

Calidad del aire: estrategias a corto, mediano y largo plazo

Autora: María Elena Cruz Sauza¹

Octubre 2025

Clasificación temática: Salud.

R E S U M E N

La calidad del aire es un indicador clave de sostenibilidad y salud pública. En la Ciudad de México, representa un reto estructural y una oportunidad estratégica para avanzar hacia una ciudad más justa, resiliente y habitable. Es un tema de enorme relevancia ambiental, social, económica y sanitaria, debido a la magnitud de su población, su actividad industrial y su situación geográfica. La calidad del aire influye directamente en el equilibrio ecológico del Valle de México. La acumulación de contaminantes —como ozono, dióxido de nitrógeno, partículas suspendidas y compuestos orgánicos volátiles— afecta la salud de la vegetación, reduciendo la fotosíntesis y la biodiversidad; la calidad del suelo y del agua, por la deposición de contaminantes atmosféricos; el cambio climático local, ya que algunos contaminantes actúan como gases de efecto invernadero o modifican los patrones de radiación solar; deteriora la calidad de vida de los habitantes, limitando actividades al aire libre y afectando la movilidad; genera desigualdades ambientales, pues las zonas con menor ingreso suelen estar más expuestas a fuentes contaminantes. Este documento expone las principales problemáticas de la ciudad capital, así como algunas propuestas de mejora o solución.

¹ Maestra en Derecho por la UNAM, profesora de las asignaturas de Economía y Derecho Económico; Problemas Socioeconómicos de México y Derecho Electoral; y de Derecho Procesal Electoral, en la División de Estudios de Posgrado, todos de la Facultad de Derecho de la referida casa de estudios.

Contenido

1. Introducción	4
2. Justificación	7
3. Objetivos	10
4. Planteamiento y delimitación del problema	11
5. Marco teórico conceptual	14
6. Formulación de hipótesis	23
7. Pruebas empíricas o cualitativas de la hipótesis	31
Picos de Ozono en temporada seca-caliente	39
Estancamiento atmosférico	42
Transporte y combustibles	45
Convergencia normativa gradual hacia guías OMS reduce carga de enfermedad y genera beneficios netos económicos	46
Mala calidad del aire y pobreza	47
Factores estructurales que vinculan pobreza y contaminación	47
Impactos sociales y económicos	48
Perspectiva de justicia ambiental	48
8. Conclusiones	50
Estrategias de corto plazo (2025–2030): reducción inmediata de emisiones y exposición	50
Estrategias de mediano plazo (2030–2040): cambio estructural de la demanda y del parque motriz	51
Estrategias de largo plazo (2040 en adelante): ciudad climáticamente neutra y aire limpio sostenible	52
Recomendaciones transversales de política y gestión del conocimiento	53
Algunas propuestas	54
1. Mejora del transporte público	54
2. Actualización de normas de calidad del aire	54
3. Reconversión energética	54
4. Planeación urbana integrada	55
5. Regulación industrial y emisiones puntuales	55
6. Movilidad eléctrica y descarbonización	55
7. Infraestructura verde y resiliencia urbana	55
8. Justicia ambiental y gobernanza inclusiva	56
9. Fuentes de consulta	57

Bibliografía	57
Hemerografía	57
Documentos en línea	57
Sitios de Internet	58
Legislación y Normativa	58

1. Introducción

La calidad del aire constituye uno de los principales indicadores del equilibrio entre el desarrollo urbano y la sostenibilidad ambiental. En el contexto contemporáneo, las ciudades latinoamericanas enfrentan el desafío de conciliar el crecimiento económico, la movilidad y la expansión urbana con la protección del entorno y la salud pública. La Ciudad de México —una de las metrópolis más densamente pobladas del continente, con más de veinte millones de habitantes en su zona metropolitana— es un caso paradigmático de las tensiones entre modernidad, urbanización acelerada y deterioro ambiental. Desde mediados del siglo XX, la capital mexicana se ha convertido en un laboratorio vivo de políticas ambientales, experimentando tanto los efectos severos de la contaminación atmosférica como los esfuerzos institucionales y tecnológicos para revertirla.

La ubicación geográfica del Valle de México agrava las condiciones de dispersión de contaminantes: rodeada por cadenas montañosas y situada a más de 2,200 metros sobre el nivel del mar, esta cuenca cerrada dificulta la ventilación natural del aire. A ello se suma un intenso parque vehicular, un alto consumo energético, fuentes industriales y de servicios, así como la constante expansión urbana hacia zonas periféricas con escasa planeación ambiental. Como resultado, los niveles de partículas suspendidas (PM_{10} y $PM_{2.5}$)², ozono troposférico (O_3)³, dióxido de nitrógeno (NO_2)⁴ y otros contaminantes han rebasado de

² **¿Qué son las PM_{10} ?** Se refieren a partículas suspendidas en el aire cuyo diámetro no supera los 10 micrómetros. Estas partículas son especialmente peligrosas porque contienen sustancias cancerígenas, como benzopirenos, furanos, dioxinas y metales pesados. **¿Qué son las $PM_{2.5}$?** Este tipo de material particulado incluye todos los aerosoles atmosféricos con un diámetro máximo de 2,5 micrómetros, de ahí su denominación 2,5. Debido a su finura y a su capacidad inherente de penetrar directamente en el torrente sanguíneo, las $PM_{2.5}$ se consideran el contaminante más peligroso y el más perjudicial para la salud humana. son responsables del agravamiento de los síntomas del asma y deterioro de la función pulmonar; del aumento del riesgo de cáncer de pulmón, garganta o laringe; provocan complicaciones cardiovasculares, incluidas arritmia, vasculitis y aterosclerosis; comprometen el desarrollo fetal, lo que lleva a un menor peso al nacer y problemas respiratorios prenatales; y exacerban de los síntomas de enfermedades existentes del sistema circulatorio y respiratorio. Consultar <https://airly.org/en/what-is-pm10-and-what-is-pm2-5/>

³ El **ozono troposférico** es un contaminante que se forma en la atmósfera inferior por la reacción de óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) con la luz solar. Es un componente del smog urbano y es perjudicial para la salud humana y los ecosistemas. Sus principales fuentes son el transporte, la industria y la quema de combustibles fósiles.

