo pequeño de otras ciudades en la lista breve original, debido a los reportes de monitoreo de las ciudades identificadas, pero los valores en sí no fueron exitosamente obtenidos. Se encontró evidencia de monitoreo similar en algunas ciudades, pero no se determinó información.

Los colores en las Tablas 2 a 5 describen el método o métodos de monitoreo de las estaciones de cada ciudad como se describe a continuación. Una [N] indica que el número de estaciones de monitoreo que excede el 75% en captura de datos es desconocido.



Los métodos se clasificaron como automáticos cuando el monitoreo es continuo y no se requiere intervención para recibir los datos, esto es, la información se obtiene por sondeo remoto, usualmente en una base horaria, 365 días al año. Éstos incluyen monitores R&P TEOM para partículas; analizadores quimioluminiscentes de NO<sub>x</sub>; analizadores de fluorescencia pulsada y UV de SO<sub>2</sub>; analizadores de absorción de UV para O<sub>3</sub>, etcétera. Los métodos fueron clasificados como manuales cuando se requiere intervención para obtener los datos, como en el caso de pesaje de filtros o análisis químico. Éstos abarcan analizadores Partisol Plus 2025 o muestreadores de alto volumen para partículas.

El número fuera de los paréntesis representa el número total de estaciones activas durante un año específico, y el número dentro de los paréntesis representa el número de estaciones que fueron utilizadas para nuestro análisis; en otras palabras, las estaciones que tuvieron 75% o más de datos anuales registrados.



**Tabla 2.** Estaciones de monitoreo de PM<sub>2.5</sub>

Ciudad	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Quito	-	-	-	-	-	-	-	-	5 [4]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]
San Juan	-	-	3 [2]	3 [3]	3 [3]	3 [3]	3 [3]	3 [2]	3 [3]	3 [3]	3 [3]	2 [2]	2 [2]	1 [1]	3 [2]
Montevideo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [0]	1 [0]	1 [1]	1 [1]	1 [1]
Belo Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Curitiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Paulo	-	-	1 [0]	1 [0]	-	1 [0]	3 [2]	2 [2]	2 [1]	3 [3]	3 [3]	3 [3]	3 [3]	3 [3]	4 [4]
Monterrey*	-	-	-	-	-	-	5 [0]	5 [2]	5 [0]	5 [0]	5 [1]	5 [3]	7 [1]	7 [3]	7 [5]
Guadalajara*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
México DF*	-	-	-	-	-	-	8 [0]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	9 [9]	9 [9]	9 [6]	9 [8]	11 [8]
Puebla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juárez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bogotá	-	1 [1]	1 [1]	1 [N]	-	-	-	-	-	1 [0]	1 [1]	1 [0]	1 [0]	1 [1]	1 [1]
Medellín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [1]	3 [2]	4 [3]	7 [4]
Cochabamba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
La Paz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima-Callao	-	-	-	-	5 [5]	3 [3]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	-5 [5]	5 [4]	5 [5]	5 [5]	4 [4]	4 [4]
Santiago	-	-	-	4 [N]	4 [N]	4 [N]	11 [N]	11 [N]	11 [N]						
San Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [2]	2 [2]
R. Dominicana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd. de Panamá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Se incluyeron en este análisis las estaciones de monitoreo a través de toda el área metropolitana de estas ciudades.

**Tabla 3.** Estaciones de monitoreo de PM<sub>10</sub>

Ciudad	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Quito	-	-	-	-	-	-	-	-	4 [2]	3 [2]	4 [1]	4 [4]	4 [4]	7 [7]	7 [6]
San Juan	7 [6]	7 [5]	7 [3]	8 [5]	7 [7]	7 [6]	7 [7]	7 [7]	7 [5]	6 [5]	6 [6]	6 [3]	3 [1]	3 [3]	3 [2]
Montevideo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 [1]	3 [1]	3 [1]	4 [2]	6 [2]
Belo Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 [2]	3 [1]	-
Curitiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Paulo	-	7 [5]	8 [5]	8 [7]	6 [5]	6 [5]	8 [6]	8 [7]	8 [5]	8 [6]	9 [6]	9 [8]	9 [9]	9 [8]	9 [9]
Monterrey*	5 [5]	5 [4]	5 [3]	4 [4]	5 [2]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	7 [5]	7 [7]	7 [7]
Guadalajara*	8 [5]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [7]	8 [7]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [7]	9 [6]
México DF*	10 [7]	10 [10]	10 [10]	16 [9]	15 [13]	15 [12]	15 [12]	14 [13]	14 [13]	14 [11]	15 [13]	14 [12]	15 [11]	15 [13]	17 [11]
Puebla	-	-	-	4 [0]	4 [4]	4 [3]	4 [4]	4 [3]	4 [0]	4 [2]	4 [1]	3 [0]	2 [0]	-	-
Juárez	-	-	-	5 [2]	5 [2]	5 [2]	4 [1]	4 [1]	3 [1]	1 [1]	4 [2]	8 [2]	8 [2]	-	-
León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [1]	2 [2]	3 [2]	3 [3]	3 [3]	3 [3]
Bogotá	9 [0]	8 [8]	8 [8]	8 [N]	11 [N]	11 [11]	12 [10]	11 [6]	11 [5]	12 [11]	12 [11]	12 [7]	14 [11]	14 [11]	14 [11]
Medellín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3 [3]	10 [10]	7 [7]	5 [5]	6 [4]
Cochabamba	-	-	-	-	-	-	-	1 [0]	1 [0]	2 [0]	2 [0]	2 [0]	3 [1]	1 [1]	1 [1]
La Paz	-	-	-	-	-	-	-	3 [0]	4 [0]	4 [0]	4 [0]	4 [0]	5 [1]	5 [1]	5 [1]
Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	4 [0]	4 [0]	4 [0]	4 [0]	4 [0]	5 [1]	5 [1]	1 [1]
Lima-Callao	-	-	-	5 [5]	5 [5]	5 [3]	4 [4]	5 [5]	5 [5]	-5 [5]	4 [3]	5 [5]	5 [5]	4 [4]	4 [4]
Santiago	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	8 [N]	11 [N]	11 [N]	11 [N]
San Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [2]	2 [2]
R. Dominicana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [2]	2 [2]	-	-
Cd. de Panamá	5 [N]	4 [N]	4 [N]	4 [N]	4 [N]	4 [N]	4 [N]	2 [N]	3 [N]	4 [N]	5 [N]				

\* Se incluyeron en este análisis las estaciones de monitoreo a través de toda el área metropolitana de estas ciudades.

**Tabla 4.** Estaciones de monitoreo de Ozono

Ciudad	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Quito									7 [6]	7 [7]	8 [7]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [8]
San Juan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Montevideo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Belo Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [1]	1 [1]	-
Curitiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
São Paulo	-	3 [3]	5 [3]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [4]	6 [3]	5 [4]	6 [4]	9 [7]	9 [7]	9 [8]	9 [8]	9 [9]
Monterrey*	5 [4]	5 [2]	5 [2]	5 [4]	5 [4]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	7 [7]	7 [7]	7 [7]
Guadalajara*	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [7]	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [7]	8 [7]	8 [8]	8 [7]	8 [7]	8 [7]	8 [7]	9 [8]
México DF*	19[15]	19[19]	19[19]	20[19]	20[20]	20[20]	20 [19]	2[19]	21[18]	20[18]	22[19]	22[22]	22[16]	22[22]	29[14]
Puebla	-	-	-	4 [0]	4 [4]	4 [4]	4 [4]	4 [4]	4 [3]	4 [3]	4 [2]	3 [1]	3 [1]	-	-
Juárez	3 [2]	3 [1]	3 [0]	3 [1]	3 [2]	3 [1]	3 [2]	3 [2]	3 [2]	3 [1]	3 [2]	3 [2]	3 [1]	3 [2]	3 [2]
León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [1]	2 [2]	3 [2]	3 [3]	3 [3]	3 [2]
Bogotá	5[0]	5[5]	5[5]	7[N]	8[N]	6[0]	6[0]	4 [2]	6 [1]	6 [4]	4 [4]	12[8]	12 [11]	12 [6]	12 [10]
Medellín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [0]
Cochabamba	-	-	-	-	1 [0]	1 [0]	1 [0]	1 [1]	1 [1]	1 [1]	1 [0]	2 [1]	2 [2]	2 [2]	2 [2]
La Paz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [0]	1 [1]	1 [1]	1 [1]	1 [1]
Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima-Callao	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santiago	7[0]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	7[7]	11[11]	11[11]	11[11]
San Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. Dominicana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd. de Panamá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Se incluyeron en este análisis las estaciones de monitoreo a través de toda el área metropolitana de estas ciudades.

**Tabla 5.** Estaciones de monitoreo de Dióxido de Azufre

City	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Quito									5 [4]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	6 [6]	6 [6]	6 [6]
San Juan	3 [3]	3 [2]	3 [1]	4 [3]	4 [4]	4 [4]	4 [4]	6 [3]	6 [5]	4 [4]	4 [4]	4 [4]	4 [3]	4 [2]	3 [2]
Montevideo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [1]
Belo Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [0]	1 [0]	-
Curitiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 [3]	4 [4]	-
São Paulo	-	2 [0]	2 [2]	2 [2]	2 [2]	2 [2]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [8]	8 [8]	8 [8]	8 [8]
Monterrey*	5 [4]	5 [2]	5 [3]	5 [4]	4 [0]	4 [4]	5 [1]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	5 [5]	7 [7]	7 [7]	7 [7]
Guadalajara*	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [8]	8 [7]	8 [7]	7 [7]	7 [6]	8 [5]	8 [5]	8 [6]	8 [8]	8 [6]	8 [6]	9 [7]
México DF*	26[22]	26[21]	26[26]	26[25]	25[24]	25[23]	25 [22]	24[19]	25[21]	24[19]	26[19]	26[15]	26[18]	26[21]	31[16]
Puebla	-	-	-	4 [0]	4 [4]	4 [4]	4 [4]	4 [4]	4 [2]	4 [2]	4 [3]	3 [1]	3 [1]	-	-
Juárez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [1]	2 [2]	3 [2]	3 [3]	3 [3]	3 [2]
Bogotá	10[0]	10[10]	10[10]	10[N]	10[N]	10[N]	8[2]	9[4]	9[5]	11[6]	10[10]	10[10]	10[4]	11[5]	11[6]
Medellín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 [4]	4 [3]	4 [4]	3 [0]	1 [1]
Cochabamba	-	-	-	-	1 [0]	1 [0]	1 [0]	1 [0]	1 [1]	1 [1]	-	1 [1]	1 [1]	1 [1]	1 [1]
La Paz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lima-Callao	-	-	-	5 [5]	5 [5]	3 [3]	5 [5]	4 [4]	5 [5]	5 [5]	5 [4]	5 [5]	5 [5]	4 [4]	4 [4]
Santiago	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]	7 [N]						
San Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. Dominicana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd. de Panamá	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Se incluyeron en este análisis las estaciones de monitoreo a través de toda el área metropolitana de estas ciudades.

**Tabla 6.** Estaciones de monitoreo de Dióxido de Nitrógeno

Ciudad	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Quito	-	-	-	-	-	-	-	-	6 [4]	6 [6]	6 [6]	6 [6]	6 [6]	6 [6]	6 [6]
San Juan	1 [0]	2 [0]	1 [0]	2 [1]	2 [2]	2 [1]	1 [0]	2 [1]	2 [1]	1 [0]	1 [0]	-	-	-	-
Montevideo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [2]
Belo Horizonte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 [0]	1 [0]	-
Curitiba	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [2]	2 [2]	-
São Paulo	-	4 [3]	5 [1]	4 [2]	5 [4]	5 [4]	5 [3]	5 [2]	4 [1]	5 [2]	6 [5]	6 [5]	6 [6]	7 [7]	7 [7]
Monterrey*	5 [5]	5 [2]	5 [3]	5 [5]	5 [1]	5 [2]	5 [0]	5 [4]	5 [4]	5 [4]	5 [5]	5 [5]	7 [7]	7 [7]	7 [7]
Guadalajara*	8 [2]	8 [7]	8 [8]	8 [8]	8 [7]	8 [5]	8 [7]	8 [7]	8 [6]	8 [5]	8 [3]	8 [5]	8 [4]	8 [4]	9 [7]
México DF*	18[15]	318[18]	18[18]	19[18]	19[19]	19[18]	19 [19]	19[19]	19[18]	18[16]	18[17]	18[16]	18[15]	17[16]	29[12]
Puebla	-	-	-	4 [0]	4 [4]	4 [3]	4 [3]	4 [2]	4 [0]	4 [1]	4 [1]	3 [0]	3 [0]	-	-
Juárez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
León	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2 [0]	2 [1]	3 [1]	3 [1]	3 [2]	3 [3]
Bogotá	10[0]	10[8]	10[10]	10[N]	10[N]	12[N]	11[3]	6[1]	8[1]	6[3]	6[2]	8[7]	9 [4]	9 [4]	10[2]
Medellín	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4 [4]	3 [3]	4 [4]	3 [3]	4 [4]
Cochabamba	-	-	-	-	2 [0]	2 [0]	2 [0]	8 [0]	9 [2]	8 [1]	6 [0]	8 [0]	8 [2]	2 [2]	2 [2]
La Paz	-	-	-	-	-	-	-	7 [0]	7 [0]	8 [0]	10[1]	10[1]	10[1]	10[1]	1 [1]
Santa Cruz	-	-	-	-	-	-	-	11[0]	11[0]	12[0]	11[0]	12[1]	12[1]	12[1]	1 [1]
Lima-Callao	-	-	-	5[5]	5 [5]	3 [3]	5 [5]	4 [4]	5 [5]	5 [5]	5 [4]	5 [5]	5 [5]	4 [4]	4 [4]
Santiago	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	3[N]	11[N]	11[N]	11[N]
San Salvador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R. Dominicana	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*Se incluyeron en este análisis las estaciones de monitoreo a través de toda el área metropolitana de estas ciudades.

