



# Contaminación atmosférica en América Latina: impacto en la salud Y regulación actual - reporte del grupo del Comité de Aerobiología de la Sociedad Latinoamericana de Asma, Alergia e Inmunología

*Atmospheric pollution in Latin America: impact on health and current regulation - report of the Aerobiology Committee of the Latin American Society of Asthma, Allergy and Immunology*

Guillermo Guidos Fogelbach<sup>1</sup>, German Dario Ramon<sup>2</sup>, Patricia Latour Staffeld<sup>3</sup>, Alfonso Mario Cepeda Sarabia<sup>4</sup>, César Augusto Sandino Reyes López<sup>5</sup>, Perla Alcaraz Duarte<sup>6</sup>, Oscar Manuel Calderón<sup>7</sup>, Freya Helena Campos Romero<sup>8</sup>, Sandra Gonzalez Diaz<sup>9</sup>, Rosmary Stanley De-Ramos<sup>10</sup>, Pedro Piraino<sup>11</sup>, Maria Susana Repka-Ramirez<sup>11</sup>, Juan Carlos Sisul<sup>12</sup>, Cindy Elizabeth de Lira Quezada<sup>13</sup>, Rosalaura Villarreal Gonzalez<sup>13</sup>, Rosa Ivett Guzman-Avilán<sup>13</sup>, Barbara Gonçalves da Silva<sup>14</sup>, Juan Carlos Fernandez de Cordova Aguirre<sup>15</sup>

## RESUMEN

La contaminación ambiental, en todas sus vertientes, tiene un efecto de enormes dimensiones no sólo sobre la existencia del planeta, sino también sobre la salud de la humanidad. América Latina es una región privilegiada ambientalmente, debido a su gran acervo de patrimonio natural, biodiversidad y posibilidades de provisión de servicios ambientales. Pero, a su vez, es una de las regiones más urbanizadas del orbe, con las afectaciones y presión al medio ambiente que esto implica, principalmente en la calidad del aire que se respira, derivadas de antiguos patrones productivos y de ocupación territorial, que se han agudizado como consecuencia del modelo de desarrollo predominante. Los efectos sobre la salud humana de diversas sustancias contaminantes

## ABSTRACT

Air quality, in all its dimensions, has a major effect not only on the existence of the planet, but also on human health. Latin America is an environmentally privileged region, due to its great wealth of natural heritage, biodiversity and possibilities of provision of environmental services. But, at the same time, it is one of the most urbanized regions in the world, with the effects and pressure on the environment that this implies, mainly in the air quality, due to patterns of production and of territorial occupation, which they have exacerbated as a result of the predominant development model. The effects of diverse pollutant substances on the human health are related to inflammatory processes on mucous membranes and to increased morbidity and mortality in people with

1. SEPI-ENMH, Instituto Politécnico Nacional - Ciudad de México, México.
2. Hospital Italiano Regional del Sur, Alergia e Inmunología - Bahía Blanca, Argentina.
3. Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña, Alergia e Inmunología - Santo Domingo, República Dominicana.
4. Fundación Hospital Universitario Metropolitano, Laboratorio de Alergia e Inmunología y Laboratorio de Aerobiología - Barranquilla, Colombia.
5. SEPI-ENMH, Laboratorio Bioquímica Estructural - Instituto Politécnico Nacional - Ciudad de México, México.
6. Hospital de Clínicas Facultad de Ciencias Médicas UNA, Alergia e Inmunología - Asunción, Paraguay.
7. Sociedad Peruana de Alergia, Asma e Inmunología, Alergia e Inmunología - Lima, Perú.
8. Hospital Central Sur Alta Especialidad Servicios de Salud de Petróleos Mexicanos, Alergia e Inmunología - Ciudad de México, México.
9. Universidad Autónoma de Nuevo León, Alergia e Inmunología - San Nicolás de los Garza - Región Metropolitana de Monterrey, México.
10. Instituto de Previsión Social, Alergia e Inmunología - Asunción, Paraguay.
11. Facultad de Ciencias Médicas - Universidad Nacional de Asunción, Alergia e Inmunología - Asunción, Paraguay.
12. Clínica Sisul - Alergia y Asma, Alergia e Inmunología - Asunción, Paraguay.
13. Universidad Autónoma de Nuevo León, Alergia e Inmunología - Monterrey, México.
14. Fleury Medicina e Saúde, Núcleo Médico de Marketing e Comunicação - São Paulo, Brasil.
15. Hospital de Especialidades José Carrasco Arteaga, Alergia e Inmunología - Cuenca, Ecuador.

Submetido em: 12/10/2020, aceito em: 29/12/2020.

Arq Asma Alerg Imunol. 2020;4(4):423-34.

están relacionados a procesos inflamatorios sobre mucosas y al aumento de la morbimortalidad en personas con enfermedades preexistentes, principalmente de los sistemas neurológico, cardíaco y respiratorio, en particular las enfermedades alérgicas respiratorias. La región latinoamericana enfrenta importantes problemas ambientales, determinados por los patrones de uso de sus recursos naturales, los sistemas de producción, los hábitos de consumo de las poblaciones humanas y la regulación gubernamental ambiental, que en muchos casos es laxa o pobremente implementada por los gobiernos en turno.

**Palabras clave:** Contaminación ambiental, medio ambiente, contaminación, salud.

pre-existing diseases, especially of the neurological, cardiac and respiratory systems, in particular respiratory allergic illnesses. The Latin American region faces important environmental problems determined by the patterns of use of its natural resources, systems of production, habits of consumption of the human populations, and environmental governmental regulation, which is often lax or poorly implemented by the local authorities.

**Keywords:** Environmental pollution, environment, contamination, health.

## Introducción

La calidad del aire actual es diferente a la que respiraban nuestros ancestros antes de la Revolución Industrial, en términos de composición química<sup>1</sup>, hecho que se agrava de manera continua por la presión que el humano ejerce sobre el ambiente a través de sus actividades cotidianas e industriales. Aunado a esto, se encuentran otras fuentes importantes de contaminación que afectan la calidad del aire que respiramos<sup>2</sup>.

América Latina, con una población de 626.000.000 habitantes, es una de las regiones más urbanizadas del orbe, con cerca del 80% de las personas viviendo en ciudades mayores a 200.000 habitantes, con las afectaciones y presión al medio ambiente que esto implica, principalmente en la calidad del aire que se respira<sup>3-4</sup>.

Los efectos sobre la salud humana de diversas sustancias contaminantes están relacionados a procesos inflamatorios sobre mucosas y al aumento de la morbimortalidad en personas con enfermedades preexistentes, principalmente de los sistemas neurológico, cardíaco y respiratorio, en particular las enfermedades alérgicas respiratorias. El grado de afección y severidad está relacionado con el tipo y el tiempo de exposición<sup>4-5</sup>. La población más afectada es la que se encuentra en los extremos de la vida y personas con enfermedades crónicas, alcanzando una mortalidad asociada a la contaminación ambiental de 164.000 personas en 2016<sup>3,6</sup>.

