



www.prensalibre.com
Fotografía / Infobae

La peligrosa contaminación del aire

Recibido: 01/04/2024

Aceptado: 30/04/2024

Publicado: 03/06/2024

Marco Vinicio Mejía Dávila

Doctor en Derecho por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Doctor en Filosofía por la Universidad Rafael Landívar. Director del IPNUSAC.

Correo: tzolkin1984@digl.usac.edu.gt

<https://orcid.org/0009-0004-1361-8405>

Resumen

Es urgente adoptar medidas para enfrentar la mala calidad del aire que se respira en Guatemala. Es fundamental cambiar los hábitos de todos los habitantes de las ciudades y aplicar rigurosamente controles para reducir las emisiones de partículas contaminantes a la atmósfera. Es necesario proteger nuestra salud del aire nocivo.

Palabras clave

Aire, atmósfera, material particulado, medio ambiente, política pública.

Abstract

It is urgent to adopt measures to confront the poor quality of the air that is breathed in Guatemala. It is essential to change the habits of all city residents and rigorously apply controls to reduce emissions of polluting particles into the atmosphere. It is necessary to protect our health from harmful air.

Keywords

Air, atmosphere, particulate matter, environment, public policy.

El domingo 7 de abril de 2024, la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred) emitió un primer reporte sobre el inicio de un incendio en el vertedero administrado por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (Amsa). Este se localiza en el kilómetro 22 carretera CA-9 sur, Bárcenas, Villa Nueva, departamento de Guatemala. El muladar tiene una extensión aproximada de siete hectáreas divididas en cinco plataformas.

La cuenca afectada está conformada por los municipios de Amatitlán, Villa Nueva, Villa Canales, San Miguel Petapa, Santa Catarina Pinula, San Pedro Sacatepéquez, Mixco y Fraijanes del departamento de Guatemala y San Lucas Sacatepéquez, Santiago Sacatepéquez, Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas y San Bartolomé Milpas Altas en el departamento de Sacatepéquez.

El botadero recibió 166,962 toneladas de basura durante el primer trimestre de 2023, procedentes de 34 municipios de Guatemala, Escuintla, Sacatepéquez y Jalapa. La municipalidad de Villa Nueva es la que más desechos envía al lugar,

alrededor del 40.14 por ciento de toda la basura que se recibe. (Barreno 2024)

En los últimos años, antes de abril de 2024 se suscitaron varios fuegos de grandes proporciones en el basurero administrado por la Amsa. Estos se desencadenaron el 29 de enero, 7 de febrero, 11 de marzo y 13 de noviembre, los cuatro en 2021. La Conred estimó que 1.5 millones de habitantes fueron afectados en 2021 por el humo que emanaba del incendio. En cambio, Amsa sostuvo que eran 886 personas las afectadas directamente y que vivían en la colonia Bello Amanecer, a un costado del vertedero. En ese año, unas 200 familias habitaban en el sitio, incluidas personas de la tercera edad. (España & Domínguez 2021).

No solo en Villa Nueva se ha experimentado esta clase de problemas. El 26 de marzo de 2019 se detonó un incendio en la 28 calle final de la zona 3 capitalina en las cercanías del Cementerio General y del relleno sanitario municipal. Jorge Flores, médico del Hospital San Juan de Dios, subrayó que el humo emanado por los materiales en combustión en la zona 3 era muy perjudicial. Indicó que inhalarlo

provocaría enfermedades o lesiones graves en el aparato respiratorio que “incluso podrían causar la muerte. Si usted estuvo expuesto a este humo y presenta dificultades para respirar y tos constante, secreción en los ojos o nariz, hay que consultar y abocarse a centros asistenciales para evitar complicaciones.” (Barrientos 2019)

El incendio en el vertedero de Amsa, en abril de 2024, provocó una serie de crisis que iban más allá de la mera gestión de desechos. Varios días de fuego continuo pusieron de manifiesto no solo la inmensa cantidad de basura acumulada en ese lugar, que es sometido a una gestión calamitosa. También se revelaron las graves implicaciones ambientales, sociales, políticas y la contaminación del aire en la región metropolitana.