### 3.2 Estándares Nacionales de Calidad del Aire

Como se dijo en la Sección 1.1, cada país debe tener su propio conjunto de estándares a los que aspire alcanzar, o que haya alcanzado y esté trabajando para mantener. En primera instancia, esta investigación busca establecer cuáles países en la región tienen estándares en calidad del aire y segundo, cómo éstos se comparan con las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud. La información sobre estándares de calidad del aire en países latinoamericanos fue obtenida de fuentes primarias como los sitios web oficiales gubernamentales y sus reportes de calidad del aire (República de Colombia (2006), Gobierno de Chile (2003, 2011), República de Perú (2001, 2008), República de Panamá (2006), República de Nicaragua (2002), USEPA (2010), PRONAR (1990), INE (2011), República de Guatemala), y a través de fuentes secundarias que incluyen el reporte *Vulnerability to Air Pollution in Latin America and the Caribbean Region (della Maggiore et al, 2006)* y *la Normativa y regulaciones sobre calidad del aire ambiental en Centro América (CCAD, 2007)*.

## 4. Estándares y Valores Límite

Como se mencionó en la Sección 1.1, las Guías de Calidad del Aire de la OMS (GCA) son diseñadas para dar soporte y guía a los países en el desarrollo de sus propios estándares nacionales de calidad del aire. Además de los valores guía, se proporcionan objetivos intermedios para cada contaminante. Éstos se proponen como pasos en una reducción progresiva de la contaminación del aire, y se concibieron para ser utilizados en áreas de alta contaminación. Estos objetivos fueron planteados para promover un desplazamiento de altas concentraciones de contaminantes, que tienen agudas y graves consecuencias, a menores concentraciones de los mismos. No obstante, la OMS afirma que el fin último de la gestión de la calidad del aire y la reducción de los riesgos para la salud, en todas las áreas, debe ser el avance hacia el logro de los valores guía. Dado que no se conoce un umbral seguro para partículas respirables, las guías son una aproximación pragmática para facilitar el progreso.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés) (USEPA, varias fechas) y la Unión Europea (UE) (EC, 2008) han establecido sus propios estándares, que tienen en cuenta las GCAs de la OMS así como asuntos y circunstancias locales. Éstos han sido considerados estándares de referencia adicionales, con los cuales se pueden confrontar los estándares de calidad del aire regionales. La Tabla 6 presenta las GCAs de la OMS y los estándares de la USEPA y la UE. Una comparación gráfica de las guías nacionales y de referencia se muestra en el Anexo 1.

La Tabla 7 presenta los estándares nacionales de calidad del aire ambiental vigentes en países latinoamericanos. La información para cada contaminante también se presenta gráficamente en el Anexo 1. Cerca de dos tercios de los países latinoamericanos tienen Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental (NAAQS por sus siglas en inglés). Honduras, Belice, Haití, Cuba, Paraguay, Guatemala y Uruguay no tienen estándares en orden hasta donde nuestra investigación pudo indagar, o no se pudo acceder a la información. Sin embargo, Uruguay ha enviado una propuesta pendiente de aprobación. En los países que sí tienen estándares, hay algunas variaciones en la región, así como en comparación con las guías de la OMS. También existen algunos estándares locales como en Argentina, donde se fijan estándares a nivel provincial, y en La Paz, Bolivia. Es posible que existan otros estándares locales en la región, aunque éstos no hayan sido específicamente explorados durante este estudio. No obstante, los estándares en La Paz fueron incluidos dado que son particularmente progresivos y están alineados con las guías de la OMS, lo que contrasta con los estándares nacionales que han quedado de algún modo rezagados con respecto a las GCAs de la OMS.



**Tabla 7.** Guías y Estándares de Calidad del Aire

Contaminante	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		Ozone <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )			SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			CO (µg/m <sup>3</sup> )	
	24-hr	Anual	24-hr	Anual	1-hr	8-hr	Anual	10 min	3-hr	24-hr	1-hr	1-hr	24-hr	Anual	1-hr	8-hr
Estados Unidos (EE.UU)	35 <sup>a</sup>	12 <sup>b</sup>	150	-	-	147 <sup>c</sup>	-	-	1310	-	197	188 <sup>a</sup>	-	100	40	10
Unión Europea (EU)	-	25 <sup>b</sup>	50 <sup>d</sup>	40	-	120	-	-	-	125 <sup>e</sup>	350 <sup>f</sup>	200 <sup>g</sup>	-	40	-	10 <sup>h</sup>
Organización Mundial de la Salud (OMS)	25	10	50	20	-	100	-	500	-	20	-	200	-	40	-	-
Objetivo Intermedio 1	75	35	150	70	-	160	-	-	-	125	-	-	-	-	-	-
Objetivo Intermedio 2	50	25	100	50	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-
Objetivo Intermedio 3	38	15	75	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>a</sup> Percentil 98 del promedio de 3 años; <sup>b</sup> promedio de 3 años; <sup>c</sup> promedio de 3 años, del cuarto valor anual más alto del promedio máximo diario de 8 horas; <sup>d</sup> 35 excedencias permitidas; <sup>e</sup> 3 excedencias permitidas; <sup>f</sup> 24 excedencias permitidas; <sup>g</sup> 18 excedencias permitidas; <sup>h</sup> 25 días de excedencias permitidos en 3 años.

**Tabla 8.** Resumen de Normas Nacionales de Calidad del Aire Ambiental en América Latina

Contaminante	PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		Ozone <sup>2</sup> (µg/m <sup>3</sup> )			SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )			CO (µg/m <sup>3</sup> )	
	24-hr	Anual	24-hr	Anual	1-hr	8-hr	Anual	1-hr	3-hr	24-hr	Anual	1-hr	24-hr	Anual	1-hr	8-hr
Argentina <sup>1</sup>	-	-	-	-	196	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	12
Buenos Aires <sup>2</sup>	65	15	150	50	235	157	-	-	1300	365	80	-	-	100	40	10
Bolivia	-	-	150	50	236	-	-	-	-	365	80	400	150	-	40	10
La Paz <sup>3</sup>	25	10	50	20	-	100	60	-	-	20	-	200	-	100	0.03	0.01
Brasil	-	-	150	50	160	-	-	-	-	365	80	320	-	100	40	10
Colombia	50	25	100	50	120	80	-	-	750	250	80	200	150	100	40	10
Chile <sup>4</sup>	50	20	150	50	-	120	-	-	-	250	80	400	-	100	30	10
Costa Rica	-	-	150	50	160	-	-	-	1500	365	80	400	-	100	40	10
Ecuador	65	15	150	50	160	120	-	-	-	350	80	-	150	100	40	10
El Salvador	65	15	150	50	235	120	60	-	-	365	80	-	150	100	40	10
Jamaica	-	-	150	50	235	-	-	700	-	365	80	100	-	-	40	10
México	65	15	120	50	216	157	-	524	-	288	66	395	-	100	-	13
Nicaragua	-	-	150	50	235	160	-	-	-	365	80	400	-	100	40	10
Panamá <sup>5</sup>	-	-	150	50	235	157	-	-	-	365	80	-	150	100	30	10
Perú	50 <sup>6</sup>	-	150	50	-	120	-	-	-	80 <sup>6</sup>	-	200	-	100	30	10
Puerto Rico	35	15	150	-	235	147	-	-	-	367	79	188	-	100	40	10
Rep. Dominicana	65	15	150	50	250	160	-	450	-	150	100	400	300	100	40	10
Venezuela	-	-	150	50	200	160	-	-	1300	365	80	367	300	100	35	10
Honduras	Sin estándares															
Belize	Sin estándares															
Haití	No hay información disponible															
Cuba	No hay información disponible															
Paraguay	Sin estándares															
Guatemala	Sin estándares															
Uruguay	Sin estándares															

<sup>1</sup> Las provincias en Argentina establecen su regulación, incluyendo sus propios estándares. En consecuencia, Buenos Aires está incluida en la tabla para demostrar el estado más avanzado de los estándares a nivel provincial. <sup>2</sup> Se adoptan varios períodos de promediación y/o número de excedencias permitidas. <sup>3</sup> La Paz también tiene un límite de 10 minutos para SO<sub>2</sub> de 500 µg/m<sup>3</sup>. <sup>4</sup> Para Chile, todos los promedios anuales de contaminantes son el promedio de tres años previos consecutivos; el estándar diario para partículas es el percentil 98 anual y el estándar horario para gases es el percentil 99 anual. <sup>5</sup> Proyecto de ley únicamente – disponibles en sitio web (República de Panamá (2006)). <sup>6</sup> Los estándares diarios vigentes para PM<sub>2.5</sub> y SO<sub>2</sub> en Perú disminuirán a 25 µg/m<sup>3</sup> y 20 µg/m<sup>3</sup> respectivamente, en 2014.

### Las principales observaciones de la Tabla 7 son las siguientes:

- **PM<sub>2.5</sub>**: Aproximadamente la mitad de los países no tiene estándares para PM<sub>2.5</sub>, a pesar de ser éste un contaminante importante. Los países que tienen estándares siguen, en su mayoría, límites equivalentes al Objetivo Intermedio 3 de la OMS para el promedio anual, y no la correspondiente guía de la OMS. No obstante, este es el menor Objetivo Intermedio, y alcanzarlo significaría un avance importante hacia el completo logro de las GCAs. Éste es un contaminante clave que otros países deberían incluir en sus estándares nacionales.
- **PM<sub>10</sub>**: Todos los países que cuentan con estándares, tienen un estándar para este contaminante. Sin embargo, todos estos países tienen estándares equivalentes al Objetivo Intermedio 1 (OI-1) de la OMS para el límite de 24 horas y el OI-2 para el límite anual (exceptuando a Colombia, que sigue usando el OI-1). La evidencia científica sugiere que tanto para el PM<sub>10</sub> como para el PM<sub>2.5</sub> no existe un umbral seguro por debajo del cual no ocurran daños en la salud (OMS, 1987; OMS, 2006). En consecuencia, se requieren más esfuerzos para alcanzar la GCA de la OMS y así minimizar la magnitud de sus efectos debidos a la exposición.
- **O<sub>3</sub>**: Once de los dieciséis países con estándares incluyen uno de 8 horas para ozono, acorde con las GCAs de la OMS. Muchos de éstos están entre el Objetivo Intermedio y el límite óptimo de la GCA de la OMS de 8 horas. Colombia tiene un estándar aún más estricto que el de la OMS. Todos los países han fijado un límite horario, a pesar de la carencia de una guía equivalente de la OMS, o un estándar horario propuesto en Estados Unidos o Europa. Esto se puede deber a la previa existencia de un estándar horario de la USEPA, revocado en 2005. Sería ideal que todos los países adoptaran un estándar de 8 horas en lugar de (o en adición a) un estándar horario para permitir una comparación con los estándares internacionales de la OMS, y para proveer un estándar más conforme con el conocimiento presente acerca de los efectos en la salud y los tiempos de exposición.
- **NO<sub>2</sub>**: Los estándares anuales para NO<sub>2</sub> en todos los países son mayores que la guía de la OMS, siguiendo la NAAQ de la USEPA. Los efectos del NO<sub>2</sub> son más significativos con menores tiempos de exposición, así que los estándares de corto plazo son de particular importancia. Jamaica, Puerto Rico, Perú y Colombia tienen estándares iguales o similares a los de la OMS, pero los otros países, o tienen estándares mucho mayores, o no los tienen.
- **SO<sub>2</sub>**: Los estándares diarios latinoamericanos para SO<sub>2</sub>, en casi todas las naciones, son significativamente mayores que las guías de la OMS. Esto causa preocupación debido a que los efectos directos en la salud del SO<sub>2</sub> se observan con concentraciones considerablemente menores (tan bajas como 5 µg/m<sup>3</sup>) (OMS, 2006). Ningún país tiene estándares para la guía de 10 minutos de la OMS, pero esto se puede asociar con los equipos requeridos para obtener estas mediciones. No obstante, los países latinoamericanos han fijado estándares anuales que no han sido sugeridos por la OMS, pero que están orientados a reducir las emisiones de SO<sub>2</sub>.
- **CO**: La mayoría de países latinoamericanos tiene estándares para 1 y 8 horas, en línea con los estándares de la USEPA.