⁴ El **dióxido de nitrógeno** (NO_2) es un gas pardo-rojizo, tóxico y no inflamable, que se forma principalmente por la quema de combustibles fósiles en altas temperaturas, como en los motores de los vehículos y las centrales eléctricas. Es un importante contaminante que puede causar irritación respiratoria, empeorar el asma y contribuir a la formación de smog y lluvia ácida.

manera recurrente los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), convirtiendo la calidad del aire en un problema estructural de la metrópoli.⁵

El fenómeno no es únicamente ambiental. La contaminación atmosférica en la Ciudad de México tiene profundas implicaciones sociales, sanitarias y económicas. De acuerdo con estimaciones de instituciones de salud pública, la exposición prolongada a contaminantes del aire genera miles de muertes prematuras anuales, además de un elevado número de enfermedades respiratorias y cardiovasculares que afectan especialmente a niños, personas adultas mayores y grupos socioeconómicos vulnerables⁶. En términos económicos, las pérdidas asociadas a estos impactos se traducen en una disminución de la productividad, un incremento del gasto sanitario y una merma en la calidad de vida de los habitantes. En el plano social, la contaminación contribuye a la desigualdad ambiental⁷, pues los sectores más pobres suelen vivir en zonas más contaminadas o menos arboladas, donde las condiciones de exposición son más severas.

El Estado mexicano, consciente de esta problemática, ha implementado diversas estrategias de mitigación y control. Desde los años noventa, los programas como el “*Hoy No Circula*”, la verificación vehicular, la reconversión industrial y la promoción de combustibles menos contaminantes han representado pasos importantes hacia la mejora de la calidad del aire. Sin embargo, los avances han sido desiguales y, en muchos casos, insuficientes ante el ritmo del crecimiento urbano y del parque vehicular. A la par, la aparición de nuevos desafíos —como el cambio climático, el incremento del transporte motorizado y la expansión metropolitana hacia los estados colindantes— demandan una revisión integral de las políticas ambientales y una planificación de largo plazo que integre la sustentabilidad como eje rector del desarrollo urbano.

⁵ Consultar [Informe anual calidad del aire 2023 Ciudad de México](#)

⁶ Según estimaciones de 2019, la contaminación del aire ambiente (exterior) en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de muertes prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a materia particulada fina, que causa enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cánceres. Consultar [Contaminación del aire ambiente \(exterior\) y salud](#)

⁷ La desigualdad ambiental es la exposición desproporcionada de ciertos grupos sociales a riesgos y peligros medioambientales, a menudo vinculada a la exclusión de procesos de toma de decisiones. Se manifiesta en la concentración de comunidades de bajos ingresos o minorías en áreas con alta contaminación (cerca de industrias, vertederos o zonas agrícolas con pesticidas) y una menor protección contra desastres naturales.

En este sentido, el presente ensayo tiene como propósito realizar un diagnóstico exhaustivo de la calidad del aire en la Ciudad de México y analizar las estrategias de intervención a corto, mediano y largo plazo, considerando tanto los aspectos técnicos y normativos como los socioambientales. Se busca identificar las causas estructurales de la contaminación, evaluar las políticas públicas implementadas y proponer líneas de acción que permitan consolidar un modelo de gestión ambiental sostenible. Asimismo, se plantea reflexionar sobre la importancia de la participación ciudadana, la educación ambiental y la corresponsabilidad social en la transformación del modelo urbano y energético de la capital.

A lo largo del ensayo, se abordarán tres niveles temporales de intervención. En el corto plazo, se examinarán las medidas inmediatas orientadas a reducir la exposición y las concentraciones de contaminantes, tales como la mejora del transporte público, la promoción del uso de la bicicleta y la actualización de las normas de calidad del aire. En el mediano plazo, se analizarán políticas estructurales de reconversión energética, planeación urbana y regulación industrial que incidan de manera sostenida en la reducción de emisiones. Finalmente, en el largo plazo, se reflexionará sobre la transición hacia una ciudad sustentable, donde la movilidad eléctrica, la infraestructura verde y la justicia ambiental constituyan pilares de un nuevo paradigma urbano.

Así, el análisis de la calidad del aire en la Ciudad de México no sólo implica medir concentraciones de contaminantes o aplicar normas técnicas, sino comprender una compleja red de interacciones entre sociedad, Estado y territorio. La atmósfera capitalina refleja la forma en que la ciudad produce, se mueve y consume. Por ello, diagnosticar su calidad del aire equivale, en gran medida, a diagnosticar el modelo de desarrollo mismo de la metrópoli. Entender esa interdependencia es el primer paso hacia la construcción de un futuro más limpio, equitativo y saludable para los habitantes de la Ciudad de México.

2. Justificación

El estudio de la calidad del aire en la Ciudad de México reviste una importancia fundamental no sólo por su dimensión ambiental, sino también por sus implicaciones sociales, económicas, sanitarias y políticas. La contaminación atmosférica se ha convertido en uno de los principales problemas públicos del país, con efectos que trascienden los límites territoriales de la capital y que impactan directamente en la salud, la productividad y la calidad de vida de millones de personas. En este contexto, la presente investigación se justifica por la necesidad urgente de comprender, diagnosticar y diseñar estrategias integrales y sostenibles que permitan mejorar la calidad del aire, mitigar los daños ocasionados y prevenir escenarios futuros de deterioro ambiental.

En primer lugar, desde una perspectiva sanitaria y humana, la contaminación del aire representa una de las amenazas más graves para la salud pública. Diversos estudios nacionales e internacionales han demostrado la relación directa entre la exposición a partículas contaminantes —especialmente las $PM_{2.5}$ y PM_{10} — y la incidencia de enfermedades respiratorias crónicas, cardiovasculares y neurológicas. En la Ciudad de México, la alta concentración de contaminantes atmosféricos ha generado una situación de riesgo permanente para la población, afectando con mayor severidad a los grupos más vulnerables: niños, personas adultas mayores y comunidades de bajos ingresos. De ahí que el análisis de la calidad del aire no sea sólo un asunto técnico, sino una cuestión de derechos humanos, vinculada al derecho a la salud, a un medio ambiente sano y a la vida digna, consagrados en la Constitución Política de la Ciudad de México⁸.