En la actualidad, la mayoría de las grandes urbes de América Latina presentan altos niveles de contaminación ambiental atmosférica, rebasando en su mayoría los niveles máximos determinados por

la Organización Mundial de la Salud (OMS) en este rubro, con impactos en la salud de sus habitantes. Si bien es cierto que en la mayoría de los países existe legislación ambiental, ésta es laxa o pobremente implementada<sup>6-7</sup>.

## Fuentes de contaminación ambiental atmosférica

La contaminación del aire es una mezcla compleja de gases y partículas de materia (ver Tabla 1), las cuales en conjunto son el principal riesgo para la salud<sup>8</sup>.

Los contaminantes se dividen en primarios, que se emiten directamente a la atmósfera, y secundarios, que no son emitidos directamente como tal, sino que se forman cuando un contaminante primario presenta reacciones ulteriores en la atmósfera. Por ejemplo, partículas de polen que tienen una alergenidad son potenciadas por la interacción con otros contaminantes primarios, como, por ejemplo, metales y material particulado<sup>9-11</sup>.

## Principales tipos de contaminantes atmosféricos

### Gaseosos

Los más importantes son derivados de la combustión de hidrocarburos fósiles, incendios forestales, emisiones volcánicas y producto de diversos procesos industriales. Entre estos contaminantes se destacan: dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y ozono<sup>12-15</sup> (Tabla 2).

**Tabla 1**

Fuentes de contaminación ambiental atmosférica

Fuentes biogénicas	Fuentes antropogénicas	Fuentes geogénicas
Pólenes	Producción de energía por combustión de hidrocarburos y de biomasa	Incendios forestales
Esporas de hongos	Actividades industriales/transporte	Polvo desértico
Bacterias/virus	Actividades agrícolas	Emisión de volcanes

El impacto de estos contaminantes sobre la salud humana está relacionado de forma directa al tiempo de exposición y a la concentración ambiental atmosférica,

así como a la presencia de enfermedades preexistentes relacionadas al riesgo y/o al aumento de la morbilidad<sup>16</sup>.

**Tabla 2**Principales contaminantes atmosféricos primarios y secundarios<sup>12-16</sup>

Contaminantes primarios (emitidos directamente a la atmósfera)	Contaminantes secundarios (por conversión de gas a partículas en la atmósfera)
Geológicos	Sulfatos
Polvos carreteras, construcción, polvo mineral	Nitratos
Quemas	Compuestos orgánicos
Espontáneas	Combustión
Residenciales	Carbón
Agricultura	Evaporación
Controlados	Biológicos
Carbón	Inorgánicos NOX, SOX
Elemental	Ganado
Orgánico	Fertilizantes
Fuentes estacionarias	Transporte
Combustión	Suelos
Arena	
Grava	
Metales	
K, Ca, Ga, Pb, Sr, Zr, Ba, Na, Li, Be, Ti, Sn, Mg, Al, Cs, Bi, In, Sb	
Metales transicionales	
Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Au, V, Hg, Nb, Tl, Co, Mo, Zr, Rb Ag	
No metales	
B, As, Se, S, Sb	
Biológicos	
Glucanos	
Endotoxinas	
Pólenes	
Virus	
Esporas	

### **Óxidos de nitrógeno (NOX)**

Se generan en procesos de combustión por reacción entre el nitrógeno y el oxígeno atmosférico. El término óxidos de nitrógeno generalmente hace referencia a la suma de las concentraciones de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno u óxido nitroso (NO<sub>2</sub>)<sup>17-20</sup>.

El NO<sub>2</sub> actúa como intermediario en las emisiones de NO y la formación de ozono. La fuente principal es la quema de combustibles fósiles y de biomasa, que produce entre el 5% y el 15% de los óxidos de nitrógeno totales (NOX)<sup>21-22</sup>.

La exposición a concentraciones mayores a 80 ppb provoca afección de orofaringe, y a concentraciones entre 300 y 800 ppb puede reducir alrededor de un 10% la capacidad pulmonar<sup>23</sup>.

### **Monóxido de carbono**

Es un gas producto de la combustión incompleta o deficiente de hidrocarburos fósiles (principalmente por vehículos automotores) y de la quema de biomasa. En interiores, se genera en calentadores de agua y estufas de gas.

La exposición a concentraciones mayores a 300 ppm durante una hora o más provoca cefalea, y a concentraciones mayores a 700 ppm pueden provocar asfixia y muerte<sup>19,24</sup>.

### **Dióxido de azufre**

Es un gas producido durante la combustión de hidrocarburos fósiles que contienen azufre (SO<sub>2</sub>) y por fuentes naturales como emisiones volcánicas e incendios forestales.

Es precursor del ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), reacciona con el amoníaco atmosférico y con partículas minerales en la formación de sulfatos, y es componente esencial de la "lluvia ácida".

La exposición a concentraciones mayores a 1,5 ppm puede producir broncoconstricción y generar susceptibilidad a infecciones de vías respiratorias<sup>19,25</sup>.

### **Metano**

Es un gas que resulta de la descomposición de materia orgánica en ambientes de escasez de O<sub>2</sub>, depósitos digestivos y defecación de animales herbívoros<sup>25</sup>.

### **Ozono**

Está presente de manera natural en la atmósfera, cuando se encuentra en capas bajas como la tropósfera ya es considerado contaminante.

En ambientes atmosféricos urbanos, es un gas resultado de reacciones químicas entre óxidos de nitrógeno y compuestos inorgánicos. A concentraciones entre 0,05 y 0,1 mg/kg, tiene efectos irritativos en vías respiratorias superiores<sup>25-27</sup>.

### **Fenómeno de polvo del Sahara**

El polvo proveniente de las arenas del desierto de Sahara, en forma de bandas nubosas densas y de manera estacional, cruza el Océano Atlántico, desplazándose más de 6.000 km y cubriendo amplias zonas del Caribe, Centro y Sur América.

Los principales componentes de las partículas de polvo del Sahara son arcillas y minerales: hierro, cobre, zinc, cuarzo, dióxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) y óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). El polvo sahariano también transporta grandes cantidades de pólenes y microorganismos, como bacterias y hongos, y componentes asociados, como proteínas y lípidos. La totalidad de la masa del polvo de Sahara es conformada por PM 10 (90%) y de este el 50% está constituido por PM 2,5. Concentraciones de PM en el rango de tamaño 84 µg/m<sup>3</sup> a 600 µg/m<sup>3</sup> parecen estar asociadas con el mayor impacto en la salud humana en términos de concentración diaria promedio, exacerbando enfermedades respiratorias (asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, neumonía, entre otras), enfermedades cardiovasculares (cardiopatía isquémica, enfermedad cerebrovascular) o rinoconjuntivitis alérgica. La inhalación de dióxido de silicio en bajas concentraciones puede causar silicosis y bronquitis. La materia particulada también puede contener endotoxinas, capaces de producir respuestas inflamatorias respiratorias y sistémicas, aumentando las admisiones hospitalarias por eventos respiratorios y cardiovasculares, sobre todo en edades extremas<sup>28-31</sup>.