Hay diversos factores que provocan la polución de la atmósfera. Las emisiones de los vehículos que usan combustibles fósiles, las industrias e instalaciones de generación de energía, entre otras fuentes, contribuyen a la generación y dispersión de contaminantes en la atmósfera con efectos adversos sobre la salud de la

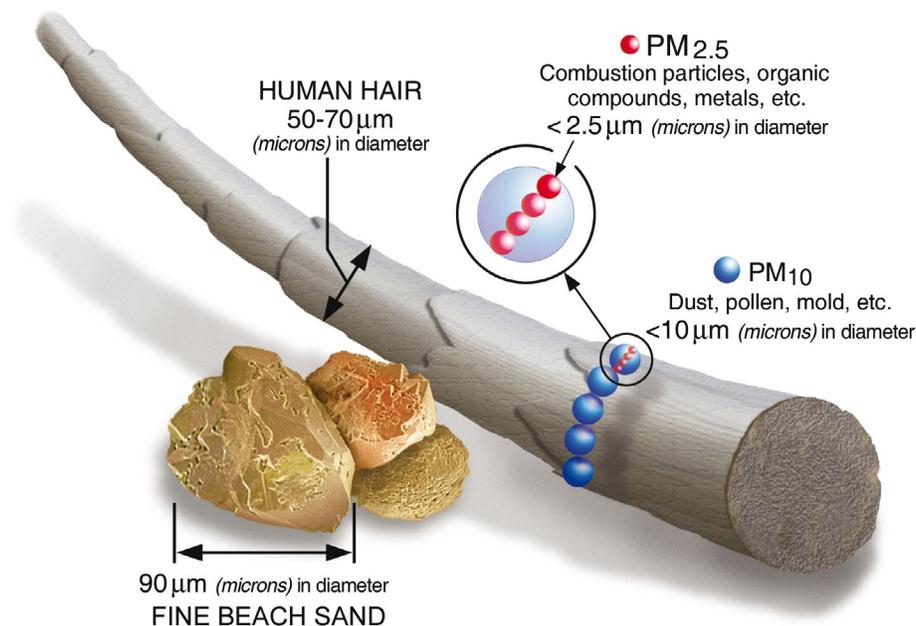
población. Los incendios agrícolas, pecuarios, forestales y los derivados de basureros y rellenos sanitarios producen gases, cenizas y partículas que brotan de la incineración de la biomasa viva y muerta (tejidos vegetales, grasas de plantas y animales, plástico, madera y otros). Entre los gases químicamente activos expulsados a la atmósfera se acentúan los óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufres, aldehídos (acroleína y formaldehídos), metano, ozono y micropartículas sólidas suspendidas. (Castillo et al. 2003; Kiss & Encarnación 2006)

Las partículas en suspensión o material particulado (PM por sus siglas en inglés, particulate matter) son mezclas de partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera. Su pequeño tamaño hace que permanezcan en suspensión estacionaria en el aire durante periodos largos de tiempo, que varían de unas pocas horas a varios meses o años. Su presencia en el aire se debe a causas naturales como huracanes y erupciones volcánicas o de origen antropogénico como resultado de la actividad humana, entre las que se cuenta la explotación de canteras, quema de

combustibles y el tránsito vehicular. (Spiro, T. & Stigliani, W. 1996, 225)

Se denomina PM10 a las partículas en suspensión atmosférica con un diámetro aerodinámico igual o inferior a $10\ \mu\text{m}$ (1 micrómetro corresponde la milésima parte de 1 milímetro). Estas partículas pueden ser sólidas o líquidas. Están formadas, principalmente, por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados, entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). (California Environmental Protection Agency. Air Resources Board 2011)

La materia particulada 2.5 o PM2.5 la componen partículas sólidas o líquidas. Se encuentran en suspensión aerodinámica. Su diámetro es de menos de 2.5 micras. Las PM2.5 provienen de todas las clases de combustión, como la de los automóviles, camiones, fábricas, quemas de madera, quemas agrícolas y otras actividades. Su diámetro es menor que el grosor de un cabello humano. (APA 2023; GreenFacts 2023)



Comparación del tamaño de una PM2.5, en relación con un pelo humano y con un grano fino de arena de la playa.
Fuente: U.S. EPA Office of Air Quality Planning and Standards (OAQPS)

El material particulado contiene sólidos microscópicos y gotas de líquido. Son tan pequeños que pueden inhalarse y provocar graves problemas de salud. Las partículas menores a 10 μm (micrómetros) de diámetro provocan los mayores problemas, ya que pueden llegar a la profundidad de los pulmones. Algunas pueden introducirse en el torrente sanguíneo. (Omnisalud 2022)