En segundo término, desde el plano ambiental y ecológico, la investigación se justifica porque la atmósfera del Valle de México constituye un ecosistema complejo⁹ cuya estabilidad depende del equilibrio entre procesos naturales y actividades humanas. El incremento de gases contaminantes y partículas suspendidas altera la composición del aire, contribuye al calentamiento urbano, reduce la visibilidad, afecta la vegetación y agrava el

⁸ Artículos 12, 13, y 16, apartado A, numeral 3.

⁹ El ecosistema de la CDMX es complejo debido a su interacción con la urbanización y la presencia de diversos tipos de ambientes naturales como bosques, humedales y barrancas. Los bosques (como el Bosque de Agua) son cruciales para el suministro de agua, los humedales (como Xochimilco y la Laguna de Zumpango) albergan alta biodiversidad y son sitios Ramsar, y las barrancas (principalmente en el poniente) ayudan a la infiltración de agua y son refugio para fauna y flora nativa. Consultar [Sobrevive biodiversidad en megalópolis mexicana](#)

fenómeno del cambio climático local. Evaluar y diagnosticar el estado actual de la calidad del aire es, por tanto, un requisito indispensable para formular políticas ambientales eficaces, sustentadas en evidencia científica y en una visión de largo plazo.

Desde la dimensión social y urbana, la justificación radica en la profunda interrelación entre contaminación y desigualdad. Los impactos de la mala calidad del aire no se distribuyen de manera equitativa: las zonas más pobres de la ciudad suelen concentrar las fuentes de emisión más intensas, mientras carecen de infraestructura verde y servicios de salud adecuados. Así, el estudio de la calidad del aire implica también abordar la problemática de la justicia ambiental, entendida como la garantía de que todos los sectores de la población gocen de las mismas condiciones para vivir en un entorno saludable. En consecuencia, mejorar la calidad del aire es un paso esencial hacia una ciudad más equitativa, inclusiva y resiliente.

En el ámbito económico, el deterioro de la calidad del aire genera costos significativos para el Estado y la sociedad. Las enfermedades asociadas a la contaminación¹⁰ implican un gasto elevado en atención médica y una pérdida de productividad laboral y escolar. Asimismo, la degradación ambiental disminuye la competitividad de la metrópoli, afecta su imagen internacional y puede obstaculizar inversiones en sectores que demandan estándares de sostenibilidad. Por ello, invertir en políticas que mejoren la calidad del aire no debe concebirse como un gasto, sino como una inversión estratégica en capital humano, innovación tecnológica y bienestar social.

Desde una perspectiva política y normativa, el tema se justifica por la necesidad de evaluar la eficacia de las políticas públicas implementadas hasta ahora. Aunque programas como el *ProAire ZMVM*¹¹, la verificación vehicular y el *Hoy No Circula*¹² han logrado ciertos

¹⁰ La contaminación ambiental causa diversas enfermedades en los sistemas respiratorio y cardiovascular, incluyendo asma, bronquitis crónica, infecciones respiratorias, y enfermedades cardíacas e ictus. También puede provocar problemas gastrointestinales como la fiebre tifoidea y cólera, y a largo plazo, puede aumentar el riesgo de cáncer y daños en el sistema nervioso. Consultar [¿Qué enfermedades causa la contaminación del medio ambiente?](#)

¹¹ Es un instrumento de gestión que establece acciones para prevenir y revertir las tendencias del deterioro de la calidad del aire, consultable en <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire2021-2030/>

¹² El objetivo de este programa es establecer medidas aplicables a la circulación vehicular de fuentes móviles o vehículos automotores, con el objetivo de prevenir, minimizar y controlar la emisión de contaminantes

avances, la persistencia de altos niveles de contaminación evidencia la necesidad de replantear las estrategias bajo un enfoque de planeación integral, coordinación intergubernamental y participación ciudadana. El diagnóstico de la calidad del aire permite identificar los vacíos institucionales, las limitaciones de la normativa vigente y las oportunidades de mejora en la gestión ambiental metropolitana.

Finalmente, la justificación de esta investigación reside en la urgencia de producir conocimiento interdisciplinario que articule la dimensión técnica del problema con su contexto socioeconómico y político. Estudiar la calidad del aire en la Ciudad de México desde una perspectiva integral permitirá aportar evidencia útil para el diseño de políticas públicas más efectivas, fortalecer la educación ambiental y fomentar una cultura ciudadana orientada a la sostenibilidad. Además, el desarrollo de estrategias a corto, mediano y largo plazo contribuirá a trazar una hoja de ruta que combine la mitigación inmediata de los riesgos con la transformación estructural del modelo urbano y energético de la capital.

En suma, esta investigación se justifica por su relevancia social, ambiental y política, por su pertinencia científica, y por su aportación al debate público sobre la sustentabilidad urbana. Mejorar la calidad del aire no es sólo una cuestión de salud o de gestión ambiental, sino un elemento central en la construcción de un nuevo paradigma de ciudad: más limpia, más justa y más humana.

provenientes de fuentes móviles que circulan en el Distrito Federal, sea cual fuere el origen de las placas y/o matrícula del vehículo, mediante la limitación de su circulación.

3. Objetivos

Analizar la situación actual de la calidad del aire en la Ciudad de México, identificando sus principales causas, efectos e implicaciones socioambientales, y proponer estrategias de intervención a corto, mediano y largo plazo orientadas a mejorar la salud pública, reducir las emisiones contaminantes y fortalecer la sustentabilidad urbana.