Además, la presencia de polvo sahariano aumenta el efecto nocivo de otros contaminantes ambientales primarios en las zonas cubiertas por el polvo<sup>31</sup>.

### **Material particulado (PM)**

Se refiere a las partículas sólidas y/o líquidas suspendidas en el aire con diámetros desde 1x10<sup>-3</sup> milímetros hasta 0,1 milímetros, con variadas formas

y composición química, y se clasifica en partículas gruesas, finas y ultrafinas. Las partículas gruesas, que tienen un diámetro superior a 2,5  $\mu\text{m}$ , provienen principalmente de sales marinas y del suelo. Las partículas finas (0,1 a 2,5  $\mu\text{m}$  de diámetro) y ultrafinas (< 0,1  $\mu\text{m}$  de diámetro) provienen predominantemente de la combustión de combustibles fósiles<sup>32-34</sup>. Su composición varía por tamaño, dinámica, forma y localización. Estos particulados se pueden producir de manera natural o antropogénica. El proceso natural incluye fenómenos como aerosoles marinos, erupciones volcánicas, incendios forestales espontáneos, erosión del suelo y arenas desérticas<sup>35</sup>.

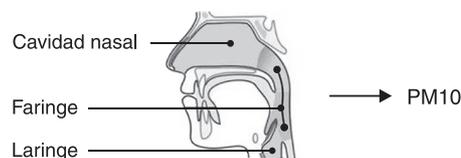
El proceso antropogénico se refiere a las emisiones atmosféricas por medios de transporte, fuentes industriales, generación de electricidad, minería, soldadura, construcción, producción de biomasa, incendios forestales inducidos y todo aquello que involucre quema de combustible<sup>15</sup>.

El PM puede ser diferente de acuerdo con la fuente y composición (ver Tabla 3): partículas de escape de diesel – formadas por metales de transición e hidrocarburos policíclicos aromáticos –, aceite residual de cenizas volantes – formado por la mezcla de sulfatos, compuestos de nitrógeno, carbono y metales –, entre otros<sup>35-36</sup>.

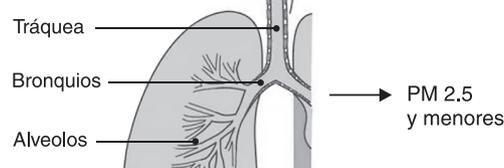
### Alcance del material particulado en vías respiratorias

Debido a sus características y a su tamaño, el MP podrá alcanzar diferentes zonas del sistema respiratorio (Figura 1).

#### Tracto respiratorio superior



#### Tracto respiratorio inferior



**Figura 1**

Las partículas mayores o iguales a 10 micrómetros se alojan en vías respiratorias superiores, incluyendo nariz, laringe, laringe y tráquea, pero las partículas menores o iguales a 2,5 micrómetros pueden llegar a bronquiolos y alveolos

**Tabla 3**

Composición química de material particulado PM 10 y PM 2,5<sup>36-38</sup>

PM10	PM 2,5
Carbono elemental (CE)	Y, Cl, Sb, Rb, Mg, Mo, Mn, Sc, Cs, K, V, Ni
Materia polvo inorgánico	Na, Ba, Ca, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe, Nb, Sr, Ti, Cr, Li
SiO <sub>2</sub>	Carbono elemental (CE)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub>	F, Br, NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , nmSO <sub>4</sub> <sup>2</sup>
Ca, K, Na, Mg, Fe, P, Sr, Ba, Ti	Fe, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Ti, Mn, Co, As, Rb, Sr y Ba
Origen marino, orgánicos (OM)	Se, Sn, Be

El factor tráfico contribuye entre el 28 y el 71% a los niveles de OM+CE, Ca, Fe, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Sb, Ba y Pb. El factor industrial contribuye entre el 29 y el 83% a los niveles de SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, As y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

El polvo inorgánico contribuye entre el 33 y el 92% a los niveles de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ca, K, Mg, Fe, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Ti, Mn, Co, As, Rb, Sr y Ba.

Los compuestos mayoritarios en la fracción PM10 son materia orgánica y carbono elemental (OM+CE=11,3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), SiO<sub>2</sub> (5,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y sulfato no marino (4,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ); los niveles medios de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (3,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en ambos casos) son también notables los componentes mayoritarios de origen orgánico.

## Aspectos Inmunológicos de la contaminación ambiental

El impacto que tiene la exposición continua a contaminantes atmosféricos inhalados es principalmente asociado a diversas afectaciones del sistema inmunológico, principalmente en procesos inflamatorios y mutagénicos. La individualización y el grado de afectación que esto conlleva son complejos y difíciles de extrapolar entre poblaciones, ya que dependen de factores individuales (enfermedades preexistentes, edad, factores hereditarios de predisposición de enfermedades, entre otros) y de factores propios de cada región. En las Tablas 4 y 5 se trata de resumir la

respuesta inmunológica como efecto a la exposición de contaminantes atmosféricos<sup>36,47</sup>.

## Regulaciones medioambientales actuales en Latinoamérica

### Regulaciones existentes

América Latina es una región privilegiada ambientalmente, debido a su gran acervo de patrimonio natural, biodiversidad y posibilidades de provisión de servicios ambientales. No obstante, sigue acumulando presiones derivadas de antiguos patrones productivos y de ocupación territorial, que se han agudizado como consecuencia del modelo de desarrollo predominante,

**Tabla 4**

Efectos de contaminantes no particulados sobre el sistema inmunológico

Ozono	Asociado al aumento de la expresión de citocinas y moléculas proinflamatorias, principalmente interleucina 8 (IL-8), IL-1, IL-6, prostaglandinas y leucotrienos, así como al aumento de la producción de células como macrófagos, monocitos, basófilos, linfocitos y eosinófilos.
Dióxidos de azufre	Asociado a la activación de respuesta linfocitaria de tipo Th2, disminución del <b>interferón gamma (IFN-<math>\gamma</math>)</b> , <b>activación del factor de crecimiento transformador beta (TGF-<math>\beta</math>)</b> , y <b>factor nuclear kappa B (NF-<math>\kappa</math>B)</b> y aumento en la síntesis de IL-13.
Óxido de nitrógeno	Asociado a la activación de la respuesta de tipo T helper 2 (Th-2) y Th-17, así como al incremento de la producción de linfocitos, neutrófilos y eosinófilos.
Dióxido de carbono	Disminuye la expresión de IL-6 e IL-8. Incrementa la expresión de quimiocinas: oncogén relacionado con el crecimiento (GRO), GRO- $\alpha$ , proteína quimiotáctica de monocitos 1 (MCP-1), proteína inflamatoria de macrófagos 1 alfa (MIP-1 $\alpha$ ), MIP-1 $\beta$ y NAP2.

