



CUANDO EL HUMO SE DISIPA, LA ATENCIÓN TAMBIÉN: BREVE HISTORIA DE UNA CRISIS PERMANENTE

CONTENIDO

Mensajes clave	1
¿Cuántos incendios hacen falta para que el aire importe?	2
Química del desastre: interacciones atmósfera-contaminante que multiplican el riesgo	3
Cuando el humo se convierte en agresión multisistémica: del vertedero al torrente sanguíneo	5
Quema de recursos: cómo el incendio transforma residuos en pérdidas	6
Entre decretos obsoletos y humos contemporáneos: el marco legal que no logra regular la contaminación del siglo XXI	7
Reflexiones finales	8
Referencias	9

CRÉDITOS

Autores: Gustavo Estrada Galindo, Juan José Narciso y Raúl Maas
investigadores del iarna

Coordinación: Juan Pablo Castañeda
director del iarna

Edición y diagramación: Cecilia Cleaves

Fotografías: Shutterstock

MENSAJES CLAVE

La contaminación del aire en Guatemala es una crisis permanente, no solo coyuntural. Guatemala es el país con mayor contaminación del aire en Latinoamérica, siendo Villa Nueva y Mixco las ciudades más contaminadas. La contaminación atmosférica reduce en 2.1 años la esperanza de vida promedio de la población guatemalteca, superando otras amenazas como la violencia, la tuberculosis y el tabaquismo.

La conciencia ecológica oscila entre la preocupación inmediata y la indiferencia de largo plazo. La preocupación pública se intensifica durante eventos críticos como incendios, pero desaparece rápidamente cuando el humo visible se disipa, perpetuando la inacción estructural frente a un problema persistente.

El marco legal guatemalteco sobre la calidad del aire está obsoleto. Las normativas datan de 1986 y 2006, con límites permisibles hasta cinco veces más tolerantes que las recomendaciones actuales de la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo cual contribuye a un entorno de impunidad ambiental y escasa fiscalización.

Los impactos de la contaminación son multidimensionales. Además de los graves efectos en la salud (enfermedades respiratorias, cardiovasculares, cáncer), hay importantes costos económicos que afectan sectores como la agricultura, el turismo, el valor inmobiliario, la productividad laboral y las finanzas públicas.

Se requiere con urgencia de un cambio de paradigma. El aire limpio debe reconocerse como un derecho fundamental. Para ello es necesario actualizar el marco legal, fortalecer los sistemas de monitoreo, desarrollar planes de contingencia para afrontar crisis, implementar una política nacional para la gestión de los residuos, invertir en infraestructura y tecnología, brindar educación ambiental y fomentar la participación ciudadana.

¿CUÁNTOS INCENDIOS HACEN FALTA PARA QUE EL AIRE IMPORTE?

La mañana del 16 de marzo de 2025 se registró un incendio en el vertedero administrado por la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA), ubicado en las inmediaciones del kilómetro 23 de la ruta al Pacífico. Según el boletín informativo del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh) emitido a las 18:00 horas del mismo día, el índice de calidad del aire en los alrededores del incendio se deterioró hasta alcanzar la clasificación de “peligrosa”, debido a los niveles elevados de material particulado en suspensión menor a 2.5 micrones de diámetro por metro cúbico de aire ($PM < 2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

En las siguientes 24 horas, el aire contaminado se extendió por municipios cercanos como Amatitlán, San Miguel Petapa, Villa Nueva, Mixco y varias zonas de la capital. Las mediciones matutinas del 17 de marzo en las zonas 13 y 14 de la ciudad de Guatemala registraron concentraciones de $PM < 2.5$ de hasta $112 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cuando lo máximo permitido es de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con tendencia a empeorar (IQAir, s. f.a).