Objetivos específicos

- Diagnosticar las principales fuentes de contaminación atmosférica en la Ciudad de México y su zona metropolitana, con base en datos oficiales y estudios científicos recientes;
- Evaluar los impactos sociales, sanitarios, económicos y ambientales derivados de la mala calidad del aire en el periodo 2015-2025;
- Revisar el marco jurídico y las políticas públicas aplicables, incluyendo los programas *ProAire*, las normas ambientales mexicanas (NOMs) y los compromisos internacionales en materia de cambio climático;
- Analizar la eficacia de las medidas implementadas por el gobierno de la Ciudad de México y la federación, identificando avances, limitaciones y áreas de oportunidad;
- Proponer estrategias sostenibles y de largo alcance para la mejora de la calidad del aire, que integren acciones tecnológicas, regulatorias, educativas y de participación ciudadana; y
- Contribuir a la construcción de una visión integral de la gestión ambiental urbana, donde la calidad del aire sea entendida como un indicador de equidad, salud y desarrollo sustentable.

4. Planteamiento y delimitación del problema

La contaminación atmosférica en la Ciudad de México representa un fenómeno complejo y persistente que combina factores naturales, estructurales y antrópicos. Su origen se encuentra en la interacción entre la intensa actividad económica y vehicular de la metrópoli, las condiciones geográficas del Valle de México y una histórica falta de planeación urbana sustentable. A pesar de los avances en la regulación ambiental, los niveles de contaminación continúan rebasando los límites establecidos por la OMS, generando consecuencias graves en la salud pública, el ecosistema y la economía local.

El problema de la calidad del aire tiene una profunda raíz estructural. La concentración de más de 20 millones de habitantes en una cuenca cerrada con limitada ventilación natural genera una acumulación constante de contaminantes. A ello se suman factores como el crecimiento desordenado del parque vehicular, que supera los seis millones de unidades; el uso intensivo de combustibles fósiles, tanto en el transporte como en la industria; y la deficiente infraestructura de movilidad sustentable. La quema de residuos, las emisiones de polvo provenientes de obras de construcción y la expansión de la mancha urbana hacia zonas ecológicamente frágiles agravan aún más el panorama.

Las principales fuentes de contaminación atmosférica se concentran en los sectores transporte, industrial y de servicios. Según datos de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA), el transporte vehicular es responsable de más del 80 % de las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) y de una proporción significativa de partículas finas (PM_{2.5}), compuestos orgánicos volátiles (COV) y monóxido de carbono (CO). Estas emisiones, combinadas con la radiación solar y las condiciones meteorológicas propias de la cuenca, favorecen la formación de ozono troposférico (O₃), uno de los contaminantes más problemáticos en la capital.

El impacto de este fenómeno es múltiple. Desde el punto de vista sanitario, los contaminantes atmosféricos se asocian con un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias agudas, asma, bronquitis, enfermedades cardiovasculares y mortalidad prematura. La exposición prolongada a partículas PM_{2.5} se vincula directamente con la reducción de la esperanza de vida. En términos ambientales, la contaminación deteriora los ecosistemas urbanos y periurbanos, afecta la fotosíntesis de las plantas,

contamina suelos y cuerpos de agua, y contribuye al cambio climático. En el ámbito socioeconómico, las pérdidas derivadas del deterioro de la salud, la disminución de la productividad y los costos médicos representan miles de millones de pesos anuales.

El problema se agrava debido a la disparidad entre las políticas ambientales y el ritmo de urbanización. A pesar de la existencia de programas como el *ProAire ZMVM* (2021-2030), los avances han sido insuficientes para revertir la tendencia. La falta de coordinación interinstitucional, la débil aplicación de la normativa, el escaso presupuesto y la limitada participación ciudadana constituyen obstáculos estructurales para alcanzar una mejora sostenida en la calidad del aire. Asimismo, las medidas implementadas suelen ser reactivas (por ejemplo, restricciones temporales a la circulación vehicular en episodios críticos) más que preventivas o estructurales, lo que reduce su eficacia a largo plazo.

Delimitando el problema, la presente investigación se centrará en el análisis de la calidad del aire en la Ciudad de México durante la última década (2015-2025), identificando las tendencias, las principales fuentes de emisión y los impactos sociales y ambientales más relevantes. Se examinarán las políticas públicas y estrategias gubernamentales implementadas, evaluando su eficacia en tres horizontes temporales:

- *Corto plazo*: medidas inmediatas para reducir emisiones y exposición (2025-2030);
- *Mediano plazo*: políticas de reconversión energética y mejora del transporte (2030-2040);
- *Largo plazo*: transición hacia una ciudad sustentable y climáticamente neutra (2040 en adelante).

El estudio considera el marco jurídico ambiental vigente, incluyendo las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) sobre calidad del aire, los lineamientos del Programa ProAire CDMX, y los compromisos internacionales asumidos por México en materia de cambio climático, como el Acuerdo de París. Asimismo, se tomará en cuenta la dimensión social y territorial del problema, reconociendo que la contaminación no afecta de manera homogénea a la población, sino que se concentra en zonas con mayor marginación o con menor acceso a infraestructura verde.

El problema que se plantea no se limita a la presencia de contaminantes en la atmósfera, sino que refleja una crisis más profunda en el modelo de desarrollo urbano y energético de la capital. Por ello, abordar la calidad del aire en la Ciudad de México exige un diagnóstico integral, que combine enfoques científicos, técnicos, normativos y sociales, y que permita diseñar estrategias de intervención coherentes, sostenibles y justas.

5. Marco teórico conceptual

La calidad del aire es un problema público complejo, en el que intervienen factores sociales, económicos, tecnológicos y ambientales. Analizar la evolución de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México durante la última década (2015-2025) requiere comprender cómo estos factores interactúan entre sí y cómo las políticas públicas han buscado contenerlos o transformarlos. Para ello, es necesario adoptar un enfoque sistémico basado en el modelo DPSIR (Fuerzas Motrices–Presiones–Estado–Impactos–Respuestas). Este marco permite organizar la información de forma lógica: las fuerzas motrices son el crecimiento urbano, el aumento del parque vehicular, el consumo energético y los patrones de movilidad; las presiones son las emisiones contaminantes que provienen principalmente del transporte, la industria y la construcción; el estado se mide con los niveles de contaminantes como partículas finas (PM_{2.5} y PM₁₀), ozono (O₃) y dióxido de nitrógeno (NO₂); los impactos abarcan los efectos en la salud de la población, la productividad económica y los ecosistemas; finalmente, las respuestas son las políticas públicas y estrategias que buscan mejorar la calidad del aire.