**Tabla 5**

Efectos de contaminantes particulados sobre el sistema inmunológico

### Afectaciones inmunológicas del material particulado

Estimula células dendríticas  
Actúa sobre la expresión de TSLP y GM-CSF  
Induce al reclutamiento de macrófagos en pulmones  
Incrementa la IL-17A  
Induce al desbalance Th1/Th2  
Incrementa la producción de IgM, IgE e IgG  
Disminuye la producción de IgA  
Activa mecanismos proinflamatorios a través de las vías NF- $\kappa$ B y MAPK

pese a la puesta en marcha de estrategias y políticas específicas<sup>48</sup>.

## **Regulaciones regionales**

### *Norteamérica*

#### México

La regulación de la contaminación atmosférica se encuentra establecida a nivel federal y local en cada uno de los estados de la república mexicana, siendo la más importante la de índole federal desde 1994, a través de la Norma Oficial Mexicana (NOM) 085 y 043, y las implicaciones de la contaminación sobre la salud humana, a través de la NOM 020-SSA1-2014. En éstas se establecen los niveles máximos permitidos de contaminantes ambientales atmosféricos, a partir de los cuales se pone en riesgo la salud de la población, siendo los garantes de su cumplimiento la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios. A pesar de la amplia Regulación, su puesta en vigor es laxa y poco difundida a nivel local, conllevando a un escaso cumplimiento de dichas normativas en la mayoría de los estados<sup>49-51</sup>.

### *Centroamérica*

#### Guatemala

Regulado por medio del Decreto 68-1986 (Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente). No cuenta con normativas de contaminación ambiental atmosférica sobre el tipo y concentraciones permitidas<sup>50-51</sup>.

#### El Salvador

La regulación está regida por medio del Decreto No. 233 (Ley de Medio Ambiente), no presenta regulación definida sobre tipos y concentraciones de contaminantes atmosféricos<sup>50-51</sup>.

#### Honduras

No se encontró ley ambiental de contaminación atmosférica específica, pero existe la Agenda Ambiental de Honduras y la Ley General del Ambiente (Decreto No. 104-1993)<sup>50-51</sup>.

#### Nicaragua

La Ley General del Ambiente y los Recursos Naturales (Ley No. 217) presenta normas de niveles y tipos de contaminantes atmosféricos<sup>50-51</sup>.

#### Costa Rica

Establecida por medio de la Ley No. 7554, o Ley Orgánica del Ambiente, presenta normas de niveles y tipos de contaminantes atmosféricos<sup>50-51</sup>.

#### Panamá

La Ley No. 41 (Ley General del Ambiente) presenta normas de niveles y tipos de contaminantes atmosféricos<sup>50-51</sup>.

Aunque la mayoría de los países centroamericanos presentan normas o leyes ambientales, en algunos casos claramente detallados, su implementación o cumplimiento es inexistente o deficiente, y en la mayoría de los casos únicamente es aplicado en las grandes ciudades o capitales.

### *Caribe*

#### República Dominicana

La Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ley No. 6400), vigente desde el año 2000, presenta normas de niveles y tipos de contaminantes atmosféricos<sup>50-51</sup>.

#### Haití

La gestión del medio ambiente se encuentra regulada en el decreto titulado "Décret portant sur la gestion de l'environnement et de régulation de la conduite des citoyens et citoyennes pour un développement durable", de 2005, pero no hay regulación específica sobre contaminantes ambientales atmosféricos<sup>50-51</sup>.

#### Cuba

Presenta la Ley No. 33 (Ley de Protección del Medio Ambiente y Uso Racional de los Recursos Naturales) de 10/1/81, además de normas de contaminación ambiental en revisión desde 2019<sup>50-51</sup>.

#### Puerto Rico

Cuenta con una ley sobre política pública ambiental desde 1992, y existe monitoreo de los principales contaminantes ambientales<sup>50-51</sup>.

Con respecto a las islas Antigua y Barbuda, Barbados, Dominica, Granada, Jamaica, San Cristóbal y Nieves, San Vicente y las Granadinas, Santa Lucía, aunque la mayoría presente leyes o iniciativas medio ambientales, no se pudieron documentar regulaciones específicas para contaminantes atmosféricos<sup>50-51</sup>.

En la actualidad, el Caribe presenta grandes retos en política ambiental, tanto en el cumplimiento de

leyes y/o normativas existentes como en el alcance de las metas de calidad del aire<sup>50-51</sup>.

## Suramérica

### Argentina

Posee una ley ambiental general para la República Federal de Argentina, promulgada desde 1994, (Ley No. 25675), la cual ha sido renovada y fortalecida con leyes secundarias, su implementación y vigilancia recae a nivel federal en La Secretaría de Gobierno de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Es de recalcar que cada una de las jurisdicciones (estados) cuenta con normativa propia ambiental, generando diferentes grados de exigencias en su cumplimiento. En relación con los niveles de concentración de gases atmosféricos, la ley únicamente contempla las emisiones de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, ozono y material particulado en suspensión y sedimentable, cuyo cumplimiento aun representa un reto tanto en zonas urbanas como rurales. En la actualidad, la República Argentina se encuentra entre los 30 países que más contribuyen en la contaminación ambiental mundial<sup>50-52</sup>.

### Colombia

Se encuentra regulada por la Ley Ambiental No. 99 (1993), que surge de normas y principios ambientales contenidos en la Constitución Política de Colombia en alrededor de 53 artículos. Los entes gubernamentales responsables de su cumplimiento, regulación y monitoreo son el Ministerio del Medio Ambiente, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, y varias corporaciones regionales ambientales.

Colombia cuenta con una serie de normativas y leyes secundarias en torno a la contaminación atmosférica.

A pesar de toda la normativa, los niveles de contaminación ambiental del aire superan los máximos establecidos por la OMS en algunas de las principales ciudades colombianas<sup>50,51,53</sup>.

### Paraguay

El organismo institucional es la Comisión Nacional de Cambio Climático, dependiente de Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible de este país, que la establece como un órgano colegiado de carácter interinstitucional e instancia deliberativa y consultiva de la Política Nacional de Cambio Climático, contando con el instrumento jurídico establecido por la Ley de Aire Limpio (No. 5211/14). El cumplimiento y ejecución

de esta ley es deficiente en ciudades agrícolas, y pobremente aplicable en grandes ciudades<sup>50-52</sup>.

### Venezuela

La Ley Orgánica del Ambiente (Ley No. 5.833) cuenta con normas y leyes secundarias en materia de contaminación y calidad de aire.

Su ejecución y regulación es por medio del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, aunque éste es laxo y de limitado cumplimiento<sup>50,51,54</sup>.