La exposición a altos niveles de contaminación del aire tiene resultados dañinos para nuestra salud: incrementa la aparición de infecciones respiratorias; enfermedades cardíacas; derrames cerebrales y cáncer de pulmón. Estas afecciones afligen en mayor proporción a la población vulnerable, niñez, adultos mayores y mujeres. (Organización Panamericana de la Salud, OPS, 2020)

Asfixiados en la ciudad de Guatemala

Del incendio en el vertedero de la Amsa en enero de 2021 no se obtuvieron datos precisos sobre la contaminación del aire que provocó en la ciudad de

Guatemala. El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) realizó la proyección gráfica con los datos obtenidos por la Estación Radiosonda con los valores de concentraciones de partículas PM10 (partículas entre 2.5 y 10 micrómetros) desde fines de enero hasta marzo de 2021. Debido a la dirección dominante del viento, se presumió un arrastre de partículas, con mediciones de valores considerados con calidades de buena a moderada, de acuerdo con la tabla de medidas para partículas PM10. La entidad aclaró que los datos obtenidos de la estación Radiosonda en la zona 13 de la capital de Guatemala, no podían tomarse como concluyentes para todo el valle, ya que estos se restringieron a la circunscripción de la estación, así como a factores predominantes, principalmente la dirección del viento y condiciones meteorológicas. (Insivumeh 2021)

En el incendio posterior en el basurero de la Amsa, en abril de 2024, los sensores de la calidad del aire registraron niveles alarmantes de material particulado, un contaminante que, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se relaciona con una de cada nueve muertes a nivel mundial

vinculadas con la contaminación del aire por este tipo de material. (DataExport 2024)

El Insivumeh emitió boletines especiales para reportar que los días 17 y 18 de abril y el 3 de mayo de 2024, hubo un valor máximo dentro de la categoría extremadamente mala, según la metodología de Índice de Calidad del Aire (ICA) correspondiente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. La polución era muy dañina para la salud. El incremento en los índices de calidad del aire fue afectado por la permanencia de las emisiones ocasionadas por el parque vehicular (tránsito) y por los focos de emisión del vertedero de la Amsa y los incendios en el volcán de Agua. (Insivumeh 2024)

La empresa suiza IQAir de tecnología de la calidad del aire, junto con Greenpeace, elaboraron un ranking en cinco países de Latinoamérica. En 2023, Perú, Chile, México, Guatemala y Colombia eran los países más contaminados de Latinoamérica, ya que la concentración de PM2.5 en el aire superaba entre tres y cinco veces las directrices aprobadas por la OMS.

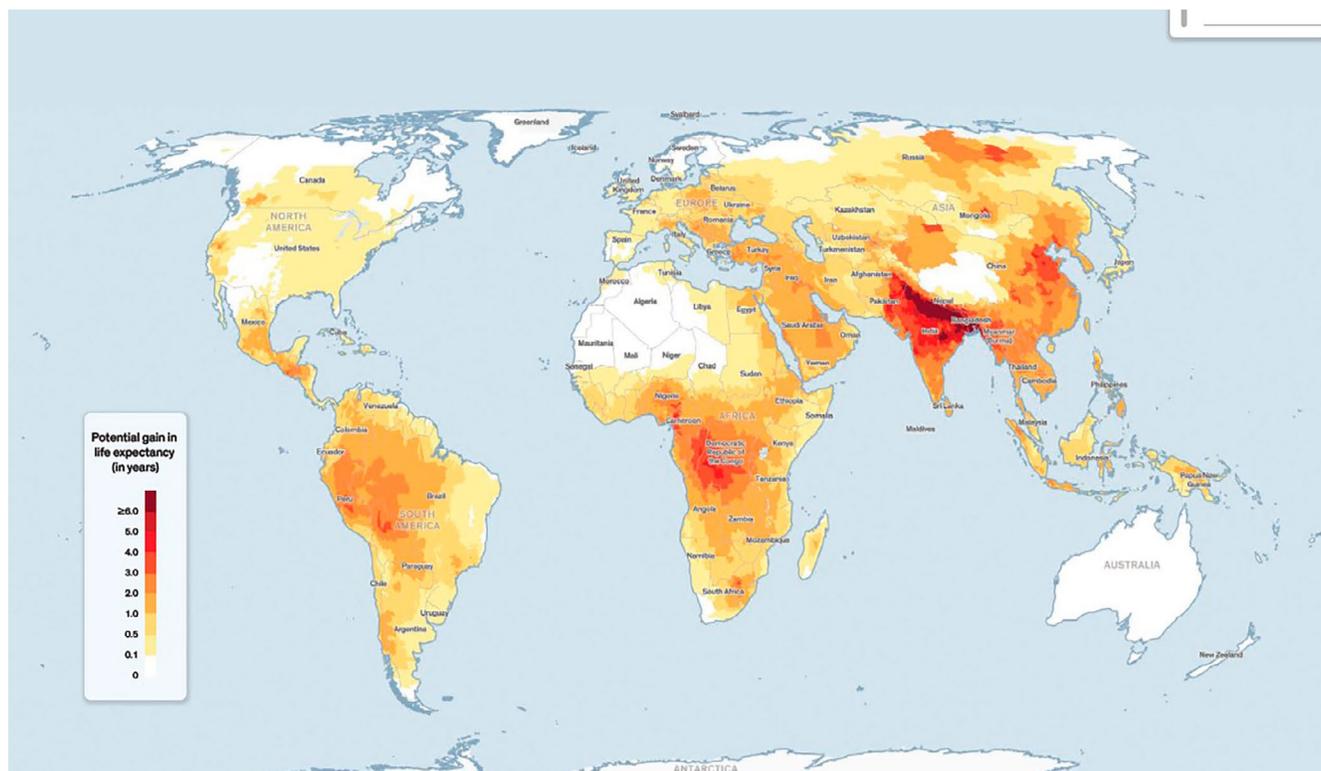
Después de 15 años de nuevos datos, se estableció que la exposición anual a PM2.5 recomendada era de 10 microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Perú, con un promedio de $23.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, era el país de la región que más se apartaba de esta cifra, seguido de Chile (22.2), México (19.5), Guatemala (18.6) y Colombia (15.7). (IQAir 2023)