Este evento no sorprendió a la ciudadanía ni a las autoridades. Un incidente similar ocurrió en abril de 2024, cuando el mismo vertedero de AMSA se incendió, generando niveles de contaminación aérea igualmente peligrosos para la salud humana (Ecoquimsa, 2024). Aunque en aquella ocasión hubo quejas, suspensión de clases y malestar público, la preocupación se disipó rápidamente, todo volvió a la normalidad y el aire dejó de ser noticia. En Guatemala, la contaminación atmosférica se convierte en un asunto relevante solo cuando ocurren eventos críticos como estos incendios, pero rápidamente desaparece de la agenda pública y mediática, permaneciendo casi invisible para la agenda política.

Las causas de los incendios en vertederos son conocidas y frecuentemente prevenibles. Ocurren por reacciones químicas espontáneas, pues la descomposición de residuos orgánicos genera calor y metano que puede alcanzar temperaturas de autoignición. También se producen por combustión espontánea debido a la acumulación de gases (principalmente metano) generados

por la descomposición anaeróbica de materiales orgánicos. Asimismo, el descarte inadecuado de materiales peligrosos como baterías, productos químicos reactivos, aerosoles o cenizas calientes puede iniciar incendios. Aunque se reconocen las causas humanas accidentales o por vandalismo, la más relevante es la gestión inadecuada del vertedero —especialmente la falta de capas diarias de cobertura—, así como los sistemas deficientes de ventilación de gases y la ausencia de sistemas de detección temprana, todo ello asociado a condiciones climáticas predecibles (Tchobanoglous, 2020).

No obstante, el problema es permanente y de grandes dimensiones. El reporte del índice de calidad de vida del aire (AQLI por sus siglas en inglés) de 2023 reveló que la ciudad más contaminada de Latinoamérica fue Mixco, Guatemala, con valores promedio de $50.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2021, superando 10.1 veces la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El estudio concluyó que si la ciudad limpiara su aire para cumplir permanentemente con dicha recomendación, la esperanza de vida de sus residentes aumentaría 4.4 años (Greenstone, 2023).

El reporte de 2024 evidenció que la esperanza de vida promedio en Guatemala es 2.1 años menor de la que sería si se cumplieran las directrices de la OMS, convirtiendo la contaminación por partículas en una amenaza para la salud mayor que la violencia interpersonal, la tuberculosis y el tabaquismo (Greenstone, 2024).

En el *Reporte Mundial de Calidad del Aire* —que clasifica la contaminación por material particulado $PM_{2.5}$ según país y ciudad—, Guatemala ocupa el puesto 46 de 121 países y se sitúa como el más contaminado de América Latina. Villa Nueva y Mixco fueron las ciudades más contaminadas en el país (IQAir, s. f.b).

Aunque el problema de la contaminación del aire se manifiesta notoriamente en la coyuntura actual, es necesario realizar un análisis y abordaje integral e inmediato, por lo que a continuación se discuten los elementos técnicos necesarios para un debate informado.

QUÍMICA DEL DESASTRE: INTERACCIONES ATMÓSFERA-CONTAMINANTE QUE MULTIPLICAN EL RIESGO

Cuando ocurre un incendio en un vertedero se liberan numerosas partículas y compuestos contaminantes al aire. Los principales son: material particulado (PM) con diámetros menores a 10, 2.5 y 0.1 micrómetros; compuestos orgánicos volátiles (COV) como benceno, tolueno, xileno, formaldehído e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP); gases tóxicos como dioxinas, furanos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x); cloruro de hidrógeno (HCl); metales pesados como plomo, mercurio, cadmio, arsénico, cromo, zinc y cobre; además de contaminantes derivados de plásticos, productos electrónicos y asbesto (Wiedinmyer, 2014).