### Perú

Cuenta con una Ley General del Ambiente (Ley No. 28611) y normas acerca de la contaminación atmosférica del aire, aunque éstas se encuentran lejos de alcanzar sus objetivos.

Su cumplimiento recae en el Viceministerio de Gestión Ambiental<sup>50,51,55</sup>.

### Bolivia

Su normativa se encuentra a través de la Ley de Medio Ambiente (Ley No. 1333) y normas acerca de la calidad del aire. Su cumplimiento y ejecución son limitados<sup>50,51,56</sup>.

### Ecuador

Regulada por medio de la Ley de Gestión Ambiental y de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental (2004), además del Código Orgánico del Ambiente de 2017.

Sus alcances en la actualidad son limitados y presenta muchos retos de cumplimiento<sup>50,51,57</sup>.

### Uruguay

Su regulación se encuentra a cargo del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, por medio de la Ley General de Medio Ambiente (Ley No. 17.283). Sin embargo, los alcances de dicha ley aún son limitados<sup>50-52,58</sup>.

### Trinidad y Tobago

Cuenta con una ley de gestión ambiental desde el año 2000. No se ha documentado normativa aplicable a contaminantes ambientales por tipo o concentración<sup>50,51,59</sup>.

### Chile

Cuenta con leyes aplicables en relación con el medio ambiente (Ley No. 19.300 y normativas secundarias a cargo del Ministerio del Medio Ambiente),

además de un sistema de monitoreo ambiental en más de 25 ciudades del país. Los esfuerzos gubernamentales en dicha materia han reducido de forma continua en los últimos 5 años los niveles de contaminación atmosférica a nivel nacional. Sin embargo, a pesar de ello, las principales ciudades chilenas se encuentran dentro de las de mayor contaminación ambiental de América Latina, principalmente de PM 2,5<sup>50,51,60</sup>.

## Brasil

Cuenta con un sólido y estructurado sistema de protección ambiental que data de los años 1930, plasmado actualmente en la Constitución de Brasil, en su artículo 23 VI, el cual dispone que es competencia común de la Unión, de los estados, del Distrito Federal y de los municipios proteger el medio ambiente y combatir la contaminación ambiental en cualquiera de sus formas, además de contar con legislación complementaria en los ámbitos penal, administrativo/civil. A pesar de esta aparente fortaleza jurídica, organismos internacionales han denunciado en los últimos años el desmantelamiento de las instituciones encargadas de velar por el medio ambiente, permitiendo así graves violaciones en materia ambiental en extensas zonas geográficas de su territorio<sup>50,51,56,68</sup>.

## Medidas y políticas gubernamentales para el control de la contaminación atmosférica: estado actual y futuro

La región latinoamericana enfrenta importantes problemas ambientales, determinados por los patrones de uso de sus recursos naturales, los sistemas de producción, los hábitos de consumo de las poblaciones humanas y la regulación gubernamental ambiental<sup>61</sup>.

Aunado a esto, existen grandes diferencias con respecto a la implementación de las directrices de calidad de aire de la OMS. PM10, PM2,5, NO<sub>2</sub>, ozono y SO<sub>2</sub> son los principales contaminantes atmosféricos regulados; sin embargo, esto ocurre solamente en 21 países. Los niveles más bajos para PM10 han sido adoptados por Estados Unidos, Guatemala, Perú y Bolivia, mientras que solamente los primeros dos, además de Canadá, lo realizan para PM 2,5<sup>62</sup>.

La Primera Conferencia Mundial sobre Contaminación del Aire y Salud se celebró en la sede de la OMS. Se presentaron 81 compromisos sobre aire limpio, incluido compromisos de cuatro países latinoamericanos<sup>63-64</sup>.

El control y la aplicación de aquellas regulaciones que ya existen se consideran limitadas, ya que solamente 19 de los 35 países de América informan sobre las mediciones de la calidad del aire<sup>65</sup>.

Además, el 84% de las ciudades con sitios de monitoreo de la calidad del aire se encuentran en las zonas de altos ingresos de cada uno de estos países.

El mayor número de muertes en ciudades de América Latina que se atribuyen a la contaminación ocurren en Argentina, Brasil y México, donde se han calculado más de 10,000 muertes al año<sup>56</sup>.

Desde la primera década del siglo XXI, diversos países latinoamericanos, entre ellos Brasil, México, Colombia y Costa Rica, se han comprometido en adoptar medidas ambientales estrictas en relación con emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. Muchas de estas medidas se encuentran en las fases iniciales de su proceso de ejecución, pero aminoran de estar supeditados a criterios y a la voluntad política de los gobiernos en turno<sup>64-67</sup>.

## Recomendaciones del Comité

Una de las estrategias para evitar la contaminación es conocer el estado real de contaminación atmosférica de un sitio determinado, para lo cual se utilizan las estaciones de monitoreo de la calidad del aire dentro de las áreas urbanas, ubicadas en áreas estratégicas de acuerdo con el tamaño de cada urbe. Se deben asegurar la calidad de cada equipo y el cruzamiento de los resultados entre los equipos ubicados en una misma urbe, además de identificar las fuentes de emisión y los valores altos que sobrepasen aquellos permitidos. Finalmente, deben hacerse los análisis de la información, generar la adecuada información de la contaminación aérea<sup>66</sup>.

Para que dicha monitorización sea pertinente y tenga validez real, deben seleccionarse adecuadamente los lugares apropiados donde ubicar los monitores, teniendo en cuenta las fuentes emisoras de contaminación, tanto fijas como móviles. Adicionalmente, deben considerarse variables climáticas como pluviosidad, régimen de vientos, temperatura, humedad y radiación solar. Esto permitirá ubicar las fuentes fijas y móviles contaminantes, incluyendo las quemas forestales, y así poder establecer modelos de calidad del aire que permitan trazar estrategias para evitar la contaminación. Son, de hecho, los procesos industriales, las fuentes móviles vehiculares y las quemas forestales tres de las fuentes más importantes de contaminación del aire<sup>67</sup>.

Formular, a todo nivel, políticas y estrategias de control de calidad del aire que cumplan con las directrices de la OMS<sup>68-75</sup>.

Invertir en las redes de monitoreo de la calidad del aire y mejorar los sistemas de evaluación, así como la capacidad institucional, y hacer énfasis en la divulgación de información al público en general para corregir las deficiencias en materia de capacidad, datos, información y concientización.

Hacer llegar información educativa adaptada a la población en general a través del incentivo al compromiso de los diferentes grupos, sociedades y asociaciones con poder de influencia directa sobre la población (sociedades médicas, organizaciones académicas, agrupaciones comunitarias, y otras) para aumentar la concientización personal y así lograr la disminución de la producción individual de contaminantes antropogénicos y para que la población, a su vez, pueda exigir un mayor control de las regulaciones generales existentes o generarlas por parte de las autoridades correspondientes.