La última actualización de 2023 sobre la *Calidad del Aire y el Índice de Esperanza de Vida* (AQLI por sus siglas en inglés) advierte que la contaminación atmosférica es la mayor amenaza externa para la esperanza de vida humana en el planeta. El impacto de las PM2.5 en la esperanza de vida mundial es comparable al del tabaquismo, más de 3 veces superior al del consumo de alcohol y el agua contaminada, más de 5 veces mayor al de los accidentes de tráfico y 7 veces más amplio al del VIH/SIDA. (Greenstone y Hasenkopf 2023)

La IQAir determinó que los países latinoamericanos carecen de información totalmente abierta sobre la calidad del aire. Solo el 19 por ciento de los países de la región ponen a disposición del público los datos gubernamentales sobre

contaminación. Esto dificulta enormemente la investigación, la promoción y, por consiguiente, la adopción de políticas

públicas en relación con la contaminación atmosférica. (OpenAQ 2022)



Incremento potencial de la esperanza de vida (en años). Fuente: Air Quality Life Index 2023.

El Air Quality Life Index de 2023 reportó los datos nuevos y revisados de 2021 sobre las PM_{2.5}, obtenidas por satélite. Se reveló que el 96.3 de los 641.7 millones de habitantes de Latinoamérica están expuestos a niveles de contaminación por partículas que superan la directriz de la OMS de 5 µg/m³. Las emisiones de los vehículos son las principales responsables

de la mala calidad del aire en las ciudades de Guatemala, Bolivia y Perú, entre otras. En estos países, los residentes respiramos un aire similar al de otros grandes focos de contaminación del mundo como Pune (la séptima ciudad más poblada en la India) y Harbin (una importante base industrial de China).

En las últimas décadas, Bogotá, Ciudad de México, Santiago de Chile y Quito aplicaron medidas políticas para reducir la contaminación atmosférica y la congestión vehicular, como la restricción del uso de transporte. Cada una de estas ciudades experimentó un descenso sustancial de la contaminación por partículas en los últimos 15 años, a excepción de Santiago de Chile.

Guatemala es el país con el aire más contaminado de Centroamérica y el décimo sexto (16o.) del mundo. La

contaminación atmosférica por partículas finas (PM2.5) acorta la esperanza de vida del guatemalteco medio en 2.4 años, en relación con la que tendría si se cumpliera la directriz de la OMS de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos datos se basan en el conjunto de datos AQLI 2021. Todos los valores medios anuales de PM2.5 (medidos en microgramos por metro cúbico: $\mu\text{g}/\text{m}^3$) están ponderados de acuerdo con la población. Algunas zonas de Guatemala están peor que la media.