Fuente: Elaboración propia con AI

Se deben analizar tres enfoques principales:

1. El metabolismo urbano, que conciba a la ciudad como un organismo que consume energía y materiales, generando residuos y emisiones;

2. La perspectiva de salud ambiental o “Una sola salud”, que vincule la contaminación con el bienestar humano y con los ecosistemas; y
3. La teoría de las transiciones sociales y técnicas, que expliquen los procesos de cambio tecnológico, institucional y cultural necesarios para avanzar hacia una ciudad sustentable y climáticamente neutra.

El metabolismo urbano de la Ciudad de México se entiende como el conjunto de procesos por los cuales la ciudad consume energía y materiales, los transforma para satisfacer sus necesidades y luego genera residuos y emisiones. En este sentido, puede verse como un organismo vivo que necesita insumos (como agua, energía, alimentos y materiales) para funcionar, y que produce desechos (como basura, aguas residuales, calor y contaminantes del aire).

La capital del país tiene un metabolismo muy intenso y dependiente de recursos externos, pues gran parte del agua, la energía y los alimentos que utiliza provienen de otras regiones. Dentro de la ciudad, estos recursos se transforman para hacer posible el transporte, la industria, los servicios, la vivienda y el consumo cotidiano de millones de personas. Sin embargo, este proceso también genera una gran cantidad de residuos sólidos, emisiones contaminantes y problemas ambientales como la mala calidad del aire, el hundimiento del suelo o la acumulación de desechos.

En el caso del agua, por ejemplo, la ciudad importa grandes volúmenes desde cuencas vecinas, pero pierde una parte considerable por fugas, y devuelve una porción contaminada en forma de aguas residuales. En cuanto a la energía, el transporte y los edificios son los principales consumidores, lo que contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero. Los alimentos y materiales de construcción llegan de fuera y generan una gran cantidad de desperdicio y escombros al final de su vida útil.

Este funcionamiento es lineal: se extraen recursos, se consumen y luego se desechan. Por eso, uno de los grandes retos de la ciudad es avanzar hacia un metabolismo circular, en el que se reduzca el uso de energía y materiales, se recicle el agua y los residuos, se use energía renovable y se aprovechen los desechos como nuevos recursos.

Pensar la CDMX como un organismo metabólico permite identificar dónde están las principales ineficiencias —por ejemplo, en las pérdidas de agua, el exceso de autos o el bajo reciclaje— y orientar políticas públicas que hagan a la ciudad más eficiente, limpia y sustentable. En resumen, el metabolismo urbano describe cómo la ciudad respira, se alimenta y desecha, y cómo esos procesos determinan su impacto ambiental y su sostenibilidad futura.

Por otra parte, la perspectiva de salud ambiental o “Una sola salud” (*One Health*)¹³ parte de una idea sencilla pero profunda: la salud humana, la salud animal y la salud del medio ambiente son interdependientes. No existen fronteras entre el bienestar de las personas y el de los ecosistemas. Por tanto, si los ríos, el aire o los suelos están contaminados, también se deterioran las condiciones que permiten la vida sana y equilibrada de las comunidades humanas. Esta visión propone analizar los problemas de salud no sólo desde los hospitales o laboratorios, sino desde la relación entre la sociedad y la naturaleza.

En el contexto urbano, esta perspectiva es especialmente importante. Las ciudades concentran una enorme cantidad de actividades económicas y sociales que modifican el ambiente, al consumir grandes cantidades de energía, agua y materiales, y al generar residuos y contaminantes. En lugares como la Ciudad de México, donde millones de personas comparten un espacio limitado, la contaminación atmosférica, el ruido, los residuos sólidos, las aguas negras y el calor urbano se convierten en factores que afectan de manera directa la salud humana. Las enfermedades respiratorias, cardiovasculares y neurológicas, los casos de asma infantil o los problemas de salud mental asociados con el estrés ambiental son parte de este entramado.

La contaminación atmosférica, por ejemplo, es una de las manifestaciones más visibles de esta relación entre ambiente y salud. Cuando el aire contiene altos niveles de partículas finas ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), ozono o dióxido de nitrógeno, las personas inhalan contaminantes que penetran en el sistema respiratorio y llegan incluso al torrente sanguíneo. Esto no sólo provoca afecciones respiratorias y cardíacas, sino que también reduce la esperanza de vida y aumenta la carga económica del sistema de salud. Pero la contaminación no afecta únicamente a las personas: también daña los ecosistemas urbanos y periurbanos, altera la

¹³ Consultar DOF [NOM-172-SEMARNAT-2023](#): *Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud (AIRE y SALUD)*.

fotosíntesis de las plantas, contamina cuerpos de agua por deposición atmosférica y contribuye al calentamiento local.

Desde la perspectiva de “Una sola salud”, los ecosistemas funcionan como la base del bienestar humano. Los bosques, lagos, ríos, suelos y zonas verdes no sólo ofrecen belleza o recreación; también regulan el clima, purifican el aire y el agua, y proporcionan alimentos y materiales. Cuando estos sistemas se degradan —por deforestación, urbanización desordenada o contaminación— se rompe el equilibrio que sostiene la salud de la población. Por ejemplo, la pérdida de áreas verdes y la expansión del concreto intensifican el fenómeno de la isla de calor urbana, aumentando el riesgo de golpes de calor y agravando enfermedades cardiovasculares. Del mismo modo, la contaminación del agua o del suelo afecta la seguridad alimentaria y puede generar brotes de enfermedades transmitidas por alimentos o vectores.