Reducir las emisiones de fuentes industriales y manufactureras de importancia.

Establecer y aplicar normas avanzadas sobre emisiones de los vehículos.

Innovar en la producción de vehículos híbridos y eléctricos e implantar su uso.

Facilitar el acceso al transporte público y a la infraestructura de transporte no motorizado en las ciudades (vías peatonales, ciclovías, etc.).

Aumentar las inversiones en energías renovables y en eficiencia energética.

Incentivar la cultura de clasificación y reciclaje de desechos.

Mejorar el acceso a combustibles de cocina no contaminantes y, en los países donde aplique, a tecnologías ecológicas para la calefacción residencial.

Proteger y restaurar los ecosistemas para evitar la erosión, los incendios forestales y las tormentas de polvo. Esto incluye evitar la quema a cielo abierto de desechos.

Reducir las emisiones de metano y amonio procedentes de la agricultura.

Designar y ampliar espacios verdes en las zonas urbanas.

Mejorar las actividades gubernamentales y empresariales en relación con el cambio climático, para luchar mejor contra la contaminación local y regional.

## Conclusión

La contaminación ambiental, en todas sus vertientes, tiene un efecto de enormes dimensiones no sólo sobre la existencia del planeta, sino también sobre la salud de la humanidad.

Es impostergable la concientización y el compromiso de todos los integrantes de la sociedad, tanto de los receptores como de los emisores de servicios, a fin de generar comportamientos alineados en el mismo fin de disminuir de manera notoria, eficaz y muy pronta los niveles de contaminación ambiental que no solo afectan de manera directa la salud de los habitantes sino también el tiempo de viabilidad del mismo planeta como habitable.

El Comité de Contaminación Ambiental de la Sociedad Latinoamericana de Alergia, Asma e Inmunología (SLAAI) se une a las organizaciones científicas actuantes y responsables de encauzar la educación, la salud, la diseminación de educación de cada uno de los países miembros a fin de contribuir al fin común de preservar la habitabilidad de nuestro planeta y por consiguiente la salud de sus habitantes.

## Referencias

- Daly A, Zannetti P. An Introduction to Air Pollution – Definitions, Classifications, and History. In: Zannetti P, Al-Ajmi D, Al-Rashied S, eds. *Ambient Air Pollution*. 2007; The Arab School for Science and Technology (ASST) (<http://www.arabschool.org.sy>) and The EnviroComp Institute (<http://www.envirocomp.org/>).
- Landrigan PJ, Fuller R, Fisher S, Suk WA, Sly P, Chiles TC, et al. Pollution and children's health. *Sci Total Environ*. 2019 Feb 10;650(Pt 2):2389-94.
- Romieu I, Gouveia N, Cifuentes LA, de Leon AP, Junger W, Vera J; HEI Health Review Committee. Multicity study of air pollution and mortality in Latin America (the ESCALA study). *Res Rep Health Eff Inst*. 2012 Oct;(171):5-86.
- Schultz AA, Schauer JJ, Malecki KM. Allergic disease associations with regional and localized estimates of air pollution. *Environ Res*. 2017;155:77-85.
- Nel A. Atmosphere. Air pollution-related illness: effects of particles. *Science*. 2005 May 6;308(5723):804-6.
- Organización Panamericana de la Salud. Contaminación del Aire Ambiental. 2016. [citado 02 marzo 2020]. Disponible en: [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-air-pollution&Itemid=72243&lang=es).
- Medina Arboleda I, Pablo P. La investigación en educación ambiental en América Latina: un análisis bibliométrico. *Revista Colombiana de Educación*. 2014;66:56-72.
- Ortega-García JA, Tellerías L, Ferrís-Tortajada J, Boldo E, Campillo-López F, van den Hazel P, et al. Amenazas, desafíos y oportunidades para la salud medioambiental pediátrica en Europa, América Latina y el Caribe. *An Pediatr (Barc)*. 2019 Feb;90(2):124.e1-124.e11.
- Aránguez E, Ordóñez JM, Serrano J, Aragonés N, Fernández-Patier R, Gandarillas A, et al. Contaminantes atmosféricos y su vigilancia [Air pollutants and their monitoring]. *Rev Esp Salud Publica*. 1999 Mar-Apr;73(2):123-32.