## 5. Concentraciones ambientales en Latinoamérica y el Caribe

El objetivo general de este reporte es resaltar el problema de calidad del aire en la región de América Latina y el Caribe; no enfatizar aquellas ciudades donde los niveles de contaminación son altos. El hecho de que las pocas ciudades presentadas en este reporte monitoreen la contaminación del aire y hayan dispuesto sus datos es un punto extremadamente positivo, no importa cuáles hayan sido las concentraciones reportadas.

### Las siguientes secciones por contaminante presentan tres gráficas distintas:

1. Concentraciones promedio anuales para cada ciudad en 2011, donde se ha asignado una letra a cada ciudad para proveer anonimidad.
2. Un histograma que muestra el número de ciudades representadas en determinados rangos de concentración.

3. Éste provee una representación visual al de la dispersión de las concentraciones a través de todas las ciudades, y puede dar una idea de similitud en los rangos a través de la región. Las concentraciones promedio anuales de los promedios anuales de todas las ciudades por año desde 1997 hasta 2011 (hasta donde permiten los datos), para demostrar las tendencias año a año en todas las 21 ciudades.

Estos análisis tienen algunas inexactitudes intrínsecas, debido al cálculo de promedios y a la comparación de los datos provenientes de diferentes técnicas y lugares de monitoreo y, para el tercer análisis, la diversa cantidad de estaciones de monitoreo en cada ciudad, año a año. No obstante, los datos proveen una valiosa indicación de la situación actual.

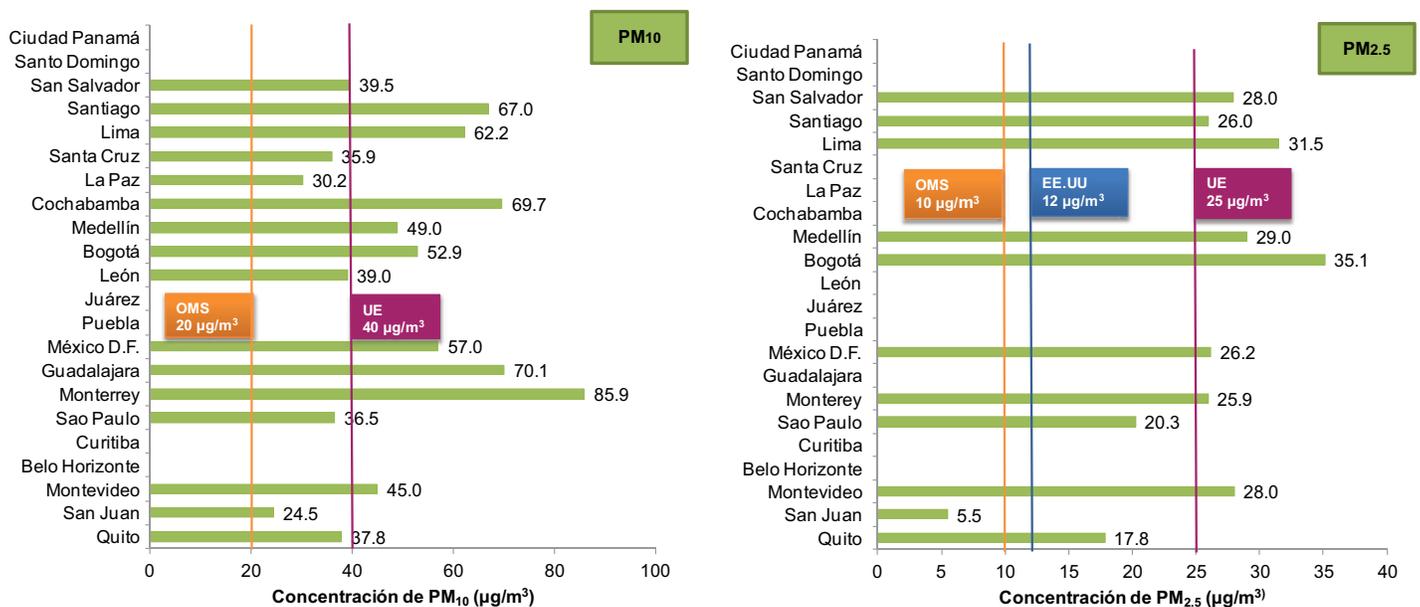
## 5.1 Partículas

La Figura 2 presenta los promedios anuales para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , mientras que la Figura 3 muestra la dispersión de las concentraciones halladas en la región. De las 16 ciudades que midieron concentraciones de  $PM_{10}$  en 2011, todas excedieron la GCA anual de la OMS de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y 9 de ellas excedieron el estándar anual de la UE de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Todas, excepto una ciudad, excedieron el Objetivo Intermedio 3 (OI-3) ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); 7 excedieron el OI-2 de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; y Monterrey y Guadalajara también excedieron el OI-1 ( $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con una concentración máxima de  $85.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , más de cuatro veces mayor que el valor guía de la OMS. La Figura 2 demuestra que la mayoría está dentro del rango 30 a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Estos valores están por encima de la guía de la OMS, pero indican que las ciudades están avanzando hacia este objetivo.

De las 11 ciudades que registraron concentraciones de  $PM_{2.5}$  en 2011, 10 excedieron la GCA anual de la OMS ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y el estándar de la USEPA ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y 8 de ellas sobrepasaron el estándar anual de la UE ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Todas las excedencias estuvieron también por encima del Objetivo Intermedio 3 ( $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); ocho de las cuales sobrepasaron el OI-2 y una excedió el OI-1 ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el menos estricto de todos. Si el patrón en la Figura 2 es común en la región, con la mayoría (6) de las ciudades en el rango 25 a  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , insinúa una probabilidad de que la mayoría de las ciudades estén sobrepasando el OI-2 de la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), pero que estén excediendo menos el OI-1 ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

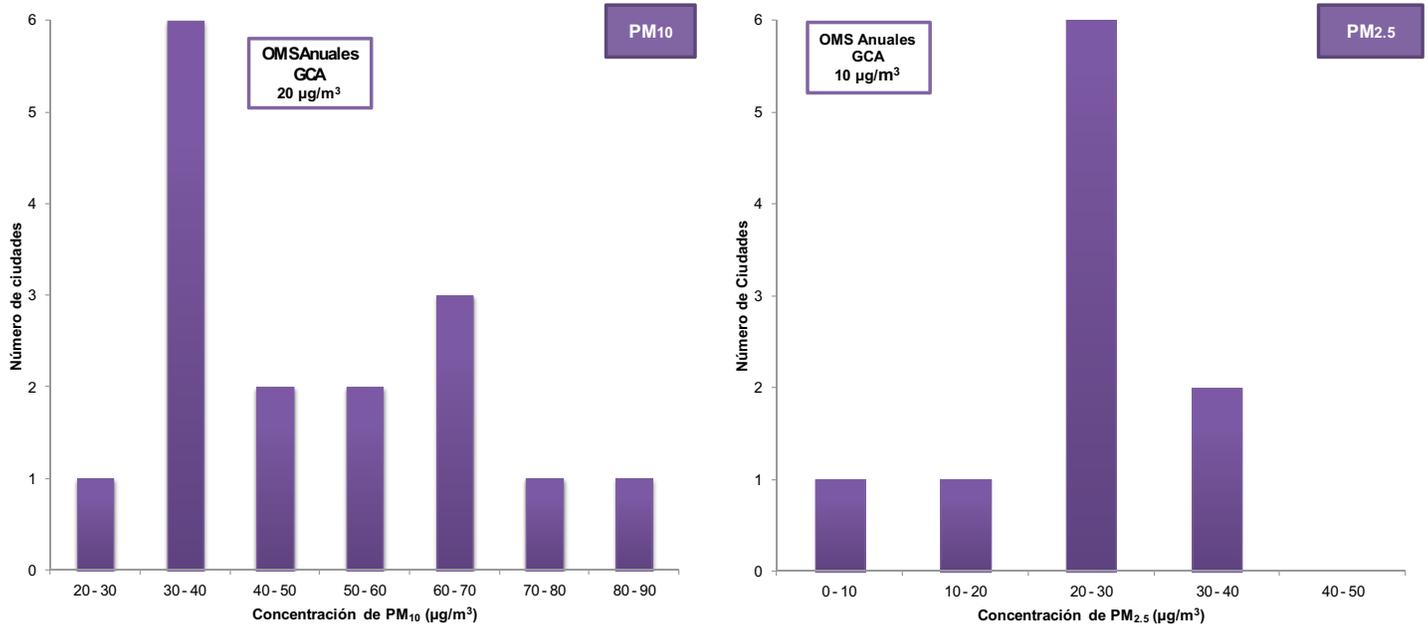


Figura 2. Concentraciones promedio anuales para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  – 2011.



Nota Bene: No hay un estándar anual de la USEPA para  $PM_{10}$ .

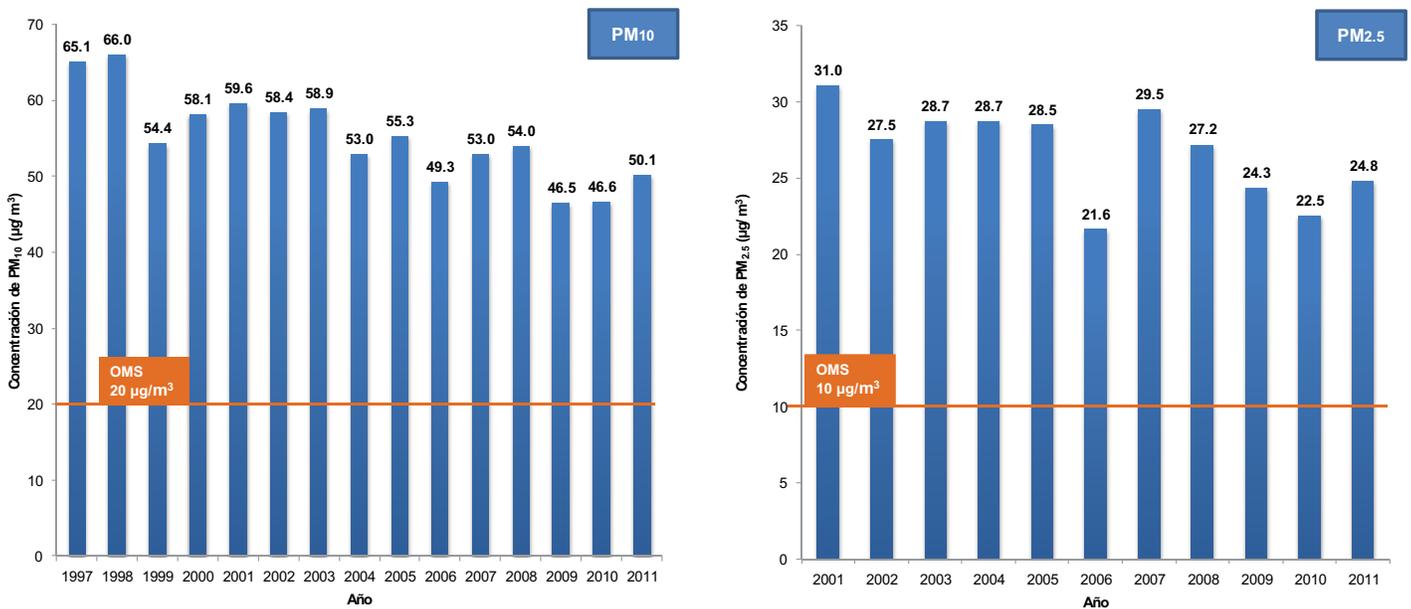
**Figura 3.** Resumen que presenta la distribución de las ciudades en relación con las concentraciones promedio anuales de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$



La Figura 4 presenta las tendencias anuales. Las concentraciones de  $PM_{2.5}$  no disminuyeron consistentemente en el período 2001 a 2011. Hubo un decremento en las concentraciones entre 2007 y 2010, pero en 2011 este patrón se revirtió. La baja concentración registrada en 2006 puede ser un factor digno de análisis, dado que la información de este año es el promedio de sólo cinco estaciones. Las concentraciones de  $PM_{10}$  en la región de ALC han visto una tendencia lentamente decre-

ciente de  $66.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 1998 a  $50.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2011. Sin embargo, igual que en el caso del  $PM_{2.5}$ , se observa un incremento en la concentración en 2011 comparado con el año anterior. Estas tendencias pueden reflejar los esfuerzos de los programas ambientales para reducir las emisiones y cumplir los estándares de calidad del aire establecidos. Estos esfuerzos necesitan continuar y extenderse, para asegurar que las concentraciones en la región sean inferiores a las recomendadas por la OMS.