Un ejemplo claro de esta interdependencia es el vínculo entre cambio climático y salud. El aumento de las temperaturas y los patrones irregulares de precipitación afectan la calidad del aire, la disponibilidad de agua y la distribución de especies, incluidas aquellas que transmiten enfermedades (como mosquitos o roedores). Así, la degradación ambiental amplifica los riesgos sanitarios, especialmente entre las poblaciones más vulnerables: niños, personas mayores, mujeres embarazadas y comunidades con menos recursos.

Por eso, la perspectiva de “Una sola salud” promueve acciones integradas entre sectores que tradicionalmente trabajaban de manera separada: salud pública, medio ambiente, agricultura, transporte y urbanismo. La idea es que los problemas ambientales deben tratarse como determinantes estructurales de la salud. No basta con atender enfermedades; es necesario prevenirlas desde la planificación territorial, la gestión de residuos, la calidad del aire y la protección de los ecosistemas.

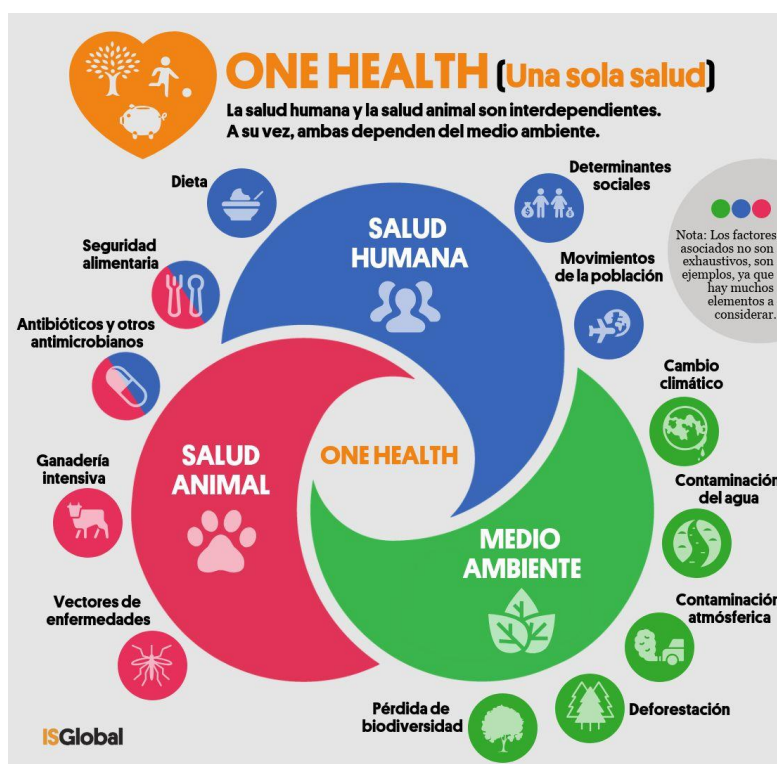
En la práctica, aplicar el enfoque de “Una sola salud”¹⁴ implica fortalecer la gobernanza ambiental y sanitaria. Supone monitorear la calidad del aire, del agua y del suelo; reducir

¹⁴ Es un enfoque que reconoce que la salud humana, animal y ambiental están interconectadas y dependen entre sí. Busca optimizar la salud de las personas, los animales y los ecosistemas mediante la colaboración entre múltiples disciplinas, como la medicina, la veterinaria y las ciencias ambientales. Este modelo integral aborda desafíos de salud pública global como las enfermedades zoonóticas, la resistencia a los antibióticos y los efectos del cambio climático. Consultar [One Health](#)

las emisiones industriales y vehiculares; garantizar el tratamiento adecuado de aguas residuales; y fomentar la educación ambiental y el consumo responsable. También requiere sistemas de alerta temprana ante riesgos ambientales, programas de vigilancia epidemiológica que integren variables climáticas y ecológicas, y una coordinación institucional que reconozca la interdependencia entre salud humana y ambiental.

En el caso de la Ciudad de México, adoptar esta perspectiva permitiría entender que el bienestar de sus habitantes depende del equilibrio ecológico del Valle de México. Proteger las zonas de recarga de acuíferos, recuperar áreas verdes, mejorar el transporte público y reducir la contaminación atmosférica no son sólo medidas ambientales: son políticas de salud pública. Una ciudad limpia, verde y resiliente genera menos enfermedades, mejora la calidad de vida y fortalece la cohesión social.

La salud ambiental y la visión de “Una sola salud” invitan a mirar la salud humana como el reflejo de la salud del entorno. Cuidar el ambiente es cuidar la vida, y sólo mediante una gestión urbana y ecológica integrada es posible garantizar un futuro en el que las personas, los animales y los ecosistemas prosperen juntos.



*Infografía tomada del artículo de Sara Soto González, publicada en el artículo [One Health](#) del Instituto de Salud Global de Barcelona, España, octubre de 2024.

Por otro lado, la teoría de las transiciones socio-técnicas o sostenibles busca explicar cómo las sociedades logran transformar sus sistemas tecnológicos, institucionales y culturales hacia modelos más sostenibles. Esta teoría es especialmente útil para comprender los procesos de cambio profundo que necesita una ciudad como la Ciudad de México para avanzar hacia un futuro sustentable y climáticamente neutro, es decir, un futuro donde las actividades humanas no generen más emisiones de gases de efecto invernadero de las que los ecosistemas puedan absorber, y donde el desarrollo económico y social se mantenga dentro de los límites ecológicos del planeta.¹⁵

Esta teoría surgió a finales del siglo XX en el campo de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) y de la innovación sostenible. Plantea que los grandes cambios —como el paso de una economía basada en combustibles fósiles a una basada en energías limpias— no son meramente tecnológicos, sino procesos sistémicos que involucran transformaciones en las infraestructuras, las instituciones, las normas sociales, las prácticas cotidianas y las formas de pensamiento. El núcleo de la teoría se apoya en el concepto de “régimen socio-técnico”, que describe el conjunto estable de tecnologías, regulaciones, actores, mercados y valores culturales que sostienen el funcionamiento de un sistema (por ejemplo, el sistema energético, de transporte o de gestión del agua). Estos regímenes tienden a ser resistentes al cambio porque implican inversiones a largo plazo, intereses económicos consolidados y hábitos sociales profundamente arraigados. Sin embargo, con el tiempo pueden transformarse a partir de presiones externas (crisis ambientales, políticas internacionales, cambios culturales) y de innovaciones emergentes que ofrecen nuevas soluciones.