10. Castro A. Childhood asthma from a health equity perspective: The case of Latin America and the Caribbean. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2019;122(5):445-446.e2.
11. Sunyer J. Característiques i funcions de l'epidemiologia ambiental [Features and functions of environmental epidemiology]. *Gac Sanit.* 1990;4(19):145-156. doi:10.1016/s0213-9111(90)71018-7.
12. Harrison RM, Yin J. Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health? *Sci Total Environ.* 2000;249(1-3):85-101.
13. Manahan SE. *Introducción a la química ambiental.* 1ª ed. Barcelona: Ed. Reverté; 2007.
14. Falcon-Rodríguez CI, Osornio-Vargas AR, Sada-Ovalle I, Segura-Medina P. Aeroparticles, Composition, and Lung Diseases. *Front Immunol.* 2016;7:3.
15. De Nevers N. *Ingeniería de control de la contaminación del aire.* México, D. F.: Mc Graw Hill; 1998.
16. Poole JA, Barnes CS, Demain JG, Bernstein JA, Padukudru MA, Sheehan WJ, et al. Impact of weather and climate change with indoor and outdoor air quality in asthma: A Work Group Report of the AAAAI Environmental Exposure and Respiratory Health Committee. *J Allergy Clin Immunol.* 2019 May;143(5):1702-10.
17. WHO Regional Office for Europe. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. Copenhagen; 2013. [citato 15 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaap-project-final-technical-report>
18. World Health Organization. Methods for burden of disease attributable to ambient air pollution for the year 2012. Geneva; 2014. [citato 10 marzo 2020]. Disponible en: ([http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/AAP\\_BoD\\_methods\\_March2014.pdf?ua=1](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_methods_March2014.pdf?ua=1)).
19. Romieu I, Alamo-Hernández U, Texcalac-Sangrador JL, Pérez L, Gouveia N, McConnell R. La contaminación atmosférica en las Américas: tendencias, políticas y efectos. In: Galvão LAC, Finkelman J, Henao S, eds. *Determinantes ambientales y sociales de la salud.* Washington, DC: Organización Panamericana de la Salud; 2010. p. 495.
20. Beloconi A, Vounatsou P. Bayesian geostatistical modelling of high-resolution NO<sub>2</sub> exposure in Europe combining data from monitors, satellites and chemical transport models. *Environ Int.* 2020;138:105578.
21. UN Environment. Emissions Gap Report 2018 [Internet]. 2019 [citado 25 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>.
22. Molina M, Zaelke D, Sarma KM, Andersen SO, Ramanathan V, Kanariu D. Reducing abrupt climate change risk using the Montreal Protocol and other regulatory actions to complement cuts in CO<sub>2</sub> emissions. *PNAS.* 2009;106(49):20616-21.
23. Glencross DA, Ho TR, Camiña N, Hawrylowicz CM, Pfeffer PE. Air pollution and its effects on the immune system. *Free Radic Biol Med.* 2020;151:56-68.
24. Anderson JO, Thundiyil JG, Stolbach A. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J Med Toxicol.* 2012;8(2):166-75.
25. Muralidharan S, Mandrekar P. Cellular stress response and innate immune signaling integrating pathways in host defense and inflammation. *J Leukoc Biol.* 2013;94(6):1167-84.
26. Becher B, Tugues S, Greter M. GM-CSF: From Growth Factor to Central Mediator of Tissue Inflammation. *Immunity.* 2016;45(5):963-73.
27. Mann EH, Ho TR, Pfeffer PE, Matthews NC, Chevreton E, Mudway I, et al. Vitamin D Counteracts an IL-23-Dependent IL-17A+IFN- $\gamma$  Response Driven by Urban Particulate Matter. *Am J Respir Cell Mol Biol.* 2017;57(3):355-66.
28. Giannadaki D, Pozzer A, Lelieveld J. Modeled global effects of airborne desert dust on air quality and premature mortality. *Atmos Chem Phys.* 2014;14:957-68.
29. Stafoggia M, Zauli-Sajani S, Pey J, Samoli E, Alessandrini E, Basagaña X; MED-PARTICLES Study Group. Desert Dust Outbreaks in Southern Europe: Contribution to Daily PM<sub>10</sub> Concentrations and Short-Term Associations with Mortality and Hospital Admissions. *Environ Health Perspect.* 2016;124(4):413-9.
30. Menéndez I, Derbyshire E, Carrillo T, Caballero E, Engelbrecht JP, Romero LE, et al. Saharan dust and the impact on adult and elderly allergic patients: the effect of threshold values in the northern sector of Gran Canaria, Spain. *Int J Environ Health Res.* 2017;27(2):144-60.
31. Zhang X, Zhao L, Tong DQ, Wu G, Dan M, Teng B. A Systematic Review of Global Desert Dust and Associated Human Health Effects. *Atmosphere.* 2016;7(12):158.
32. Riojas-Rodríguez H, Soares da Silva A, Texcalac-Sangrador JL, Moreno-Banda GL. Air pollution management and control in Latin America and the Caribbean: implications for climate change. *Rev Panam Salud Publica.* 2016;40(3):150-9.
33. Upadhyay N, Clements A, Fraser M, Herckes P. Chemical speciation of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in south Phoenix, AZ, USA. *J Air Waste Manag Assoc.* 2011;61(3):302-10.
34. Nemmar A, Holme JA, Rosas I, Schwarze PE, Alfaro-Moreno E. Recent advances in particulate matter and nanoparticle toxicology: a review of the in vivo and in vitro studies. *Biomed Res Int.* 2013;2013:279371.
35. Artiñano B, Salvador P, Alonso DG, Querol X, Alastuey A. Anthropogenic and natural influence on the PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> aerosol in Madrid (Spain). Analysis of high concentration episodes. *Environmental Pollution.* 2003;125:453-65.
36. Kim E, Hopke PK. Source characterization of ambient fine particles at multiple sites in the Seattle area. *Atmospheric Environment.* 2008;42:6047-56.
37. Glencross DA, Ho TR, Camiña N, Hawrylowicz CM, Pfeffer PE. Air pollution and its effects on the immune system. *Free Radic Biol Med.* 2020;151:56-68.
38. Quintana FJ, Basso AS, Iglesias AH, Korn T, Farez MF, Bettelli E, et al. Control of T(reg) and T(H)17 cell differentiation by the aryl hydrocarbon receptor. *Nature.* 2008;453(7191):65-71.
39. Weng CM, Wang CH, Lee MJ, He JR, Huang HY, Chao MW, et al. Aryl hydrocarbon receptor activation by diesel exhaust particles mediates epithelium-derived cytokines expression in severe allergic asthma. *Allergy.* 2018;73(11):2192-204.
40. De Grove KC, Provoost S, Braun H, Blomme EE, Teufelberger AR, Krysko O, et al. IL-33 signalling contributes to pollutant-induced allergic airway inflammation. *Clin Exp Allergy.* 2018;48(12):1665-75.
41. Matthews NC, Pfeffer PE, Mann EH, Kelly FJ, Corrigan CJ, Hawrylowicz CM, et al. Urban Particulate Matter-Activated Human Dendritic Cells Induce the Expansion of Potent Inflammatory Th1, Th2, and Th17 Effector Cells. *Am J Respir Cell Mol Biol.* 2016;54(2):250-62.
42. Steerenberg PA, van Amelsvoort L, Lovik M, Hetland RB, Alberg T, Halatek T, et al. Relation between sources of particulate air pollution and biological effect parameters in samples from four European cities: an exploratory study. *Inhal Toxicol.* 2006;18(5):333-46.
43. Schwander S, Okello CD, Freers J, Chow JC, Watson JG, Corry M, et al. Ambient particulate matter air pollution in Mperwe District, Kampala, Uganda: a pilot study. *J Environ Public Health.* 2014;2014:763934.
44. Garimella S, Deo RN. Neutron activation analysis of atmospheric aerosols from a small Pacific Island Country: a case of Suva, Fiji Islands. *Aerosol Air Qual Res.* 2007;7:500-17.
45. Dergham M, Lepers C, Verdin A, Cazier F, Billet S, Courcot D, et al. Temporal-spatial variations of the physico-chemical characteristics of air pollution Particulate Matter (PM<sub>2.5-0.3</sub>) and toxicological effects in human bronchial epithelial cells (BEAS-2B). *Environ Res.* 2015;137:256-67.
46. Sánchez J, Caraballo L. Repercusión de la contaminación del aire en la aparición de asma. *Revista Alergia México.* 2015;62:287-301.