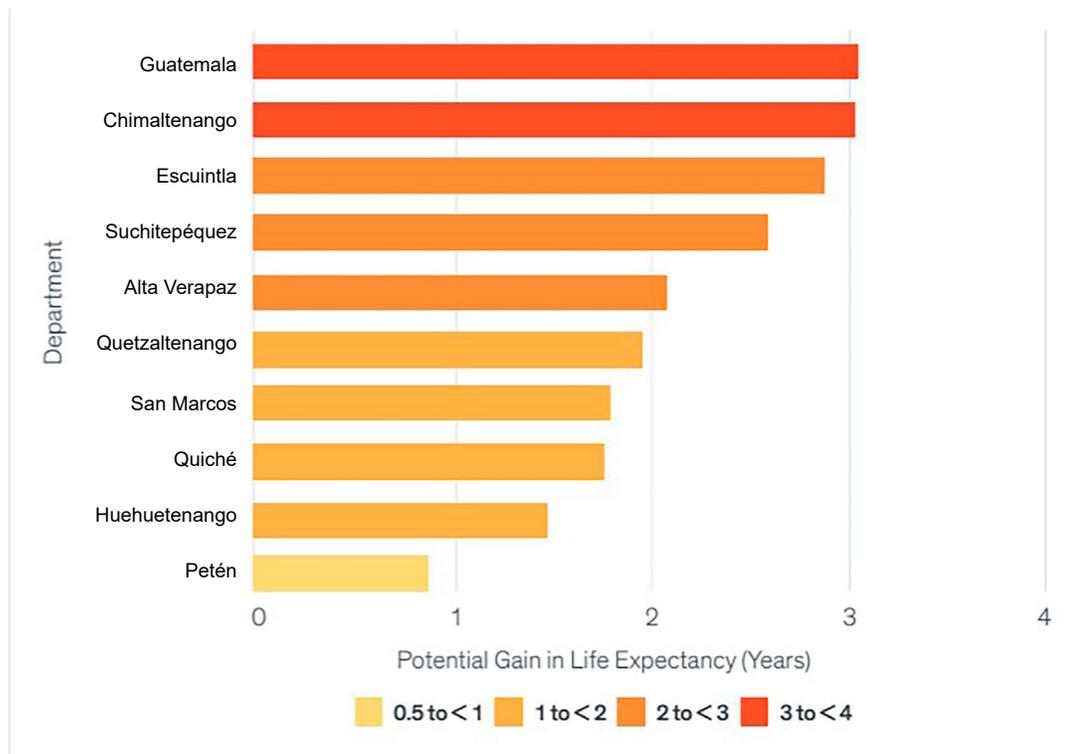


Potential gain in life expectancy (Years) 0.5 to <1 1 to <2 2 to <3 3 to <4 4 to <5

Posible aumento de la esperanza de vida si se reducen permanentemente las PM2.5 de la concentración de 2021, de acuerdo con la directriz de la OMS. Fuente: Guatemala Fact Sheet 2023 (aqli.epic.uchicago.edu)

La contaminación atmosférica acorta la esperanza de vida en 4.4 años en Mixco, el municipio con mayor contaminación de aire en Guatemala, con un promedio de 50.3 µg/m³ de PM2.5. La OMS estableció que el promedio anual sea menor a 5 µg/

m³, o sea, los mixqueños respiran un aire 10 veces más contaminado de lo recomendado por la OMS. Esa pérdida de 4.4 años de esperanza de vida equivale a los años que pierde un fumador (4.3 años).



Aumento potencial de la esperanza de vida en departamentos de Guatemala al reducir las PM2.5 de los niveles de 2021, de acuerdo con la directriz de la OMS.

El plan regional sobre Calidad del Aire

La contaminación atmosférica no tiene fronteras, pues no responde a límites geográficos. Los diálogos regionales son

esenciales para enfrentar este desafío ambiental común a varios países y buscar soluciones efectivas para mejorar el aire que respiramos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) presentó

el 7 de septiembre de 2022 una serie de acción claves incluidas en el Plan de Acción Regional sobre Calidad del Aire 2022-2025. Este principia por reafirmar que la contaminación del aire es el principal riesgo ambiental para la salud a nivel mundial y una de las principales causas de la degradación ambiental. (Ocde, 2020a)

En Latinoamérica y el Caribe, las principales causas de contaminación del aire son “el crecimiento urbano y los patrones de desarrollo económico que ocasionan, entre otros problemas, el uso cada vez mayor de automóviles y motocicletas, así como el aumento en las distancias recorridas debido a la expansión progresiva de las áreas urbanas”. (Pnuma, 2021)

El Plan de Acción Regional propone, entre las medidas necesarias para avanzar en la reducción de emisiones del sector transporte, establecer estándares/normas de emisión más estrictas para vehículos ligeros, medianos y pesados, y motocicletas, que reduzcan progresivamente la cantidad de emisiones de PM2.5, así como de óxidos de nitrógeno (NOx) y los compuestos orgánicos volátiles (COV) que son todos los hidrocarburos que se presentan en estado

gaseoso en la temperatura ambiente normal o son muy volátiles a dicha temperatura, así como precursores de PM2.5 secundarias y ozono.