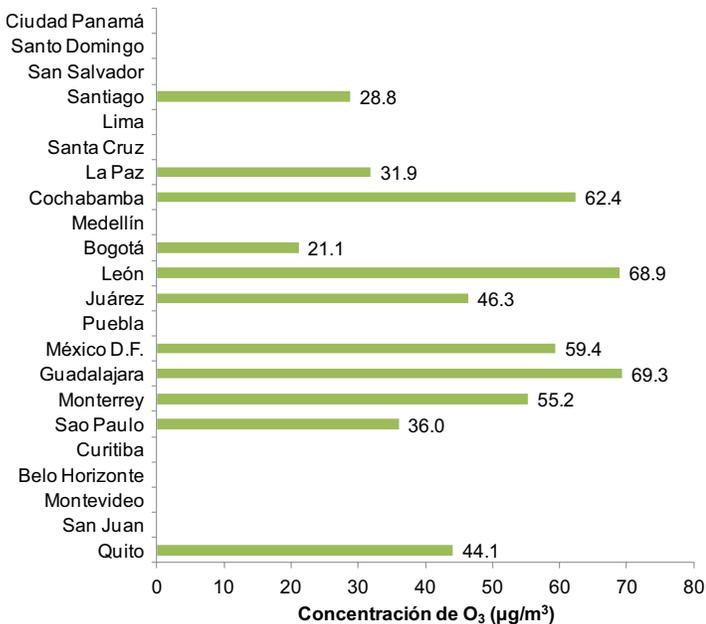
**Figura 4.** Concentraciones promedio anuales de  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  en la región.



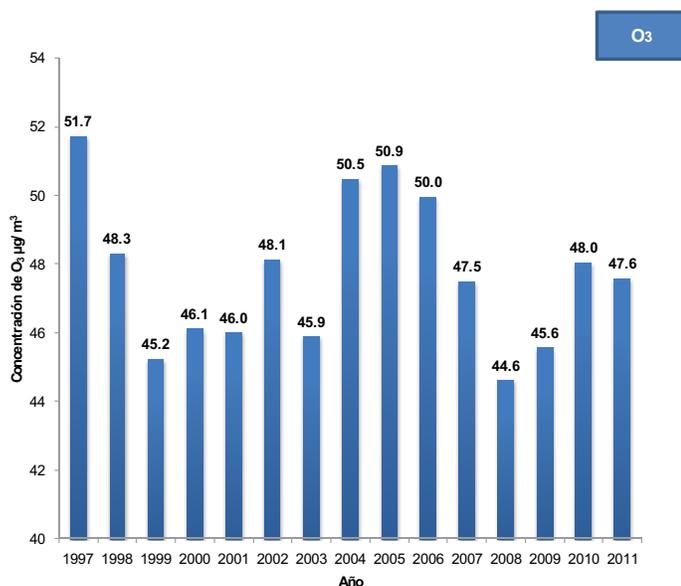
## 5.2 Ozono

La Figura 5 presenta los promedios anuales para ozono, la Figura 6 muestra la dispersión de las concentraciones encontradas a lo largo de la región y la Figura 12 expone las tendencias anuales. El ozono no posee estándares o guías anuales, puesto que sus efectos se manifiestan después de cortas exposiciones, pero los datos promedio anuales fueron la medida más asequible en la región, y así se presentan para examinar las diferencias en concentraciones a lo largo de la región y las tendencias temporales.

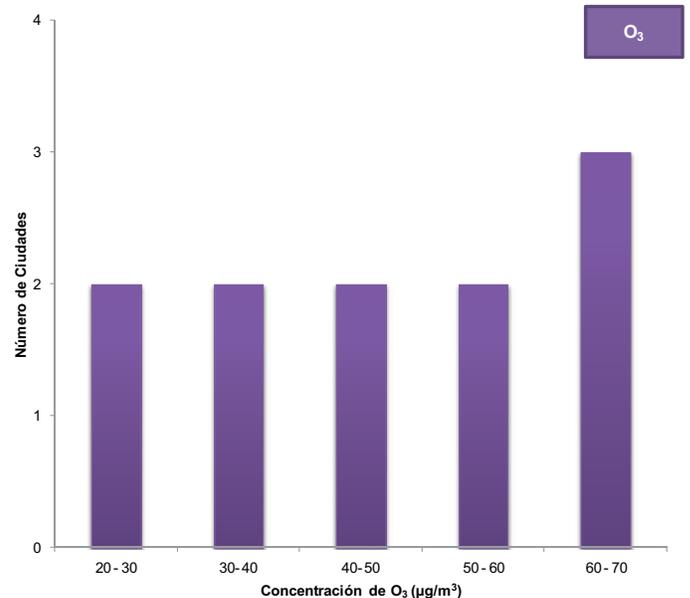
**Figura 5.** Concentraciones promedio anuales de  $O_3$  – 2011.



**Figura 6.** Distribución de ciudades en relación con las concentraciones promedio anuales de  $O_3$ .



**Figura 7.** Concentraciones promedio anuales en la Región –  $O_3$ .



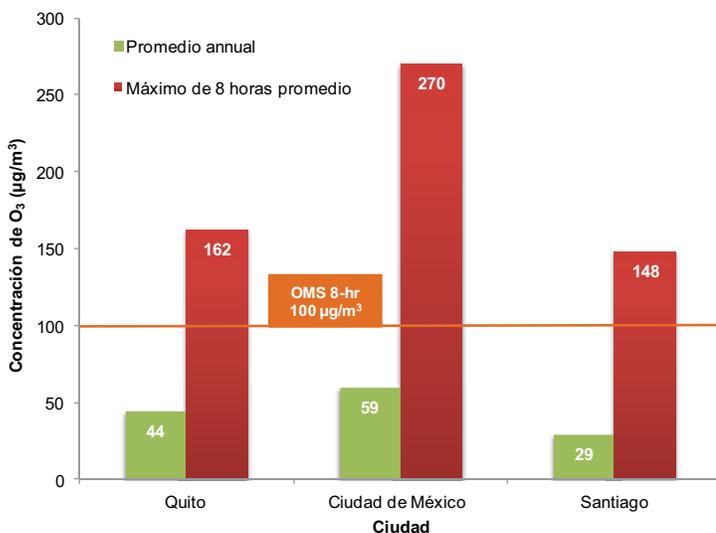
La gran variedad en concentraciones promedio anuales de ozono a lo largo de la región, como se observa en la Figura 5, sugiere que éste es un problema en algunas ciudades pero quizá no en otras. Esta variación se debe a diferencias en los factores clave en la formación de ozono, tales como las emisiones de precursores de ozono a escala local y la prevalencia de radiación solar. El efecto de la topografía y la meteorología en la dispersión de contaminantes precursores, así como la disponibilidad de sustancias agotadoras de ozono, impactará la compleja producción y destrucción de ozono. Si bien no es posible deducir concentraciones promedio de ocho horas a partir de los promedios anuales, las concentraciones promedio anuales presentadas en las Figura 5 y 6 apoyan firmemente la relevancia del ozono como un problema regional. La Figura 7 también sugiere que las concentraciones de ozono han experimentado poca reducción en la región durante la última década.

Dada la importancia del ozono como contaminante clave a lo largo de la región, el CAI determinó llevar a cabo algunos análisis en contraste con la GCA de 8 horas de la OMS. No obstante, los diversos países poseen diferentes métodos de análisis y reporte de la información, en los que comparan los datos con sus propios estándares; así que hubiera sido complicado y hubiera consumido mucho tiempo, procurar los datos para realizar una

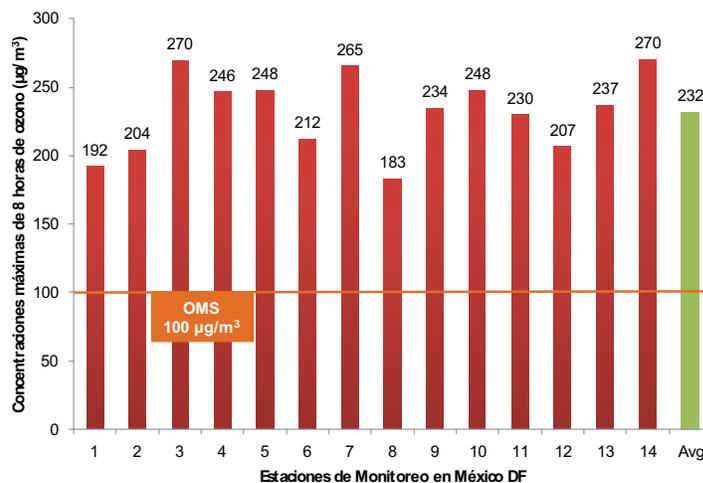
comparación con las guías de la OMS a través de la región. En su lugar, el análisis se realizó sólo en tres ciudades donde se suplieron datos promedio horarios para 2011, lo que permitió calcular el promedio máximo de 8 horas. La Figura 8 presenta el promedio anual para cada ciudad, promediado sobre todas las estaciones de monitoreo, y el promedio máximo de 8 horas registrado en cada ciudad. A pesar de ser un pequeño conjunto de datos, la Figura 8 demuestra que aun ciudades con una baja concentración anual promedio, pueden producir concentraciones de corto término de ozono cercanas a aquellas consideradas inseguras para la salud pública por la OMS. Esto indica a su vez que es probable, que la mayoría de las ciudades con las concentraciones promedio anuales presentadas en la Figura 5, hayan excedido la GCA de la OMS durante 2011.

Para observar con mayor detenimiento las concentraciones sobre Ciudad de México, la Figura 9 presenta las concentraciones de ozono en todas las estaciones de monitoreo en la ciudad. Como se indicó en la Figura 8, la concentración máxima de 8 horas en la ciudad durante 2011 fue de hecho 270  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , y la Figura 9 señala que ésta es una concentración típica en las estaciones de monitoreo de la ciudad, y que todas ellas están localizadas en áreas donde se supera la recomendación de la OMS.

**Figura 8.** Concentraciones promedio máximas anual y de 8 horas para ozono registradas en tres ciudades – 2011.



**Figura 9.** Concentraciones máximas de 8 horas de ozono, según el monitoreo de las estaciones en Ciudad de México durante 2011.

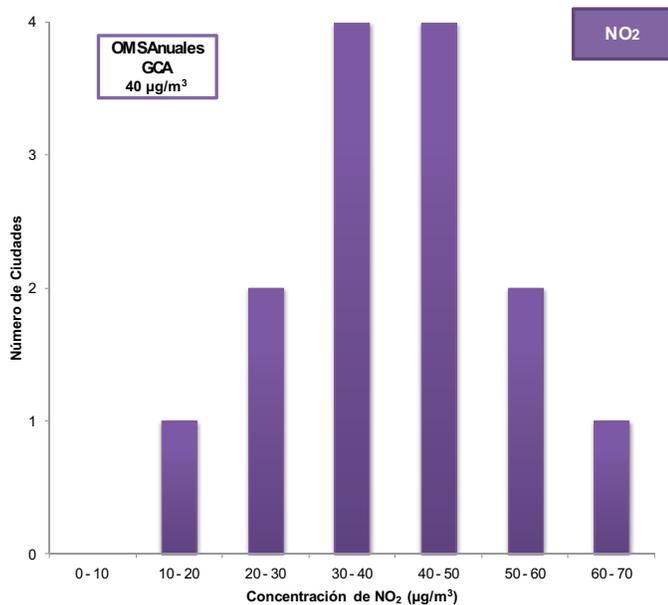


### 5.3 Dióxido de nitrógeno

La Figura 10 presenta los promedios anuales para NO<sub>2</sub>, la Figura 11 muestra la dispersión de las concentraciones encontradas a lo largo de la región y la Figura 12 expone las tendencias anuales.



Figura 11. Distribución de ciudades en relación con las concentraciones promedio anuales de NO<sub>2</sub>.



El dióxido de nitrógeno, como se esperaba, parece ser un problema menor que las partículas, con excedencias de las guías de la OMS y estándares de la UE (40 µg/m<sup>3</sup>) por parte de aproximadamente la mitad de las ciudades (7 de 13). Si el patrón en la Figura 11 es representativo de toda la región, puede indicar que la mayoría de las ciudades estarán alrededor del valor guía de la OMS. Sin embargo, esta gráfica sugiere que este contaminante todavía es un problema serio en algunas ciudades. Debería llevarse a cabo un análisis más detallado de las concentraciones de 1 hora si hay datos disponibles, puesto que el cumplimiento de la guía anual de la OMS no garantiza que las concentraciones horarias estén por debajo de la guía horaria de la OMS.