47. World Health Organization. Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016. [citado 16 febrero 2020]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141>.
48. Clean Air Institute. México, Mejores Prácticas en Reducción de Emisiones de Metano en el Sector Gas y Petróleo. 2019. [citado 17 marzo 2020]. Disponible en: [https://www.cleanairinstitute.org/post/mexico\\_reduccion\\_metano\\_hidrocarburos](https://www.cleanairinstitute.org/post/mexico_reduccion_metano_hidrocarburos)
49. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Perspectivas del Medio Ambiente: América Latina y el Caribe. Costa Rica: Roberto Burgos Sáenz; 2010. [citado 15 marzo 2020]. Disponible en: [https://www.paho.org/mex/index.php?option=com\\_docman&view=download&category\\_slug=promocion-de-la-salud-y-reduccion-de-riesgos&alias=377-perspectiva-del-medio-ambiente-america-latina-y-el-caribe&Itemid=493](https://www.paho.org/mex/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=promocion-de-la-salud-y-reduccion-de-riesgos&alias=377-perspectiva-del-medio-ambiente-america-latina-y-el-caribe&Itemid=493).
50. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Gobernanza Ambiental - América Latina y el Caribe [Internet]. 2018 [citado 16 febrero 2020]. Disponible en: [http://www.pnuma.org/gobernanza/documentos/legislacionporpaíses/Paises\\_y\\_estados\\_del\\_medio\\_ambiente.pdf](http://www.pnuma.org/gobernanza/documentos/legislacionporpaíses/Paises_y_estados_del_medio_ambiente.pdf)
51. ONU Medio Ambiente. Gobernanza Ambiental la Agenda 2030. Panamá: Andrea Brusco; 2018. [citado 17 marzo 2020]. Disponible en: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26756/Gobernanza\\_Ambiental\\_ALC.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26756/Gobernanza_Ambiental_ALC.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
52. World Bank. Análisis Ambiental de País: Argentina. Argentina; 2016. [citado 16 marzo 2020]. Disponible en: <http://documents.bancomundial.org/curated/es/552861477562038992/pdf/109527-REVISED-PUBLIC-AR-CEA-An%C3%A1lisis-Ambiental-de-Pa%C3%ADs-Segunda-Edici%C3%B3n.pdf>.
53. DEAM, IAvH, Invenmar, SINCHI e IIAP Tomo 3: Contaminación del aire y agua en Colombia e impactos sobre la salud. Informe del Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables 2011. Bogotá, D. C., 2013. p. 148.
54. Villegas Lewis A, Reyes Gil RE, Galván Rico LE. Problemática ambiental en Venezuela y el mundo. Universidad, Ciencia y Tecnología (UCT). 2004;8(30):117-25.
55. Congreso de la República de Perú. Ley General del Ambiente - Ley N° 28611. Perú; 2005. [citado 6 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/06/ley-general-del-ambiente.pdf>.
56. Congreso Nacional de la república de Bolivia. LEY No. 1333 Ley del Medio Ambiente. Bolivia; 1992. [citado 18 marzo 2020]. Disponible en: [http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/bolivia/bolivia\\_1333.pdf](http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/bolivia/bolivia_1333.pdf).
57. Martínez Moscoso A. El nuevo marco jurídico en materia ambiental en Ecuador. Estudio Sobre El Código Orgánico Del Ambiente [Internet]. Cuenca, Ecuador; 2019 [citado 25 marzo 2020]. Disponible en: [https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2019/04/2019\\_04\\_08\\_Martinez\\_Nuevo-marco-juridico-ambiental-Ecuador.pdf](https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2019/04/2019_04_08_Martinez_Nuevo-marco-juridico-ambiental-Ecuador.pdf)
58. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente. Gobierno de Uruguay. Ley N° 17.283, Ley General de Protección del Ambiente. Uruguay; 2000. [citado 17 marzo 2020]. Disponible en: <https://mvtoma.gub.uy/el-plan-ambiental-nacional/contexto>.
59. Evolución Histórica y Legal de la Evaluación de Impacto Ambiental [Internet]. 2009 [citado 8 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6830/03LagI03de09.pdf;jsessionid=9E99687A1514A4280EBD0F13AF63E5A3?sequence=3>
60. Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile. Segunda Encuesta Nacional de Medio Ambiente. Chile; 2016. [citado 30 enero 2020]. Disponible en: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/03/Segunda-Encuesta-Nacional-de-Medio-Ambiente.pdf>.
61. UNEP and CCAC. Integrated Assessment of Short-Lived Climate Pollutants for Latin America and the Caribbean: improving air quality while mitigating climate change. Summary for decision makers. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya; 2016. [citado 10 febrero 2020]. Disponible en: <https://ccacoalition.org/en/file/1821/download?token=hEbnLsiW>.
62. Clean air institute. Green J, Sánchez S. Air Quality In Latin America: An Overview. Clean Air Institute 2013. [citado 19 febrero 2020]. Disponible en: [https://science.gsfc.nasa.gov/610/applied-sciences/air\\_quality\\_health\\_showcase/Sanchez\\_AQ\\_Health\\_Showcase.pdf](https://science.gsfc.nasa.gov/610/applied-sciences/air_quality_health_showcase/Sanchez_AQ_Health_Showcase.pdf).
63. Environmental Protection Agency. Clean Air Act Overview. Air Pollution: Current and Future Challenges. 2017. [citado 13 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-future-challenges>.
64. Tapia V, Carbajal L, Vásquez V, Espinoza R, Vásquez-Velásquez C, Steenland K, et al. Reordenamiento vehicular y contaminación ambiental por material particulado (2,5 y 10), dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno en Lima Metropolitana, Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2018;35(2):190-7.
65. Hassoun Y, James C, Bernstein DI. The Effects of Air Pollution on the Development of Atopic Disease. Clin Rev Allergy Immunol. 2019;57(3):403-14.
66. World Health Assembly, 71. Health, environment and climate change: road map for an enhanced global response to the adverse health effects of air pollution: report by the Director-General. World Health Organization. Geneva; 2018.
67. Organización Mundial de la Salud. Marco operacional para el desarrollo de sistemas de salud resilientes al clima [Operational framework for building climate resilient health systems]. Ginebra: 2017. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
68. Organización Mundial de la Salud. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Ginebra; 2006. [citado 22 enero 2020]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf?sequence=1).
69. World Health Assembly, 69. Health and the environment: draft road map for an enhanced global response to the adverse health effects of air pollution: report by the Secretariat. World Health Organization. Ginebra: 2016, [citado 22 Febrero 2020]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/252673>.
70. Organización Mundial de la Salud. Orientaciones de la OMS para proteger la salud frente al cambio climático mediante la planificación de la adaptación de la salud [WHO guidance to protect health from climate change through health adaptation planning]. Ginebra; 2019. [citado 13 marzo 2020]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311709/9789243508009-spa.pdf>.
71. World Health Organization. Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. Geneva: World Health Organization; 2014.
72. IPCC. Summary for Policymakers, 2014. Mitigation of Climate Change Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press; 2014.
73. Organización Mundial de la Salud. Cambio climático y salud. [Internet]. 2018 [citado 8 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cambio-clim%C3%A1tico-y-salud>.
74. Organización Mundial de la Salud & Organización Meteorológica Mundial. Atlas de la salud y del clima. Organización Mundial de la Salud y Organización Meteorológica Mundial. ( 2012) [citado 11 febrero 2020]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/112303>.
75. Organización Mundial de la Salud. Género, cambio climático y salud. Ginebra: 2016. [citado 10 febrero 2020]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204178/9789243508184\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204178/9789243508184_spa.pdf?sequence=1).

No se declararon conflictos de interés asociados a la publicación de este artículo.

Autor correspondiente:  
Guillermo Guidos Fogelbach  
E-mail: guillermoguidos@yahoo.com