Todos estos elementos son dañinos para el ambiente y la salud humana. Sin embargo, el material particulado merece especial atención durante los incendios en vertederos por diversas razones fundamentales:



- **Alta penetración en el sistema respiratorio.** Las partículas PM₁₀, PM_{2.5} y ultrafinas pueden penetrar profundamente en los pulmones e incluso, en el caso de las más pequeñas, atravesar la barrera pulmonar y entrar al torrente sanguíneo, causando daños sistémicos.
- **Transporte de otros contaminantes.** Las partículas actúan como vehículos para otros contaminantes tóxicos que se adhieren a su superficie, como metales pesados y compuestos orgánicos, multiplicando así su peligrosidad.
- **Mayor alcance geográfico.** Pueden ser transportadas por el viento a largas distancias del incendio, afectando comunidades que se encuentran lejos del vertedero.
- **Efectos inmediatos en poblaciones vulnerables.** Causan respuestas rápidas en personas con condiciones respiratorias preexistentes, niños, ancianos y embarazadas, pudiendo provocar crisis asmáticas, dificultad respiratoria y exacerbaciones de enfermedades cardiopulmonares.
- **Efectos acumulativos a largo plazo.** La exposición repetida o prolongada está asociada con mayor incidencia de enfermedades crónicas como cáncer de pulmón, enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), enfermedades cardiovasculares y accidentes cerebrovasculares.
- **Facilidad de monitoreo.** Estas partículas son de fácil monitoreo con equipos portátiles, lo que permite evaluar rápidamente el impacto del incendio en la calidad del aire y tomar decisiones para la evacuación o protección (Morawska & Zhang, 2002).

Los niveles de toxicidad de las partículas PM2.5 se clasifican generalmente según su concentración en el aire y los efectos potenciales en la salud

de acuerdo con la escala propuesta por la OMS y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) (tabla 1).

Tabla 1. Niveles de toxicidad de las partículas PM2.5 según la OMS y EPA

Calidad del aire	Nivel	Riesgos
Buena	0-12 µg/m³	Poco o ningún riesgo para la salud.
Moderada	12.1-35.4 µg/m³	Personas extremadamente sensibles pueden experimentar algunos efectos. Aceptable para la población general.
Insalubre para grupos sensibles	35.5-55.4 µg/m³	Personas con problemas respiratorios o cardíacos, niños y ancianos pueden experimentar efectos. La población general tiene menor probabilidad de ser afectada.
Insalubre	55.5-150.4 µg/m³	Toda la población puede comenzar a experimentar efectos. Los grupos sensibles pueden experimentar efectos más graves.
Muy insalubre	150.5-250.4 µg/m³	Advertencias sanitarias de condiciones de emergencia. Toda la población tiene mayor probabilidad de ser afectada.
Peligrosa	250.5 µg/m³ o más	Alerta sanitaria: todos pueden experimentar efectos graves de salud.

Fuente: World Health Organization (2021), United States Environmental Protection Agency (s. f.).

En el caso de los incendios forestales y los ocurridos en vertederos, los factores climáticos y atmosféricos juegan un papel crucial en la dispersión, concentración y persistencia de los contaminantes liberados.

La interacción entre estos procesos constituye un amplificador crítico para la dispersión, bioacumulación y transformación química de contaminantes derivados de incendios en vertederos. Estos fenómenos, al operar sinérgicamente, modifican los patrones de exposición humana y ambiental mediante mecanismos fisicoquímicos y dinámicas de transporte aéreo.

Entre las condiciones meteorológicas y climáticas adversas se cuentan las siguientes:

- **Inversión térmica:** ocurre cuando una capa de aire caliente se sitúa sobre aire más frío, impidiendo la dispersión vertical de contaminantes. Esto atrapa los contaminantes cerca del suelo, incrementando drásticamente las concentraciones. Es común en mañanas frías y en valles o cuencas geográficas, y puede multiplicar de cinco a diez veces los niveles de contaminación en el aire respirable (Wallace & Hobbs, 2006).