Asimismo, hay que establecer de manera simultánea, estándares y especificaciones de calidad de los combustibles para reducir el contenido de azufre y así garantizar la durabilidad de los sistemas de control de emisiones de PM2.5 y de NOx. Esto junto con la mejora de los procesos de inspección y mantenimiento de los vehículos automotores, procesos de chatarrización de la flota más antigua y en la importación de vehículos usados, y la incorporación de mecanismos regulatorios, económicos e información para incentivar la adquisición de vehículos más limpios, como tecnologías eléctricas para el transporte urbano.

Se requiere avanzar en la puesta en práctica de estrategias de transporte sostenible integrales, como: a) mejorar el transporte público; b) planificar los usos del suelo y el transporte; c) invertir en mejoras a la infraestructura del transporte no motorizado; d) dictar medidas integrales de gestión de la demanda de viajes, y

e) la gestión del transporte de carga de mercancías y uso de combustibles menos contaminantes.

Debe darse prioridad de circulación e invertir en sistemas sostenibles de transporte público de bajas emisiones, con menor intensidad de carbono, de gran capacidad y financieramente sostenibles. También, las acciones de impulso al transporte activo, no motorizado o sustentable, pueden tener un rol muy relevante, no solo al reducir las emisiones de contaminantes locales y de corruptores globales, sino generar una gran cantidad de otros beneficios sociales, como permitir la activación física de las personas al caminar, correr, andar en bicicleta, etcétera.

Es necesario disponer de estrategias urbanas integrales para gestionar opciones de transporte alternativo, ya que puede tener

múltiples ventajas en términos de calidad de vida de las comunidades.

El citado Plan de Acción Regional también contempla la promoción de acciones para gestionar la actividad del transporte particular —gestión de la demanda— de tipo económico, tecnológico, político o comportamentales, con el propósito de reducir la tasa de crecimiento de las distancias recorridas por vehículos que usan combustibles fósiles e impulsar la entrada en la flota de vehículos con mejores tecnologías de control y menores emisiones. Algunas de las medidas pueden ser: política de estacionamiento; cobros por congestión; impuestos y tasas a la propiedad y uso del vehículo; cuotas de contaminación y zonificación de actividades; el uso compartido de vehículos privados, y el desarrollo de planes de movilidad sostenible en las empresas privadas.



Vista aérea de la contaminación atmosférica en la Ciudad de Guatemala, tomada el 20 de mayo de 2024.
(Fotografía Prensa Libre: Johan Ordoñez / AFP)

Medidas urgentes que se requieren en Guatemala

Entre las medidas para mitigar y controlar la contaminación del aire, la primera acción de carácter urgente es cumplir con la emisión del reglamento de emisiones de gases de efecto invernadero dispuesta en el Decreto número 7-2013, Ley marco para regular la reducción de la vulnerabilidad, la adaptación obligatoria ante los efectos del cambio climático y la

mitigación de gases de efecto invernadero. La normativa debió promulgarse en un plazo que no excediera de un año de la entrada en vigor de este cuerpo legal en octubre de 2013.

El Decreto 7-2013 también dispone en el artículo 21 que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Marn), junto con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV) deben emitir la regulación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte

público colectivo e individual. A la vez, el Ministerio de Finanzas Públicas (Minfin) y la Superintendencia de Administración Tributaria (SAT) no obedecieron la obligación legal de proponer un programa de incentivos fiscales y subsidios enfocado en el uso de energías limpias para el transporte público y privado.

La ley citada establece normas para prevenir, planificar y responder de manera urgente, adecuada, coordinada y sostenida a los impactos del cambio climático en el país. Su fin principal es que el Estado de Guatemala —por medio del Gobierno Central, las entidades descentralizadas, las entidades autónomas, las municipalidades, la sociedad civil organizada y la población en general— adopte prácticas que propicien condiciones para reducir la vulnerabilidad, mejoren las capacidades de adaptación y permitan desarrollar propuestas de

mitigación de los efectos del cambio climático producido por las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta materia es regida por el principio de precaución —“quien contamina paga y rehabilita”—, y el principio de participación.