Figura 10. Concentraciones promedio anuales para NO<sub>2</sub> – 2011

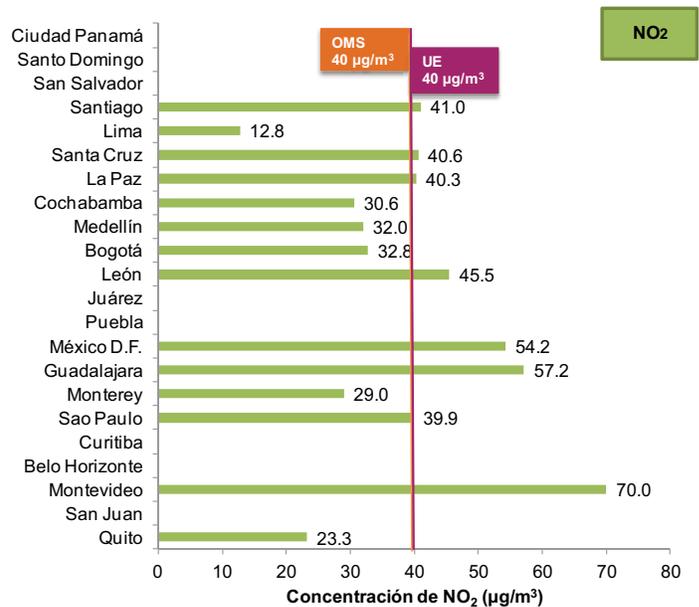
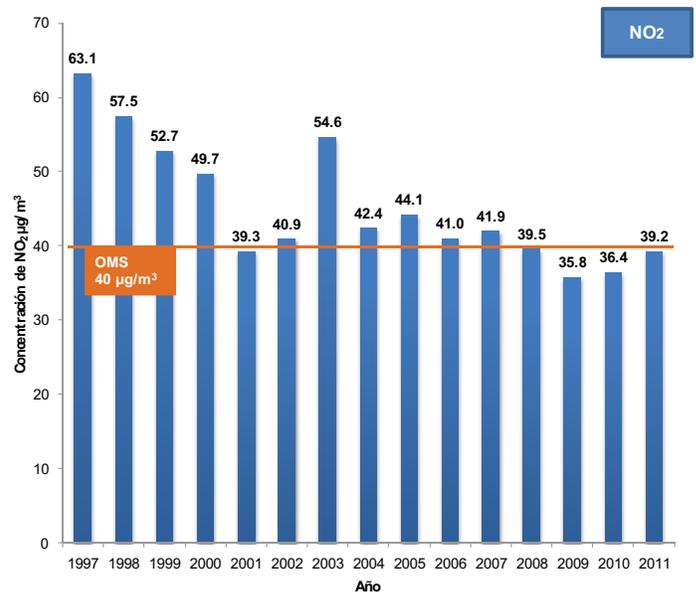


Figura 12. Concentraciones promedio anuales en la región – NO<sub>2</sub>.



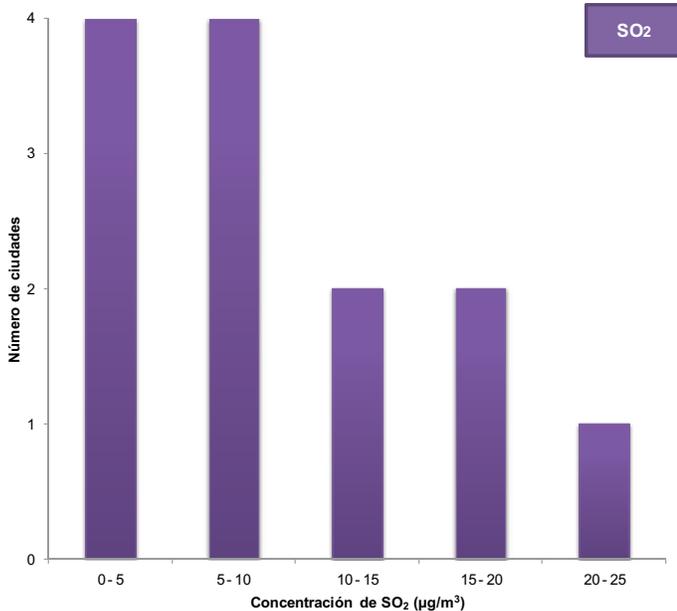
La tendencia anual del NO<sub>2</sub> es menos concluyente que la de las partículas. Las concentraciones en 1997 y 1998 son mayores que en años posteriores, pero no hay una tendencia clara de 2001 a 2011. Los primeros dos años de mayores concentraciones, se deben a que estos puntos comprenden sólo cuatro ciudades, incluyendo las tres más contaminadas en el estudio. De 2001 a 2011, las concentraciones de NO<sub>2</sub> se han venido reduciendo lentamente y, durante los últimos cuatro años, la concentración promedio en este conjunto de datos estuvo apenas debajo de la GCA de la OMS. Esto indica que, a través de la región, ha habido acciones que han contribuido a la reducción de NO<sub>2</sub>, pero este limitado conjunto de datos no nos permite concluir que toda la región esté alcanzando la correspondiente GCA de la OMS.

## 5.4 Dióxido de azufre

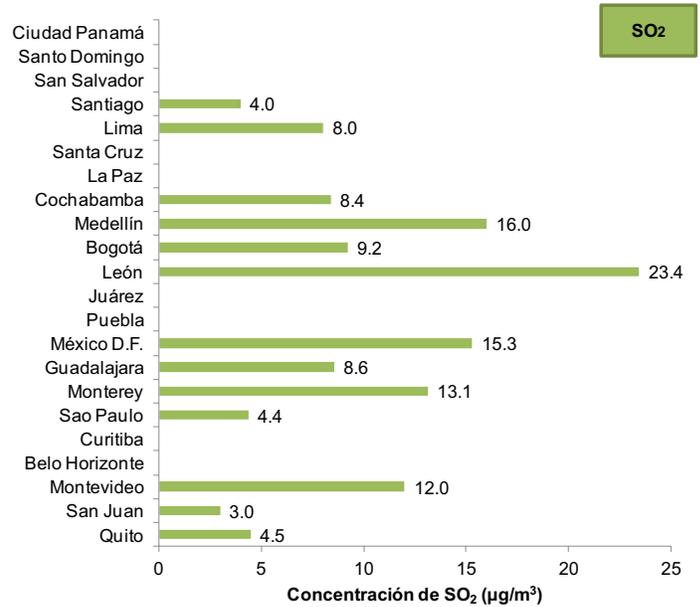
La Figura 13 presenta los promedios anuales para SO<sub>2</sub>, la Figura 14 muestra la distribución de las concentraciones encontradas a lo largo de la región y la Figura 15 expone las tendencias anuales. No hay guías de la OMS o estándares de la USEPA o de la UE para comparar los datos promedio anuales. Sin embargo, las concentraciones promedio anuales no son excesivamente altas. No obstante, se debería realizar un análisis más detallado de las concentraciones diarias, si los datos pertinentes estuvieran disponibles.

La tendencia anual indica que la concentración de SO<sub>2</sub> en ALC ha disminuido significativamente de 28.3 µg/m<sup>3</sup> en 2000 a 10.5 µg/m<sup>3</sup> en 2011. La Figura 14 muestra la distribución de las concentraciones encontradas a lo largo de la región y la Figura 15 expone las tendencias anuales. La tendencia anual indica que la concentración de SO<sub>2</sub> en ALC ha disminuido significativamente de 27.4 µg/m<sup>3</sup> en 2000 a 10.0 µg/m<sup>3</sup> en 2011. De este modo, los esfuerzos para reducir las emisiones de SO<sub>2</sub>, como una mejor calidad de los combustibles, parecen ser un buen ejemplo de éxito en el mejoramiento de la calidad del aire en América Latina.

**Figura 14.** Distribución de ciudades en relación con concentraciones promedio anuales de SO<sub>2</sub>.

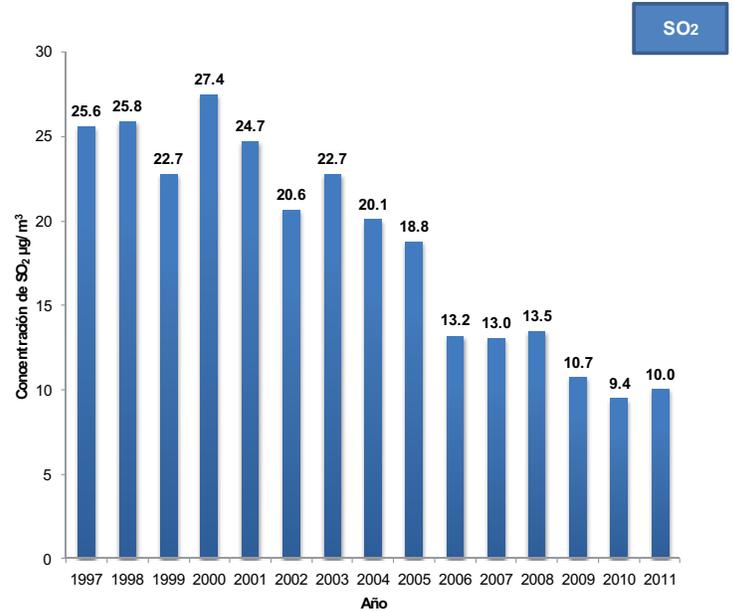


**Figura 13.** Concentraciones promedio anuales para SO<sub>2</sub> – 2011



Nota Bene. No hay guías o estándares anuales de la OMS, USEPA o UE para SO<sub>2</sub>.

**Figura 15.** Concentraciones promedio anuales en la Región – SO<sub>2</sub>.



## 6. Discusión y Recomendaciones

### 6.1 Estándares de Calidad del Aire

Es un hallazgo positivo que muchos países y ciudades de la región hayan fijado estándares oficiales de calidad del aire para proteger la salud. En particular, La Paz (Bolivia) es notoria por tener estándares locales en concordancia con las guías de la OMS. Sin embargo, a nivel nacional muchas mejoras son posibles:

- Muchos países latinoamericanos no cuentan con estándares nacionales para  $PM_{2.5}$ . Éste es un contaminante fundamental con respecto a sus serias implicaciones en la salud, pero también por el hecho de que una reducción en este contaminante también resulta en la disminución del carbón negro (hollín). La introducción de un estándar significaría, igualmente, que las naciones deberán invertir en alguna capacidad de monitoreo.
- Los estándares diario y anual para  $PM_{10}$  en todos los países son mayores que los sugeridos en las Guías de Calidad del Aire de la OMS.
- Dado que la evidencia científica indica, que no hay un umbral seguro por debajo del cual el material particulado no cause daños en la salud (WHO, 1987; WHO, 2006), los estándares para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  son de vital importancia.
- Los estándares anuales para  $NO_2$  en todos los países son mayores que las guías de la OMS, pero siguen las NAAQS de la USEPA.
- Los efectos del  $NO_2$  son más significativos tras cortas exposiciones, pero todas las naciones, excepto Jamaica, Puerto Rico, Perú y Colombia, tienen estándares significativamente mayores que la GCA de 1 hora de la OMS, o no tienen un estándar del todo. La introducción de un estándar de 1 hora es importante para proteger la salud de los ciudadanos.
- En todos los países, los estándares de 24 horas para  $SO_2$  son significativamente más altos que las guías de la OMS. Esto causa preocupación, puesto que en algunos estudios científicos se han reportado efectos directos del  $SO_2$  en la salud, los cuales se observan a concentraciones considerablemente menores (tanto como  $5 \mu g/m^3$ ) (OMS, 2006).
- Once de los dieciséis países con estándares poseen un estándar de 8 horas para el ozono, en acuerdo con las GCAs de la OMS. Sería ideal que todas las naciones

adoptaran un estándar de 8 horas en lugar de uno de 1 hora.

- Actualmente no se encontraron estándares en Honduras, Belice, Haití, Cuba, Paraguay, Guatemala y Uruguay (aunque Uruguay ha enviado una propuesta pendiente de aprobación).

También es importante que estos estándares sean legalmente obligatorios y no sean únicamente usados como recomendaciones. Si no se pueden hacer cumplir legalmente, no hay un incentivo para su acatamiento. De igual manera, los estándares de calidad del aire deberían ser parte de un sistema sólido de gestión de la calidad del aire, que involucre responsabilidades nacionales y subnacionales.

### 6.2 Datos de monitoreo de la calidad del aire

La presencia y disponibilidad de datos en la región fue un aspecto clave a distinguir en la investigación. A pesar de que existen algunos excelentes ejemplos de monitoreo, disponibilidad de datos y reporte frecuente, más notoriamente en México (y particularmente en Ciudad de México), éste no fue el caso común en la región. La información fue exitosamente recolectada de solamente 20 de las 42 ciudades más grandes de la región (basadas en criterios de búsqueda que tomaron en cuenta no más de cuatro ciudades de un solo país). Es posible que se realice monitoreo en otras ciudades, pero no estuvimos en la capacidad de encontrar o conseguir los datos. Sin embargo, si este no es el caso, podría indicar que algunas ciudades pueden no estar realizando ningún monitoreo de la calidad del aire, a pesar de tener estándares de calidad del aire vigentes.