- **Viento escaso o ausente:** la falta de circulación del aire impide la dispersión horizontal de contaminantes, lo que permite la acumulación local de gases tóxicos y partículas, incrementando la exposición de las poblaciones cercanas (Stull, 2012).
- **Dirección del viento:** determina qué áreas recibirán mayor impacto de contaminantes. Los vientos dirigidos hacia zonas pobladas amplifican el impacto en la salud pública. Los cambios bruscos en la dirección complican las evacuaciones y la planificación (Arya, 1999).
- **Sequía y baja humedad:** favorece la propagación del incendio, reduce la capacidad del ambiente para “lavar” partículas del aire, incrementa la distancia que pueden viajar las partículas y permite que más contaminantes permanezcan en suspensión (Finlayson-Pitts & Pitts, 2000).
- **Altas temperaturas:** aceleran las reacciones químicas de transformación de contaminantes, facilitan la formación de contaminantes secundarios (como ozono troposférico), aumentan la volatilización de compuestos tóxicos presentes en los residuos e incrementan el impacto en la salud al combinarse con la contaminación (Jacob, 1999).

- **Sistemas de alta presión atmosférica:** crean condiciones estables que dificultan la dispersión vertical, pueden persistir durante días prolongando episodios de alta contaminación, y frecuentemente se asocian con cielos despejados que incrementan la fotoquímica (Holton & Hakim, 2012).

Interacciones entre contaminantes y la atmósfera

- **Reacciones fotoquímicas:** la luz solar intensa transforma los contaminantes primarios en secundarios más nocivos, convierte óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles

en ozono y otros oxidantes, aumentando la toxicidad general de la mezcla contaminante (Pope & Dockery, 2006).

- **Humedad y precipitación:** la humedad alta puede catalizar reacciones químicas entre contaminantes, facilitando la formación de aerosoles secundarios más dañinos. Sin embargo, la lluvia puede “lavar” contaminantes del aire (efecto beneficioso). Las precipitaciones ligeras pueden ser insuficientes para limpiar el aire y transforman la contaminación aérea en terrestre y acuática (Holton & Hakim, 2012).

CUANDO EL HUMO SE CONVIERTE EN AGRESIÓN MULTISISTÉMICA: DEL VERTEDERO AL TORRENTE SANGUÍNEO

En la actualidad, la contaminación del aire constituye uno de los mayores riesgos ambientales para la salud humana. Este problema afecta a personas de todas las edades y condiciones, aunque con diferentes niveles de gravedad dependiendo de factores como la edad, condiciones preexistentes y nivel de exposición.

En relación con los efectos a corto plazo, la exposición al aire contaminado, incluso por períodos breves, puede provocar irritación de ojos, nariz y garganta; así como tos, estornudos, dificultad para respirar, agravamiento de síntomas asmáticos, incremento de infecciones respiratorias, dolor de cabeza y mareos (Organización Mundial de la Salud, 2024).

Los efectos a largo plazo están asociados con condiciones graves como: enfermedades cardiovasculares (incluidos infartos y accidentes cerebrovasculares), enfermedades respiratorias crónicas (EPOC, reducción de la función pulmonar), cáncer de pulmón, desarrollo pulmonar reducido en niños, menor esperanza de vida y posibles efectos neurológicos (deterioro cognitivo, demencia) (Brook, 2010; Guarnieri & Balmes, 2014; Loomis *et al.*, 2013; Gauderman *et al.*, 2004; Chen *et al.*, 2013; Kioumourtzoglou *et al.*, 2016).

Las poblaciones particularmente vulnerables a los efectos de la contaminación incluyen: niños pe-

queños (con sistemas respiratorios en desarrollo), adultos mayores, personas con condiciones cardíacas o pulmonares preexistentes, mujeres embarazadas (por el riesgo de hijos con bajo peso al nacer y parto prematuro) y personas que trabajan o realizan actividades al aire libre.

Ante la coyuntura actual, los grupos más vulnerables son los trabajadores de AMSA; los empleados de empresas, comercios e industrias cercanas al vertedero municipal de Villa Nueva; los grupos de personas denominados “guajeros”; los recolectores de basura; los niños, adultos mayores y enfermos que viven en los lugares circundantes; así como los niños que estudian en las escuelas ubicadas en los municipios cercanos.