Existe una relación directa entre el número de vehículos y la emisión de contaminantes hacia la atmósfera. Un indicador de esta concordancia es la magnitud con la que, año con año, se ha incrementado el parque vehicular, es decir, la cantidad de vehículos en circulación en el país. De acuerdo con la SAT, hasta el 31 de diciembre de 2023, a nivel nacional había más automóviles particulares (2,405,999), con una diferencia mínima de las motocicletas (2,404,796). En total, el parque vehicular al finalizar 2023 era de 5 millones 188 mil 874.

Uso	Cantidad
Motocicleta	2,404,796
Particular	2,405,999
Comercial	284,603
Transporte de carga	50,513
Alquiler	10,481
Total	5,188,874

Fuente: Superintendencia de Administración Tributaria (2023)

Otra acción urgente que no se ha aplicado, en relación con el marco institucional, es la creación del Consejo Nacional de Cambio Climático (Cncc). Esta entidad tiene, entre sus funciones, regular las acciones para reducir los efectos del cambio climático y mitigar los gases de efecto invernadero. Al postergar el inicio de funciones de este Consejo se ha puesto en riesgo la salud de los habitantes del país, ya que no hay un órgano que verifique el cumplimiento de los estándares de emisiones de los vehículos automotores.

El Cncc debe integrarse con representantes de varios ministerios, asociaciones y sectores del país. Por imperativo legal, el facilitador del funcionamiento de este consejo es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Marn), que fungirá como Secretaría del Consejo, con el apoyo de la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan). La aplicación de este artículo marcará el inicio para mejorar la calidad de la atmósfera.

Por otro lado, la Ley dispone la adopción del Plan Nacional de Energía para la Producción y el Consumo basado en el

aprovechamiento de los recursos naturales renovables, la promoción de tecnologías para la eficiencia y el ahorro energético y la reducción de gases de efecto invernadero. También hay disposiciones respecto al tema de mercados de carbono.

Además, es necesario fortalecer el sistema de monitoreo del aire en la ciudad de Guatemala y otros centros urbanos en todo el territorio nacional. Debe adoptarse nueva tecnología para obtener datos en forma continua, así como ampliar el estudio de la cantidad de contaminantes que se han detectado. También se requiere crear un sistema de vigilancia de la calidad del aire, a nivel interinstitucional y con cobertura regional. (Oliva 2010)

El desarrollo de estrategias apropiadas en Guatemala se dificulta por la escasez de datos y evidencias, provenientes de los monitoreos de la calidad del aire, inventarios de emisiones o estudios sobre las fuentes emisoras. Tampoco se dispone de estimaciones de los impactos en salud y los costos asociados a la mala calidad del aire.

Es urgente adoptar medidas preventivas y tomar decisiones informadas

para proteger nuestra salud y reducir los efectos negativos en el entorno. La medición de la calidad del aire brinda elementos para elaborar políticas públicas y las regulaciones que logren la reducción de la polución atmosférica.

Cada uno de nosotros debe estar atento a las mediciones de la calidad del aire, para establecer su impacto en nuestra salud y el medio ambiente. Por medio de la medición de distintos parámetros, como la concentración de contaminantes atmosféricos y las partículas suspendidas, se puede evaluar la presencia de sustancias nocivas y determinar el nivel de exposición a éstas. La información debe estar disponible para todos los habitantes de Guatemala y no solo para los de la región metropolitana.

La contaminación del aire es uno de los problemas más graves que afecta la salud de las personas. Según las perspectivas ambientales de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Ocde), hacia 2050 la contaminación del aire será la principal causa ambiental de mortalidad prematura en el mundo. De cada uno de nosotros depende modificar el esquema actual y lograr cambios que permitan disminuir la emisión de sustancias tóxicas a la atmósfera. Respirar aire limpio es una condición fundamental para que podamos disfrutar plenamente del derecho humano a un medio ambiente sano.