Anticipando la dificultad en la obtención de la información, la investigación se restringió a recolectar concentraciones promedio anuales. No obstante, aun estos datos fueron en general difíciles de ubicar y conseguir, especialmente la información más reciente. En la mayoría de los casos, los datos tuvieron que ser obtenidos por medio de correos electrónicos personales o llamadas telefónicas, lo que supuso sus propias dificultades para identificar a las personas responsables, quienes estarían en la capacidad de proveer la información que requeríamos. Donde hubo sitios web, la mayoría no fue fácilmente accesible y no se proporcionaron análisis comparativos con los estándares del país. Las fuentes de información en línea tampoco contuvieron suficiente información acerca de los instrumentos y prácticas de monitoreo. Esta falta de transparencia plantea cuestiones como el acceso público a información importante.

Los datos en sí mismos mostraron una calidad variable. No hay técnicas de monitoreo, de recolección de datos o protocolos de cálculo de promedios estandarizados a través de la región.

Asimismo, hay evidencia limitada de control de la calidad o actividades de aseguramiento de la misma, aunque a través de comunicaciones personales se reconocen algunas buenas prácticas como en el caso de Bolivia, que dispone de estándares nacionales internos y un laboratorio de referencia donde se realizan procesos de control de la calidad para verificar la información de sus redes de monitoreo. Es probable que otros países posean sistemas similares, pero estos no son evidentes. Algunos países pueden estar llevando a cabo prácticas de monitoreo inferiores. Es indudable, entonces, que la región se beneficiaría con un desarrollo de capacidades y actividades de entrenamiento en esta área. Sería de valor inapreciable implementar un intercambio de conocimiento y una plataforma de unificación, para acelerar un proceso de mejoramiento de la calidad del aire y la salud pública.

### 6.3 Análisis de la información

Los datos analizados en este reporte indican firmemente que el material particulado, especialmente  $PM_{2.5}$ , y el ozono son los contaminantes de mayor preocupación. La mayoría de las ciudades exceden las GCAs de la OMS para  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , y los datos sugieren la probabilidad de que las ciudades estén excediendo la GCA de la OMS para ozono. Adicionalmente, a pesar de que algunas ciudades están logrando algunos decrementos, a nivel regional no se observa una tendencia real en la reducción del material particulado o del ozono, en la última década. Puesto que las partículas y el ozono son importantes para la salud y el clima, deberían ser temas prioritarios de enfoque en la región. Las concentraciones promedio anuales de  $NO_2$  presentaron excedencias en una serie de ubicaciones, pero hubo más ciudades con concentraciones por debajo de la GCA de la OMS, comparado con las concentraciones de partículas. Este reporte recomienda una investigación más profunda de la exposición de corto término a  $NO_2$ , lo que permitiría ver un panorama más completo en cada ciudad, de los impactos de este contaminante en la salud.

Las concentraciones promedio anuales de  $SO_2$  no fueron excesivamente altas y se han reducido considerablemente durante la última década. Sin embargo, se recomienda un análisis más detallado de las concentraciones de 24 horas.

### 6.4 Recomendaciones basadas en este análisis

Sobre la base de las observaciones y hallazgos del reporte, el Clean Air Institute (CAI) presenta las siguientes recomendaciones:

1. Los países de la región deberían adoptar un conjunto armonizado de estándares de calidad del aire para proteger la salud pública, con objetivos intermedios que dependan de las circunstancias particulares nacionales y/o locales (como se sugiere en las Guías de Calidad del Aire de la OMS). Esto facilitará la elaboración de

reportes, análisis, y evaluaciones comparativas a nivel regional, así como el inicio del fortalecimiento de un enfoque regional en el mejoramiento de la calidad del aire.

2. Todas las naciones deberían adoptar un estándar de  $PM_{2.5}$  para valoraciones de salud y cambio climático, preferiblemente dentro del marco anteriormente sugerido. Se debería facilitar financiación para expandir el monitoreo de este contaminante. Esto es primordial desde una perspectiva de salud, y también para facilitar información representativa de las potenciales reducciones de carbón negro, el cual contribuye al cambio climático.
3. Se advierte la escasez de monitoreo de  $PM_{2.5}$ , importante por una parte desde el punto de vista de la salud para evaluar el cumplimiento de un estándar, y por otra, con respecto a la provisión de información representativa de potenciales reducciones de carbón negro, el cual contribuye al cambio climático. Se debería facilitar financiación para expandir el monitoreo de este contaminante.
4. Para evaluaciones futuras y monitoreo de las concentraciones regionales de la contaminación del aire, así como para evaluaciones robustas en contraste con estándares nacionales de calidad del aire, es vital que los países y/o ciudades comiencen a hacer monitoreo, o donde ya se realice pero no óptimamente, mejorar sus prácticas. Algunas actividades en el fortalecimiento de las capacidades en esta área son:
  - a. Capacitación y asistencia técnica.
  - b. "Comunidades de práctica" regionales en estándares de calidad del aire, monitoreo y buenas prácticas en la gestión de la calidad del aire.
  - c. Mayor revisión exhaustiva de las prácticas y recomendaciones de monitoreo.
  - d. Provisión de financiamiento para asegurar un monitoreo robusto en ubicaciones estratégicas, en el presente y en el futuro.
  - e. Para mejorar la calidad de los datos en la región, sería invaluable la utilización del conocimiento internacional existente con el objetivo de establecer orientación y mejores prácticas a nivel regional, sobre cómo llevar a cabo un monitoreo y un control y aseguramiento de la calidad efectivos; y para la recolección, procesamiento y análisis de la información.
  - f. Unificación en la medición para asegurar consistencia en los periodos de muestreo, métodos de cálculo y técnicas de muestreo comparables.
  - g. Identificación de mecanismos alternativos de financiación para brindar soporte a la implementación y

operación de redes de monitoreo de la calidad del aire, que incluyan análisis de buenas prácticas y casos exitosos.

5. Cada país debería mejorar el acceso a la información y aumentar la visibilidad de los datos que está recogiendo. El Clean Air Institute (CAI) recomienda que se establezca una base central de datos a nivel regional con los contaminantes más importantes, para formalizar y unificar la presentación y análisis de los mismos. Ésta sería una opción más rentable, a que cada país desarrolle sus propios sistemas de base de datos y herramientas de propagación de los mismos. Además, sería de gran valor implementar una plataforma regional en línea de calidad del aire, la cual podría ser administrada por el PNUMA y/u otras organizaciones regionales, para reportar información de la calidad del aire en una manera estandarizada.
6. Resaltar y propagar buenas prácticas y alentar el desarrollo de capacidades en actividades asociadas con un buen monitoreo de la calidad del aire, como el manejo eficiente de los datos, la disseminación efectiva de los datos de calidad del aire, la divulgación exitosa de la información al público y la implementación de índices de calidad del aire, para comunicar fácilmente los niveles de contaminación en tiempo real al público y a las poblaciones sensibles.

- Definición de estrategias para lograr reducciones en las emisiones de fuentes identificadas, tales como intervenciones en materia de transporte urbano sostenible; permisos, supervisión y auditoría en las industrias; reducción del uso de madera para la calefacción doméstica; reducción en las emisiones de las instalaciones de generación de energía.
- Implementación de estrategias, por medio de la combinación de instrumentos de política, a niveles nacional y subnacional, para hacer cumplir o alentar actividades de reducción de las emisiones. Éstas incluyen, entre otras:
  - *Regulación (estándares de emisión, especificaciones de calidad de combustibles, estándares de eficiencia de combustibles, etcétera).*
  - *Instrumentos económicos (impuestos, tasas, sobrecargos, etcétera)*
  - *Divulgación de la información y creación de conciencia pública.*
  - *Establecimiento de organizaciones y capacidades institucionales que incluyan estructuras, presupuesto y otros recursos gubernamentales dedicados.*  
*Otras.*
- Implementación de un sistema de supervisión, reporte y verificación de la gestión de la calidad del aire.

## 6.5 Recomendaciones ampliadas para la región

Es evidente que todas las áreas urbanas de la región comparten algunos problemas de contaminación del aire. El mejoramiento en el monitoreo y la adopción de estándares de calidad del aire, son los primeros pasos para enfrentar estos problemas, pero también hay una amplia serie de actividades y acciones requeridas, para avanzar hacia el alcance de una mejor calidad del aire. Esto se puede abarcar en un proceso general de planeación de la Gestión de la Calidad del Aire. Tal estrategia comprendería las siguientes etapas y acciones, en combinación con un sólido plan de comunicación y compromisos de los grupos de interés:

- Definición de metas de calidad del aire, basados en Estándares Nacionales de Calidad del Aire.
- Aseguramiento de un monitoreo de la calidad del aire robusto, para evaluar el cumplimiento de los objetivos o estándares.
- Establecimiento de inventarios detallados de emisiones, para entender y cuantificar las reducciones en las emisiones requeridas para alcanzar los objetivos de calidad del aire.

Muchos planes de gestión de la calidad del aire ya están vigentes a lo largo de la región, como el programa PROAIRE 2011-2020 de México para el mejoramiento de la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)<sup>11</sup> y en otras siete ciudades mexicanas, con cinco además en preparación. Otros ejemplos incluyen el "Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao 2005-2010"<sup>12</sup> de Perú, y el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá<sup>13</sup>, para



nombrar algunos. No obstante, no en todos los casos es clara la prevalencia y extensión de tales planes en la región, como tampoco el alcance al cual los planes están siendo exitosamente implementados. Una continua valoración y mejoramiento de la capacidad de los gobiernos nacionales/federales y locales para gestionar la calidad del aire a este nivel, es vital para identificar los puntos donde se necesita asistencia e intensificación de los esfuerzos para mejorar la calidad del aire en toda la región.

## 6.6 Conclusiones finales

La mala calidad del aire se constituye en una amenaza para la salud, el bienestar social y el desarrollo económico a nivel mundial y en la región de América Latina y el Caribe (ALC). Concentraciones de contaminantes nocivos del aire están excediendo, en muchos casos excesivamente, las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud a lo largo de la región ALC. Las altas concentraciones de contaminantes del aire tienen impacto en los ciudadanos al disminuir su calidad de vida y al causar muertes prematuras y enfermedad, así como al dañar ecosistemas; mientras que a su vez afectan directamente las economías nacionales de los países latinoamericanos y su desarrollo económico y social.

Esta situación se puede prevenir y revertir. El planeamiento de la Gestión de la Calidad del Aire es vital para que los gobiernos puedan definir estrategias exitosas para la reducción de emisiones y el mejoramiento de la calidad del aire. Como parte de este proceso general de planeamiento, se requieren unos estándares igual que un monitoreo efectivo de la calidad del aire. Los gobiernos deben ser alentados y apoyados para tomar esta responsabilidad, y deben entender la importancia de este asunto. Este proceso de planeamiento también debería ser considerado un mecanismo y una oportunidad primordiales para cumplir compromisos nacionales con los Objetivos de Desarrollo del Milenio de la ONU; proteger la salud pública; avanzar en el desarrollo social y económico para todos; incrementar la competitividad; mitigar el cambio climático; y abrir puertas a oportunidades de inversión.