La OMS estima que la contaminación del aire causa aproximadamente 7 millones de muertes prematuras al año en todo el mundo, lo que subraya la urgencia de implementar políticas efectivas para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública. En Guatemala, la mortalidad atribuible al aire contaminado durante el período 2010-2019 superaba más del doble las muertes ocasionadas por agua insegura (Estrada, s. f.).

Aún faltan estudios sobre el impacto de la contaminación del aire en Guatemala; sin embargo, los datos disponibles revelan la urgente necesidad de afrontar sin demora estos problemas.

QUEMA DE RECURSOS: CÓMO EL INCENDIO TRANSFORMA RESIDUOS EN PÉRDIDAS

El incendio en el vertedero no solo representa un riesgo para la salud y el medio ambiente, sino que también genera importantes impactos económicos en diversos sectores, tanto inmediatos como a largo plazo.

En cuanto a los costos directos inmediatos están los gastos relacionados con la extinción del incendio y la emergencia: movilización de bomberos y equipos especializados, uso de materiales de extinción tales como espumas especiales y retardantes), costos de combustible para vehículos y equipos, y horas extra del personal de emergencias. También se destinan recursos a medidas de protección civil como evacuaciones, distribución de equipos de protección y establecimientos de asistencia temporal, a lo que se suman los costos del daño a la infraestructura del vertedero, la destrucción de equipos y maquinaria, y la pérdida de materiales reciclables con valor económico.

Los impactos económicos se manifiestan en distintos sectores productivos. En la agricultura y ganadería, puede ocurrir contaminación de los cultivos cercanos, disminución de la productividad agrícola por la presencia de contaminantes, daño a la salud animal con posible reducción en la producción ganadera, y generación de restricciones temporales a la venta de productos locales. En el caso del turismo implica la cancelación de reservas, el deterioro de la imagen turística de la región, la reducción de visitantes e impactos en los ne-

gocios asociados. En la industria y el comercio, provoca interrupción temporal de actividades por razones de salud, ausentismo laboral y reducción de la productividad.

En cuanto a los costos sanitarios, se desencadena una serie de gastos no previstos relacionados con el aumento de visitas a urgencias y consultas, tratamiento de afecciones respiratorias agudas, medicamentos, tratamiento de enfermedades crónicas agravadas y posibles indemnizaciones.

Adicionalmente, puede reducirse el valor inmobiliario en zonas cercanas e incrementar las primas de seguros de propiedades aledañas. Un costo asociado son los gastos de recuperación ambiental, que incluyen la remoción de residuos, la descontaminación de suelos, la rehabilitación de las áreas dañadas y las mejoras preventivas, así como la capacitación de personal.

También ocurren impactos en las finanzas públicas, pues se requiere realizar una reasignación presupuestaria de emergencia, y puede haber menor recaudación por disminución de la actividad económica y gastos por litigios y demandas.

Estos impactos económicos pueden extenderse durante años después del incidente, especialmente en casos como el de AMSA o las municipalidades responsables, que cuentan con recursos limitados.



ENTRE DECRETOS OBSOLETOS Y HUMOS CONTEMPORÁNEOS: EL MARCO LEGAL QUE NO LOGRA REGULAR LA CONTAMINACIÓN DEL SIGLO XXI

Guatemala ha construido su marco jurídico relativo a la calidad del aire sobre la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86 del Congreso de la República). Sin embargo, esta normativa legal enfrenta desafíos por su obsolescencia y aplicación desigual.

La ley antes citada, en su artículo 8, se refiere específicamente a la calidad del aire e indica que “El Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad y calidad del aire para el bienestar de los habitantes”. Los artículos 14 al 18 establecen las bases para prevenir, regular y controlar las causas de deterioro ambiental, incluyendo la contaminación atmosférica. Este decreto, si bien fue pionero en su época, carece de especificidad técnica.