Uno de los aportes más importantes de esta teoría es el modelo multinivel de las transiciones (MLP, por sus siglas en inglés), propuesto por Frank Geels y otros autores¹⁶; este modelo distingue tres niveles que interactúan entre sí:

- *Nicho*: es el espacio donde surgen innovaciones tecnológicas, sociales o institucionales todavía marginales, pero con potencial transformador. En el caso urbano, ejemplos de nichos serían la movilidad eléctrica, los huertos urbanos, los edificios de energía cero, o los sistemas de captación pluvial comunitarios. En los

¹⁵ García, M., & Martínez, A. (2018). *Transiciones socio-técnicas y sustentabilidad urbana en México: aportes desde la gestión del transporte y la energía*. Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales, 8(1), 27–49.

¹⁶ Consultar <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210422411000050>

nichos se experimentan nuevas prácticas y se construyen redes de actores comprometidos con el cambio.

- *Régimen socio-técnico*: representa el sistema dominante y establecido. En las ciudades, incluye la infraestructura del transporte basado en combustibles fósiles, las normas de construcción, la planificación urbana centrada en el automóvil, los patrones de consumo energético, y las instituciones que regulan todo ello. El régimen asegura estabilidad, pero también genera inercia y bloqueos que impiden la innovación.
- *Paisaje socio-técnico*: es el entorno más amplio donde operan los regímenes, e incluye factores macro como el cambio climático, las crisis económicas, las transformaciones culturales, los acuerdos internacionales o los avances científicos globales. Estos factores ejercen presiones externas que pueden desestabilizar el régimen y abrir oportunidades para el cambio.

El proceso de transición ocurre cuando las innovaciones del nicho logran madurar y ganar legitimidad social, mientras el régimen dominante se ve presionado por el paisaje (por ejemplo, por la urgencia climática o la demanda ciudadana de aire limpio). Cuando estos tres niveles se alinean, el sistema entra en una fase de reconfiguración y eventualmente de transformación estructural.

Aplicar esta teoría a la Ciudad de México implica reconocer que la sostenibilidad urbana no se logrará sólo mediante tecnologías “verdes” aisladas, sino a través de transiciones integrales que modifiquen la manera en que se produce, se consume, se transporta y se gobierna la ciudad. En el sistema de transporte, la transición requiere sustituir progresivamente el uso de combustibles fósiles por movilidad eléctrica, compartida y activa (caminar, bicicleta), junto con cambios en el diseño urbano (calles completas, uso mixto del suelo, reducción de distancias). No basta con reemplazar motores: hay que transformar hábitos, normas y estructuras urbanas. En el sistema energético, la transición implica avanzar hacia una matriz de energías renovables distribuidas, fomentar la eficiencia energética en edificios, y crear incentivos regulatorios y fiscales para la generación local de energía solar o eólica.

Esto requiere instituciones flexibles, financiamiento verde y participación ciudadana. En el sistema del agua, la transición debe orientar la gestión hacia la circularidad, mediante el

reúso, la captación pluvial y el tratamiento descentralizado, lo que exige nuevos marcos normativos y una cultura de ahorro hídrico. En el sistema de residuos, se requiere una transición hacia la economía circular, donde los materiales se mantengan en uso el mayor tiempo posible y se reduzca la generación de desechos mediante políticas de responsabilidad extendida del productor y cambios en el consumo ciudadano. En todos los casos, las transiciones tecnológicas deben acompañarse de transiciones institucionales (reformas normativas, coordinación intergubernamental, políticas de incentivos) y transiciones culturales (nuevos valores, estilos de vida sostenibles, educación ambiental, justicia climática).

La teoría reconoce que los cambios profundos enfrentan resistencias. Los actores dominantes suelen proteger el régimen existente porque tienen intereses económicos o políticos en mantenerlo. Además, las ciudades tienen infraestructuras muy costosas y duraderas que dificultan transformaciones rápidas. Sin embargo, las transiciones pueden acelerarse cuando existen:

- Crisis ambientales o sociales que evidencian la insostenibilidad del sistema actual (por ejemplo, contaminación del aire, escasez de agua o sequías prolongadas).
- Innovaciones tecnológicas maduras y accesibles, como la energía solar o los vehículos eléctricos.
- Movimientos sociales y culturales que presionan por el cambio (colectivos ambientales, jóvenes por el clima, redes de movilidad activa).
- Liderazgo político e institucional que articula políticas públicas coherentes y de largo plazo.
- Alianzas público-privadas y cooperación internacional que aportan financiamiento, conocimiento y capacidades.

Desde esta perspectiva, avanzar hacia una Ciudad de México sustentable y climáticamente neutra requiere combinar innovación tecnológica, cambio institucional y transformación cultural. No se trata sólo de introducir nuevas tecnologías, sino de modificar la lógica que organiza la vida urbana: pasar de una ciudad centrada en el consumo intensivo de recursos a una ciudad que optimiza, recicla y equilibra sus flujos materiales y energéticos.

Lo anterior, implica una visión de largo plazo —de 20 o 30 años— con objetivos claros: neutralidad climática, justicia ambiental, equidad territorial y resiliencia ante el cambio

climático. Requiere políticas integradas que conecten transporte, energía, vivienda, gestión del agua y planeación urbana. Y sobre todo, demanda una cultura ciudadana del cuidado ambiental, donde la población se reconozca como parte activa del proceso de transición.