<sup>11</sup>[http://www.sma.df.gob.mx/proaire2011\\_2020/index.php?opcion=2](http://www.sma.df.gob.mx/proaire2011_2020/index.php?opcion=2)

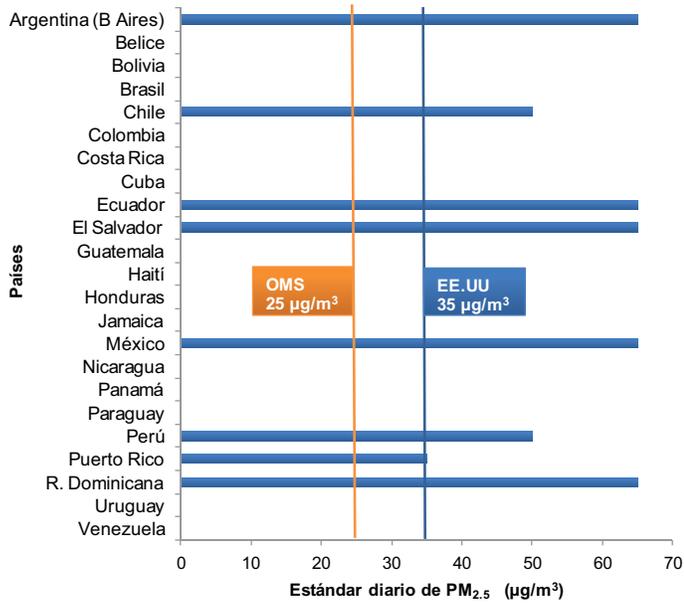
<sup>12</sup><http://cdam.minam.gob.pe:8080/handle/123456789/173>

<sup>13</sup><http://ambientebogota.gov.co/plan-decenal-de-descontaminacion-del-aire-para-bogota>

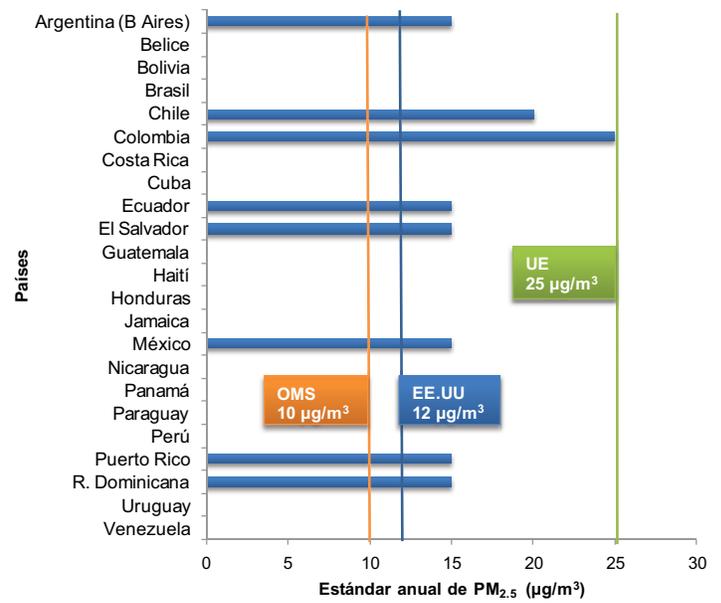
## 7. Referencias

- CCAD (2007). Diagnóstico de la Normativa Técnica sobre Calidad del Aire en Centroamérica, San Salvador. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo: Sistema de Integración Centroamericana.
- Cifuentes, L A, Krupnick, A J, O’Ryan R and Toman M A (2005). Urban Air Quality and Human Health in Latin America and the Caribbean. Organización Panamericana de la Salud, Washington DC.
- Della Maggiora, C and López-Silva, J A (2006). Vulnerability to Air Pollution in Latin America and the Caribbean Region. Sustainable Development Working Paper No. 28. Banco Mundial, Departamento de Desarrollo Ambiental y Socialmente Sostenible de la Región de América Latina y el Caribe. Septiembre de 2006. Disponible en [http://irispublic.worldbank.org/85257559006C22E9/All+Documents/85257559006C22E9852572810068B623/\\$File/LASTOFINALVERSION1AirQuality1S-DWP.pdf](http://irispublic.worldbank.org/85257559006C22E9/All+Documents/85257559006C22E9852572810068B623/$File/LASTOFINALVERSION1AirQuality1S-DWP.pdf)
- UE (2008). Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de mayo de 2008, relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Parlamento Europeo, Consejo. Disponible en <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32008L0050:EN:NOT> y resumida en <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>.
- Gobierno de Chile (2003). Normas Ambientales. Dictadas bajo la ley de bases del medio ambiente No. 19.300. Comisión Nacional del Medio Ambiente. Disponible en <http://sinca.mma.gob.cl/uploads/documentos/71196ec2a22baa2e7e8444df6a40d8ab.pdf>
- Gobierno de Chile (2011). Establece Norma Primaria de Calidad Ambiental Para Material Particulado Fino Respirable MP2,5. Ministerio del Medio Ambiente. Disponible en [http://sinca.mma.gob.cl/uploads/documentos/20120409\\_NORMA%20MP2,5\\_9969.pdf](http://sinca.mma.gob.cl/uploads/documentos/20120409_NORMA%20MP2,5_9969.pdf)
- INE (2011) Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas. Estados Unidos Mexicanos: Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/calair-informacion-basica/585-calair-aval-normados>.
- Miranda J (2006). Impacto Económico en la Salud por Contaminación del Aire en Lima Metropolitana. Instituto de Estudios Peruanos. Septiembre, 2006.
- NRC (2008). Estimating Mortality Risk Reduction and Economic Benefits from Controlling Ozone Air Pollution. Committee on Estimating Mortality Risk Reduction Benefits from Decreasing Tropospheric Ozone Exposure. National Research Council. ISBN: 978-0-309-11994-8. Resumen ejecutivo disponible en: [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=12198](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12198).
- OCDE (2012). OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>
- PRONAR (1990) RESOLUÇÃO CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990 Publicada no DOU, de 22 de agosto de 1990, Seção 1, páginas 15937-15939. Ministério do Meio Ambiente. Disponible en <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>.
- República de Colombia (2006). Resolución Número 601. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. República de Colombia. Disponible en <http://www.acaire.org/doc/normas/resolucion601de2006-Minambiente.pdf>
- República de Guatemala (año desconocido). Programa de Calidad del Aire de INSIVUMEH para la República de Guatemala. NORMAS Y REGULACIONES. Disponible en <http://www.insivumeh.gob.gt:8080/calidadaire/regulaciones.htm>.
- República de Nicaragua (2002). Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de modernización Técnica y Calidad: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense de Calidad del Aire. Disponible en [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28\\$All%29/A7D9462EF09F1931062571320055ED61?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/%28$All%29/A7D9462EF09F1931062571320055ED61?OpenDocument).
- República de Panamá (2006). Anteproyecto de Norma de Calidad Ambiental. Gobierno Nacional: República de Panamá. Disponible en [http://www.anam.gob.pa/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=399&lang=es](http://www.anam.gob.pa/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=399&lang=es).
- República de Perú (2008). DECRETO SUPREMO N° 003 -2008 -MINAM. APRUEBAN ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AIRE.
- República de Perú (2001). Decreto Supremo N° 074-2001-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire. República de Perú. Disponible en [https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/5104-1266-ds\\_-074\\_2001\\_pcm-\\_eca\\_aire.pdf](https://www.miraflores.gob.pe/Gestorw3b/files/pdf/5104-1266-ds_-074_2001_pcm-_eca_aire.pdf)
- NU (2012). Resolución aprobada por la Asamblea General 66/288. El futuro que queremos. Naciones Unidas A/RES/66/288\*, 11 de septiembre de 2012. Disponible en <http://www.uncsd2012.org/thefuturewewant.html>
- USEPA (2010). Puerto Rico’s Air Quality in 2010 and New EPA Initiatives. Disponible en [http://cohemis.uprm.edu/planetatierra/pres/08\\_trodri-guez.pdf](http://cohemis.uprm.edu/planetatierra/pres/08_trodri-guez.pdf).
- USEPA (varias fechas). US Environmental Protection Agency - National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) Disponible en <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.
- OMS (2008). Health and Environment: Managing the Linkages for Sustainable Development. A tool for Decision Makers. Organización Mundial de la Salud, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Health and Environment Linkages Initiative (HELI). 2008.
- OMS (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Resumen de evaluación de los riesgos. Organización Mundial de la Salud, 2006 (Publicado en inglés por la Oficina Regional de Europa de la OMS: WHO Regional Publications, European Series, No. 91).
- OMS (2000). Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen, Organización Mundial de la Salud, 2000 (Publicado en inglés por la Oficina Regional de Europa de la OMS: WHO Regional Publications, European Series, No. 91).
- OMS (1987). Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, Organización Mundial de la Salud, 1987 (Publicado en inglés por la Oficina Regional de Europa de la OMS: WHO Regional Publications, European Series, No. 23).

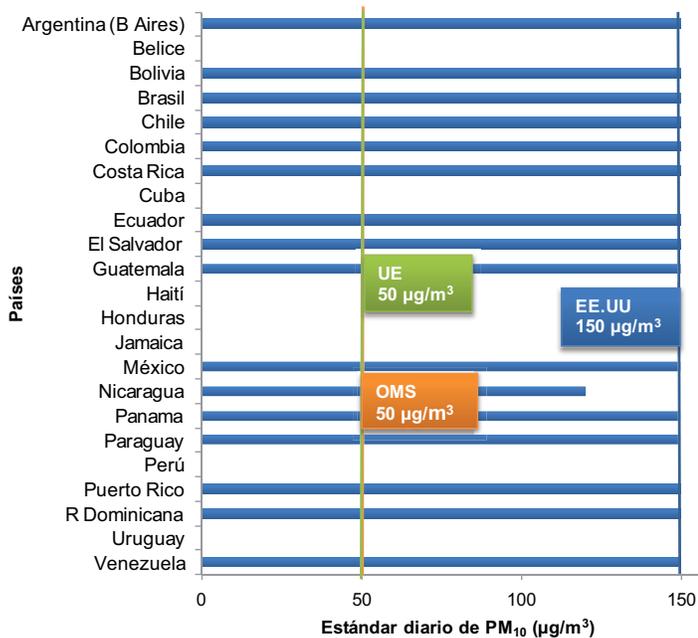
**Figura A1.** Estándares diarios para PM<sub>2.5</sub> en países de América Latina



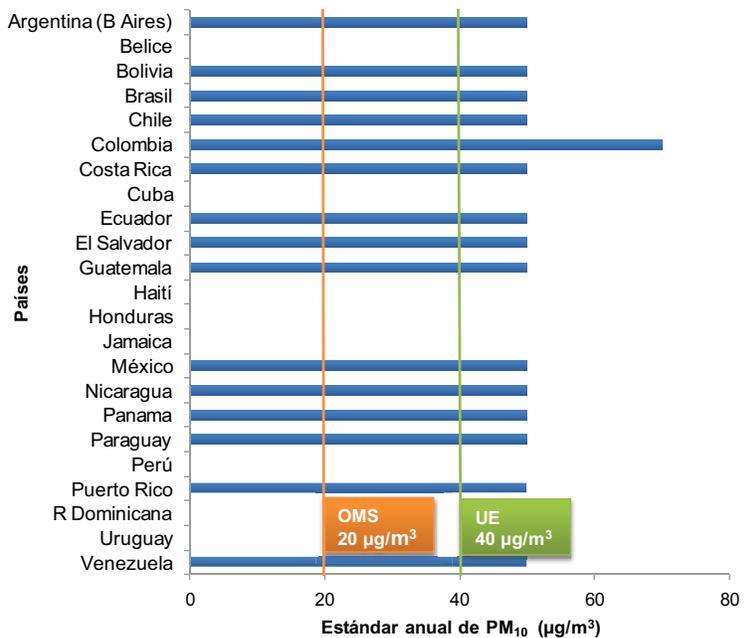
**Figura A2.** Estándares anuales para PM<sub>2.5</sub> en países de América Latina



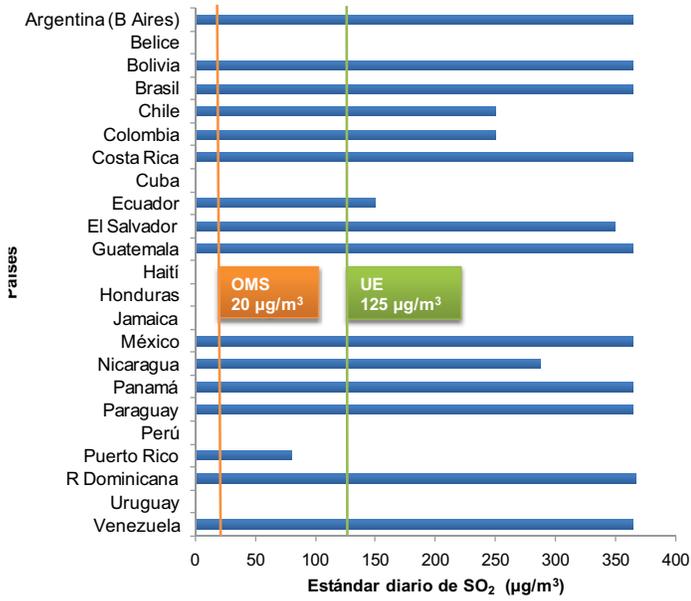
**Figura A3.** Estándares diarios para PM<sub>10</sub> en países de América Latina



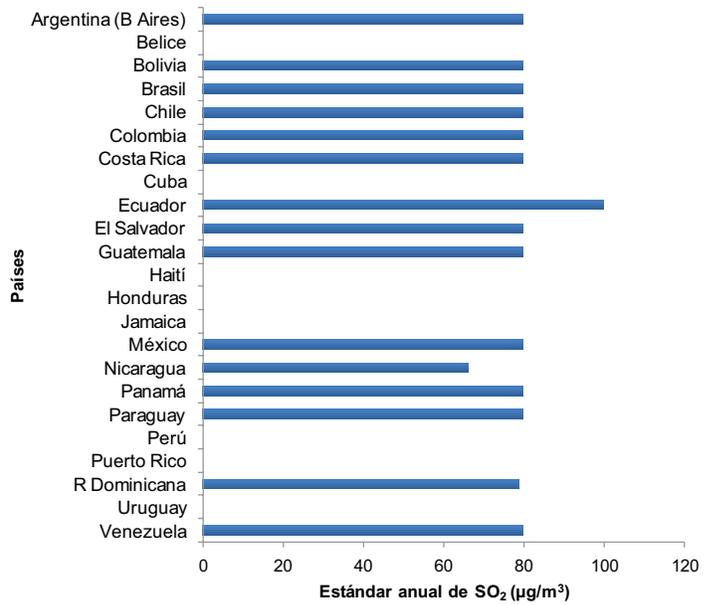
**Figura A4.** Estándares anuales para PM<sub>10</sub> en países de América Latina