De acuerdo con el Código Municipal (Decreto 12-2002), las municipalidades tienen facultades para emitir ordenanzas y reglamentos para el control de actividades que puedan afectar el medio ambiente dentro de su jurisdicción, incluyendo la emisión de gases contaminantes. Entre las más relevantes se encuentran: el Reglamento de Tránsito de la Municipalidad de Guatemala (que establece normas para el control de emisiones de vehículos automotores), y el Acuerdo COM-30-08 de la Municipalidad de Guatemala, que regula aspectos específicos sobre emisiones industriales. Este código faculta a las comunas para regular quemaduras urbanas. Sin embargo, las municipalidades no incluyen estos rubros en sus planes operativos.

Dentro de las normas técnicas que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha emitido, las más relevantes para el control de emisiones son el Acuerdo Ministerial 413-2006, que establece las especificaciones para el monitoreo de la calidad del aire y el Acuerdo Ministerial 314-2018, que actualiza los procedimientos para realizar mediciones de las emisiones industriales. El primero se centra en la calidad del aire ambiental, mientras que el segundo se enfoca en las emisiones directas de fuentes industriales.

La legislación guatemalteca sobre contaminación atmosférica presenta una estructura fragmentada carente de un marco normativo integral. El sistema actual se fundamenta en la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, que ofrece lineamientos generales inespecíficos, complementados por normativas parciales sobre emisiones vehiculares y evaluación de impacto ambiental establecidas en el Acuerdo Gubernativo 137-2016.

Existen deficiencias críticas en la cobertura legislativa: ausencia de estándares de emisiones actualizados (el Acuerdo Ministerial 413-2006 es técnicamente obsoleto); inexistencia de un sistema nacional obligatorio de monitoreo atmosférico; carencia de regulaciones sectoriales específicas para la industria manufacturera, generación eléctrica, minería y agroindustria; y falta de normativa sobre contaminantes emergentes como partículas ultrafinas y compuestos orgánicos volátiles.

Las siguientes áreas requieren ser fortalecidas sustancialmente: el régimen sancionatorio (sin actualización desde 1986) resulta ineficaz como mecanismo disuasorio; los mecanismos de coordinación interinstitucional presentan solapamientos funcionales entre el MARN, las municipalidades y otros ministerios; los sistemas de transparencia y acceso a información sobre calidad del aire son deficientes; y no existen incentivos económicos para la implementación de tecnologías limpias.

Para desarrollar un marco regulatorio efectivo, se requiere de:

- una ley específica sobre la calidad del aire con estándares alineados a parámetros de la OMS,
- un sistema de permisos de emisión para fuentes fijas,
- un programa de verificación vehicular técnicamente riguroso,
- planes de acción para episodios críticos con niveles de alerta y restricciones escalonadas,
- una zonificación atmosférica diferenciada,
- mecanismos de financiamiento específicos,
- incorporación del principio precautorio en el caso de contaminantes emergentes.

REFLEXIONES FINALES

La recurrencia de incendios en el vertedero de AMSA no corresponde a eventos aislados, sino que es el síntoma visible de una crisis estructural y permanente de la gestión ambiental guatemalteca. Esta situación expone varias realidades que requieren de una atención inmediata:

La contaminación del aire en Guatemala ha dejado de ser un problema coyuntural para convertirse en una emergencia sanitaria crónica. Los datos son contundentes: la esperanza de vida promedio en Guatemala es 2.1 años menor debido a la contaminación atmosférica, superando como amenaza a la violencia interpersonal, la tuberculosis y el tabaquismo. Ciudades como Mixco y Villa Nueva figuran entre las más contaminadas de América Latina, evidenciando un problema que trasciende los episodios mediáticos de crisis.