Referencias

Agencia de Protección Ambiental APA (2023). Conceptos básicos sobre el Material Particulado (PM por sus siglas en inglés). <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

Barreno, R. (2024). Por qué el vertedero de Amsa es un problema de 33 municipalidades y 26 mil toneladas de basura. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/por-que-el-vertedero-de-amsa-es-un-problema-de-33-municipalidades-y-26-mil-toneladas-de-basura/>

- Barrientos, M. (2019). Unas mil llantas, plásticos y basura se quemaron en incendio de la zona 3. <https://www.prensalibre.com/guatemala/sucesos/socorristas-combaten-incendio-de-grandes-proporciones-en-la-zona-3/>
- California Environmental Protection Agency. Air Resources Board, ed. (2011). Particulate Matter Program. <https://web.archive.org/web/20120612042631/http://www.arb.ca.gov/pm/pm.htm>
- Castillo, M., Pedernera, P., & Peña, E. (2003). Incendios Forestales y Medio Ambiente: Una Síntesis Global. Revista Ambiente y Desarrollo de CIPM, 19, 44-53. https://calentamientogloballacelerado.net/Castillo_incendios_forestales.pdf
- DataExport (2024). Mapa en tiempo real para monitorear niveles de contaminación en Guatemala. <https://dataexport.com.gt/5-recomendaciones-contaminacion-aire/>
- España M., & Domínguez, A. (2021). Incendio en basurero de Amsa afecta a más de un millón de personas. <https://www.prensalibre.com/guatemala/comunitario/amsa-pide-ayuda-a-municipalidades-para-sofocar-incendio-en-el-vertedero-breaking/>
- GreenFacts. (2023). Contaminación del Aire Partículas en suspensión. <https://www.greenfacts.org/es/particulas-suspension-pm/index.htm>
- Greenstone M y Hasenkopf C. (2023). Air Quality Life Index 2023 Annual Update. <https://www.ourenergypolicy.org/resources/air-quality-life-index-2023-annual-update/#:~:text=to%20OurEnergyLibrary%20search-,Air%20Quality%20Life%20Index%202023%20Annual%20Update,-Full%20Title%3A%20Air>
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología Insivumeh (2021). Portal de Boletines de Calidad del Aire. <https://insivumeh.gob.gt/?p=61244>
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología Insivumeh (2024). Portal de Boletines de Calidad del Aire. <https://insivumeh.gob.gt/?p=61244>

- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Insivumeh (2024). <https://insivumeh.gob.gt/?p=3744#:~:text=El%20Programa%20de%20Monitoreo%20de,%2D03%2D2009%2C%20para%20la>
- IQAir (2023). World's most polluted countries & regions. Most polluted country and region ranking based on annual average PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) https://www.iqair.com/dl/2023_World_Air_Quality_Report.pdf
- Kiss, G., & Encarnación, G. (2006). Los productos y los impactos de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los sitios de disposición final. Gaceta Ecológica INE, 79, 39- 51. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2877246.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico Ocede. (2020a). Environment at a Glance Indicator, Air Quality. <https://www.oecd.org/environment/environment-at-a-glance/Air-Quality-Archive-July-2020.pdf>
- Oliva, P. (2010). Deterioro de la calidad del aire en la ciudad de Guatemala, un aspecto ambiental que limita el desarrollo sostenible. Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Revista Científica, Vol. 18, No. 1. <https://rcientifica.com/index.php/revista/article/download/163/224>
- Omnisalud (2022). La contaminación del aire: un ejemplo de polución química. <https://es.linkedin.com/pulse/la-contaminaci%C3%B3n-del-aire-un-ejemplo-de-poluci%C3%B3n-qu%C3%ADmica-omnisalud>
- OpenAQ (2022). Open Air Quality Data: The Global Landspace 2022. <https://documents.openaq.org/reports/Open+Air+Quality+Data+Global+Landscape+2022.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (2020). Calidad del aire. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire>
- Pnuma y Cambridge Open (2019). Environment Sixth Global Environment Outlook. Chapter 5, Air. <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2021). Acciones para mejorar la calidad del aire. Informe regional para América Latina y el Caribe.

https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36699/AAQLAC_ES.pdf

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2022). Plan de Acción Regional sobre Calidad del Aire 2022-2025. https://drive.google.com/file/d/1VnRRrBxE0FRpBMmyMSZumNEVNmi_G5U0/view

Spiro, T. & Stigliani, W. (1996). Química Medioambiental. 2a. edición, Pearson Prentice Hall, Madrid.

Villagrán, W. (2023). Parque vehicular en movimiento se incrementa en 2023. [https://](https://dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/parque-vehicular-en-movimiento-se-incrementa-en-2023/)

dca.gob.gt/noticias-guatemala-diario-centro-america/parque-vehicular-en-movimiento-se-incrementa-en-2023/