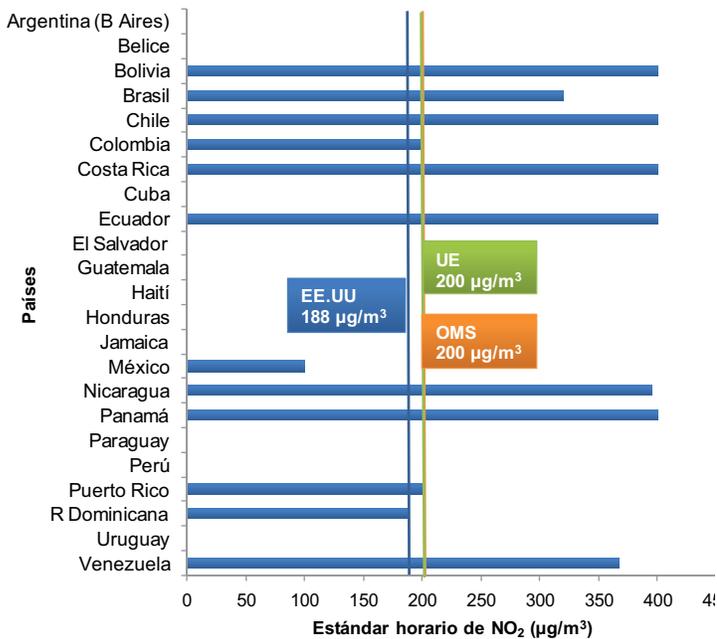
**Figura A5.** Estándares diarios para SO<sub>2</sub> en países de América Latina



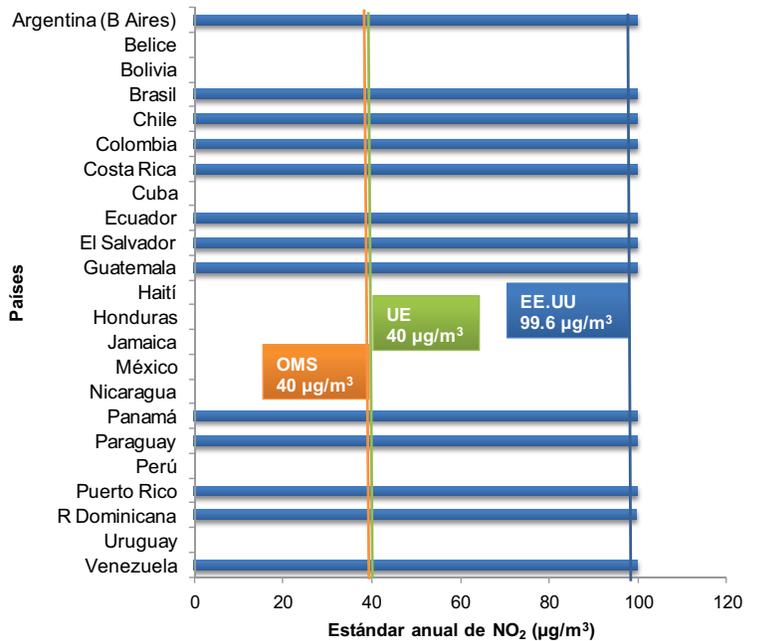
**Figura A6.** Estándares anuales para SO<sub>2</sub> en países de América Latina



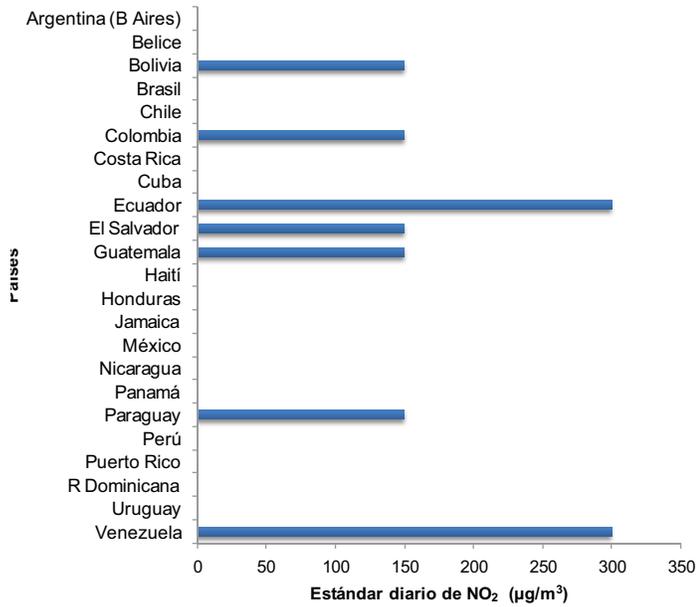
**Figura A7.** Estándares horarios para NO<sub>2</sub> en países de América Latina



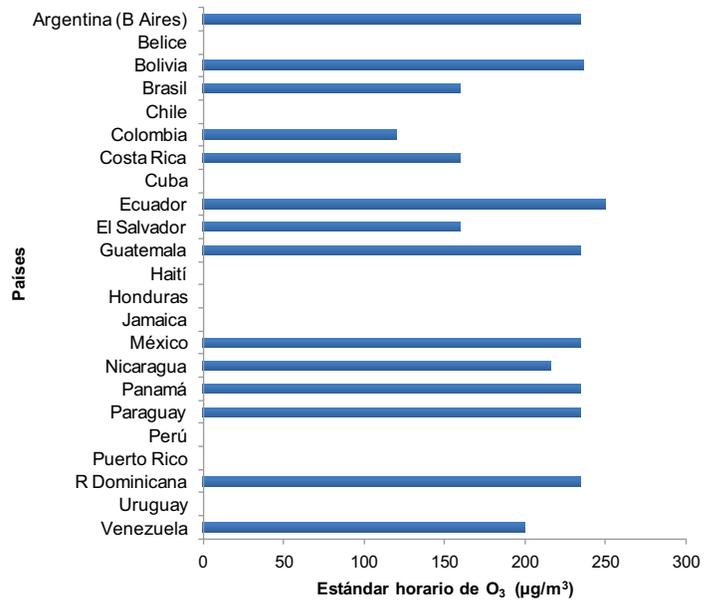
**Figura A8.** Estándares anuales para NO<sub>2</sub> en países de América Latina



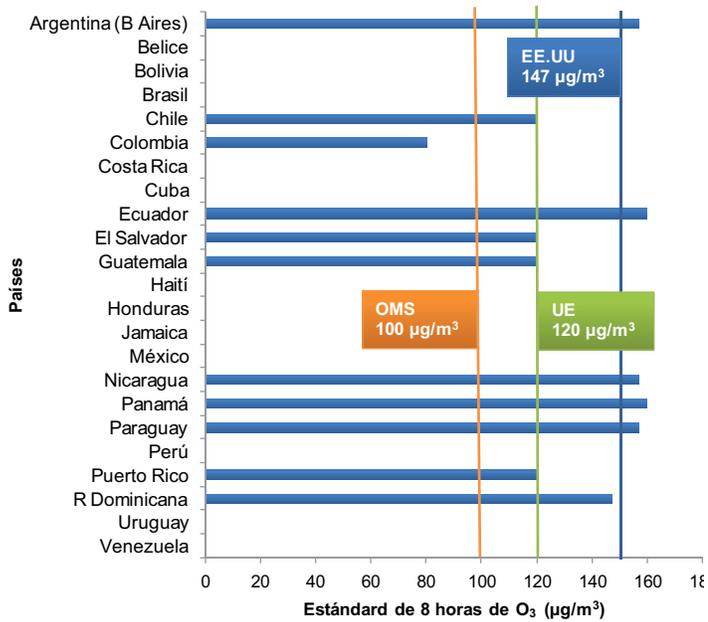
**Figura A9.** Estándares diarios para NO<sub>2</sub> en países de América Latina



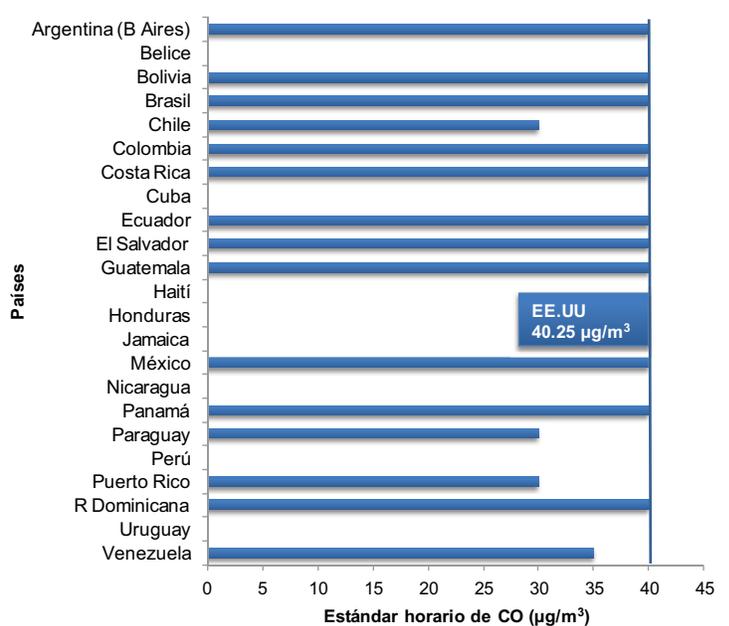
**Figura A10.** Estándares horarios para O<sub>3</sub> en países de América Latina



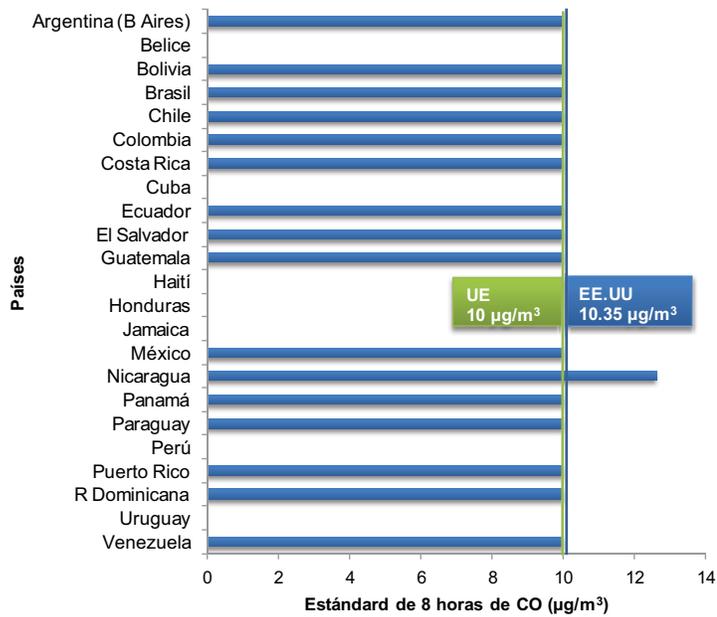
**Figura A11.** Estándares de 8 horas para O<sub>3</sub> en países de América Latina



**Figura A12.** Estándares horarios para CO en países de América Latina



**Figura A13.** Estándares de 8 horas para CO en países de América Latina







Reporte completo y resumen disponibles:  
[http://www.cleanairinstitute.org/  
calidaddelaireamericalatina/](http://www.cleanairinstitute.org/calidaddelaireamericalatina/)

### **La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica Producido por el Clean Air Institute**

1100 H Street NW, Suite 800, Washington D.C., 20005 EE. UU.  
Teléfono: +1 (202) 464 5450, Fax: +1 (202) 785 4313  
<http://www.cleanairinstitute.org> | [info@cleanairinsitute.org](mailto:info@cleanairinsitute.org)

El Clean Air Institute quisiera agradecer a todas las instituciones locales, nacionales e internacionales, así como aquellos individuos que contribuyeron aportando datos e información adicional y nos apoyaron en la preparación de este documento.

El Clean Air Institute agradece al Fondo del Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés), al Fondo Español para América Latina y el Caribe y al Banco Mundial por su generoso apoyo financiero para la realización de este trabajo, así como para las actividades relacionadas con su concepción y preparación. Este documento hace parte de una serie de publicaciones que realiza el Clean Air Institute como parte del programa de Transporte Sustentable y Calidad de Aire - STAQ.



**THE WORLD BANK**