El ciclo de atención-olvido que caracteriza la respuesta social e institucional al problema revela una profunda desconexión entre la gravedad del fenómeno y su priorización en la agenda pública. La preocupación ciudadana se intensifica durante eventos críticos como los incendios, pero rápidamente se disipa una vez que el humo visible desaparece, perpetuando así la inacción estructural frente a un problema que persiste silenciosamente en el día a día.

El marco legal guatemalteco en materia de calidad del aire se encuentra rezagado frente a los estándares internacionales actuales. Con normativas que datan de 1986 y 2006, y límites permisibles hasta cinco veces más tolerantes que las recomendaciones de la OMS, Guatemala carece de instrumentos jurídicos efectivos para proteger la salud de su población. Esta obsolescencia normativa, sumada a la escasa fiscalización, ha creado un entorno de impunidad ambiental.

Los costos económicos y sociales de la contaminación atmosférica permanecen invisibilizados en el análisis público, a pesar de su magnitud. El impacto en salud pública, productividad laboral, valor inmobiliario, turismo y agricultura representa una sangría constante para la economía nacional que no se contabiliza adecuadamente en las decisiones de política pública.

La vulnerabilidad diferenciada ante la contaminación atmosférica profundiza las desigualdades sociales existentes. Los grupos más afectados —trabajadores informales de residuos, comunidades aledañas a vertederos, niños, adultos mayores y personas con condiciones respiratorias preexistentes— suelen ser también los más marginados y con menor capacidad para protegerse o incidir en las políticas públicas.

La gestión integral de los residuos sólidos sigue siendo una asignatura pendiente en Guatemala. La recurrencia de incendios en vertederos evidencia no solo problemas operativos sino la ausencia de un enfoque preventivo y sistémico que incluya las fases desde la generación hasta la disposición final de los desechos.

Es urgente realizar un cambio de paradigma que reconozca el aire limpio como un derecho fundamental y un determinante crítico de la salud pública. Esto implica trascender la visión reactiva centrada en crisis puntuales hacia un enfoque preventivo con acciones multiescalares:

1. Actualizar urgentemente el marco legal con estándares alineados a las recomendaciones de la OMS y mecanismos de cumplimiento efectivos.
2. Fortalecer los sistemas de monitoreo de calidad del aire a nivel nacional, garantizando transparencia y acceso público a los datos en tiempo real.
3. Desarrollar planes de contingencia específicos para episodios críticos de contaminación, con protocolos claros de respuesta.
4. Implementar una política nacional para la gestión integral de los residuos sólidos que priorice la reducción, la reutilización y el reciclaje.
5. Invertir en infraestructura y tecnología para gestionar adecuadamente los vertederos existentes, incluyendo sistemas de captación de gases y detección temprana de incendios.
6. Brindar educación ambiental y fomentar la participación ciudadana para promover un cambio cultural en torno a la generación de residuos y la valoración del aire limpio.
7. La crisis del aire en Guatemala representa un desafío complejo que requiere de un abordaje intersectorial, sostenido y basado en evidencia. El momento para actuar no es cuando el próximo incendio ocurra, sino ahora, mientras se respira silenciosamente un aire que afecta la salud, la economía y la calidad de vida.

REFERENCIAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (s. f.). *National Ambient Air Quality Standards (NAAQS) for PM*. <https://www.epa.gov/pm-pollution/national-ambient-air-quality-standards-naaqs-pm>
- Arya, S. P. (1999). *Air pollution meteorology and dispersion*. Oxford University Press.
- Brook, R. D., Rajagopalan, S., Pope, C. A., Brook, J. R., Bhatnagar, A., Diez-Roux, A. V., ... & Kaufman, J. D. (2010). Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: an update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, 121(21), 2331-2378.
- Chen, Y., Ebenstein, A., Greenstone, M., & Li, H. (2013). Evidence on the impact of sustained exposure to air pollution on life expectancy from China's Huai River policy. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(32), 12936-12941.
- Ecoquimsa. (2024). *Incendio en el vertedero AMSA, reporte de calidad del aire*. <https://www.ecoquimsa.com.gt/calidad-de-aire-en-guatemala/ncendio-vertero-amsa-calidad-del-aire>
- Estrada, G. (s. f.). *Ambiente y salud* (Serie Perfil Ambiental de Guatemala). Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología, Universidad Rafael Landívar. Manuscrito no publicado.
- Finlayson-Pitts, B. J., & Pitts Jr, J. N. (2000). *Chemistry of the upper and lower atmosphere: theory, experiments, and applications*. Academic Press.
- Gauderman, W. J., Avol, E., Gilliland, F., Vora, H., Thomas, D., Berhane, K., ... & Peters, J. (2004). The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *New England Journal of Medicine*, 351(11), 1057-1067.
- Greenstone, M., Ganguly, T., Hasenkopf, C., Sharma, G., & Hrishikesh Gautam. *Air quality life index. 2023. Annual update*. The University of Chicago, Energy Policy Institute.

- Greenstone, M., Ganguly, T., Hasenkopf, C., Sharma, G., & Hrishikesh, G. Air Quality life index. (2024). *Annual update*. The University of Chicago, Energy Policy Institute.
- Guarnieri, M., & Balmes, J. R. (2014). Outdoor air pollution and asthma. *The Lancet*, 383(9928), 1581-1592.
- Holton, J. R., & Hakim, G. J. (2012). *An introduction to dynamic meteorology* (5th ed.). Academic Press.
- IQAir. (s. f.a). *Calidad del aire*. Recuperado el 17 de marzo de 2025. <https://www.iqair.com/es/air-quality-map?lat=14.557&lng=-90.531&placeld=66061e44b6b669ee6bbf8cfb>
- IQAir. (s. f.b.). *2024 World air quality report. Region & city ranking*. <https://www.iqair.com/guatemala/guatemala/guatemala-city>
- Jacob, D. J. (1999). *Introduction to atmospheric chemistry*. Princeton University Press.
- Kioumourtzoglou, M. A., Schwartz, J. D., Weisskopf, M. G., Melly, S. J., Wang, Y., Dominici, F., & Zanobetti, A. (2016). Long-term PM_{2.5} exposure and neurological hospital admissions in the northeastern United States. *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 23-29.
- Loomis, D., Grosse, Y., Lauby-Secretan, B., El Ghissassi, F., Bouvard, V., Benbrahim-Tallaa, L., ... & Straif, K. (2013). The carcinogenicity of outdoor air pollution. *The Lancet Oncology*, 14(13), 1262-1263.
- Morawska, L., & Zhang, J. (2002). Combustion sources of particles. 1. Health relevance and source signatures. *Chemosphere*, 49(9), 1045-1058. [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(02\)00241-2](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(02)00241-2)
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Contaminación del aire ambiente exterior y salud*. [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709-742.
- Stull, R. B. (2012). *An introduction to boundary layer meteorology*. Springer Science & Business Media.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (2020). *Handbook of solid waste management*. Graw-Hill International Editions.
- Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (2006). *Atmospheric science: an introductory survey* (2nd ed.). Academic Press.
- Wiedinmyer, C., Yokelson, R. J., & Gullett, B. K. (2014). Global emissions of trace gases, particulate matter, and hazardous air pollutants from open burning of domestic waste. *Environmental Science & Technology*, 48(16), 9523-9530. <https://doi.org/10.1021/es502250z>
- World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.

Guatemala, 19 de marzo de 2025



Vicerrectoría de Investigación y Proyección
Instituto de Investigación en Ciencias Naturales y Tecnología
 Campus Central, San Francisco de Borja, S. J., Ciudad de Guatemala
 Vista Hermosa III, Campus Central, zona 16
 Edificio O, oficina 101

PBX: (502) 2426-2626, ext. 2555
vrip-iarna@url.edu.gt

iarna
 INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN
 CIENCIAS NATURALES Y TECNOLOGÍA