La teoría de las transiciones sociales y técnicas enseña que las ciudades no cambian por decreto, sino por evolución sistémica: a través de la interacción entre innovaciones, presiones externas y transformación de valores. Para la Ciudad de México, abrazar esta perspectiva significa entender que cada decisión en movilidad, energía o territorio puede ser un paso más hacia un nuevo modelo urbano —uno que no sólo reduzca emisiones, sino que también mejore la calidad de vida y regenere su relación con la naturaleza¹⁷.

Así, esta investigación como ya se ha planteado, distinguirá tres horizontes temporales de acción:

- Corto plazo (2025-2030): Buscar medidas inmediatas para reducir las emisiones y proteger a la población, como mejorar la verificación vehicular, controlar el polvo de obras o emitir alertas ambientales más precisas;
- Mediano plazo (2030-2040): Promover la reconversión energética, la electrificación del transporte y la ampliación de sistemas de movilidad sustentable; y
- Largo plazo (2040 en adelante): se aspira a transformar la estructura urbana y energética de la ciudad hacia un modelo sustentable y climáticamente neutro, con movilidad limpia, energía renovable y menor dependencia del automóvil.

En suma, este marco teórico plantea que la calidad del aire no puede entenderse solo como un problema ambiental, sino como el resultado de un conjunto de decisiones urbanas, económicas y sociales. Evaluar las tendencias de 2015-2025 y proyectar estrategias futuras exige una visión integral que una la ciencia ambiental con el análisis de políticas públicas, la salud y la justicia social.

¹⁷ Herrera, M. (2023). Transición energética y justicia climática en México: el papel de las ciudades. *Revista Mexicana de Política Ambiental*, 12(2), 85–104.

6. Formulación de hipótesis

El documento garante del derecho a un medio ambiente sano en la Ciudad de México es su Constitución local. Existen diversas disposiciones en ella al respecto, pero considero que los artículos torales son los siguientes:

Artículo 12 Derecho a la Ciudad

1. *La Ciudad de México garantiza el derecho a la ciudad que consiste en el uso y el usufructo pleno y equitativo de la ciudad, fundado en principios de justicia social, democracia, participación, igualdad, sustentabilidad, de respeto a la diversidad cultural, a la naturaleza y al medio ambiente.*

Artículo 13

A. Derecho a un medio ambiente sano

1. *Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. Las autoridades adoptarán las medidas necesarias, en el ámbito de sus competencias, para la protección del medio ambiente y la preservación y restauración del equilibrio ecológico, con el objetivo de satisfacer las necesidades ambientales para el desarrollo de las generaciones presentes y futuras.*
2. *El derecho a la preservación y protección de la naturaleza será garantizado por las autoridades de la Ciudad de México en el ámbito de su competencia, promoviendo siempre la participación ciudadana en la materia.*
3. *Para el cumplimiento de esta disposición se expedirá una ley secundaria que tendrá por objeto reconocer y regular la protección más amplia de los derechos de la naturaleza conformada por todos sus ecosistemas y especies como un ente colectivo sujeto de derechos.*

Artículo 16 Ordenamiento territorial

A. Medio ambiente

1. *Derivado del escenario geográfico, hidrológico y biofísico en que se localiza la Ciudad de México, se requerirán políticas especiales que sean eficaces en materia de gestión hidrológica, protección ambiental, adaptación a fenómenos climáticos, prevención y protección civil.*
2. *...*
3. *Los servicios ambientales son esenciales para la viabilidad de la ciudad. Las autoridades adoptarán medidas para garantizar la recarga de los acuíferos, la*

conservación de los bienes naturales, el incremento de áreas verdes, la protección de la atmósfera, la recuperación del suelo y la resiliencia ante fenómenos naturales; las medidas respetarán los derechos humanos. Se impedirá la deforestación, la destrucción de humedales y la contaminación de aire, agua, suelo, acústica, visual, lumínica y cualquier otra. Se fomentará la adopción de patrones de producción y consumo sustentables, compatibles con el respeto a los ciclos vitales de la naturaleza.

Los artículos en cita, en su conjunto, constituyen el núcleo ecológico y social de la Constitución de la Ciudad de México, orientado a construir una urbe sustentable, participativa y con justicia ambiental; al vincular el bienestar humano con la salud del entorno natural, reconociendo que proteger la naturaleza no es solo un deber ecológico, sino también una condición para la vida digna y la justicia ambiental; al establecer la base ecológica del ordenamiento urbano. La ciudad no puede planearse ignorando su entorno natural. Se busca un modelo de desarrollo resiliente, sustentable y humano, donde la gestión del territorio se vincula directamente con los derechos ambientales y sociales, todo ello en torno al derecho humano a habitar dignamente la ciudad.

Entre 2015 y 2025 la calidad del aire en la Zona Metropolitana del Valle de México muestra un desempeño desigual por contaminante y fuertemente estacional. En material particulado fino (PM_{2.5}) se observó una trayectoria general de mejora moderada a lo largo de la década, interrumpida por el descenso atípico de 2020 ligado a la contracción de la movilidad por la pandemia y un rebote posterior en 2021-2023; aun con ese progreso, el promedio anual continúa excediendo, con amplitud, los valores guía más estrictos propuestos por la OMS en 2021 (5 µg/m³). La propia autoridad de monitoreo de la Ciudad reportó para 2023¹⁸ tasas de cumplimiento que mejoran respecto de años previos pero que no alcanzan los objetivos sanitarios intermedios más ambiciosos, reflejando que la convergencia a estándares de salud pública de referencia es todavía una tarea pendiente.

El comportamiento del ozono troposférico¹⁹, por su parte, continúa siendo el talón de Aquiles del sistema: cada temporada *seca-caliente* —aproximadamente de febrero a junio— se

¹⁸ Consultar [Informe anual de calidad del aire 2023](#).

¹⁹ El ozono troposférico es un contaminante que se forma en la atmósfera inferior por la reacción de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) con la luz solar. Es un componente del smog urbano y es perjudicial para la salud humana y los ecosistemas. Sus principales fuentes son el transporte, la industria y la quema de combustibles fósiles.

registran acumulaciones fotoquímicas²⁰ que activan contingencias ambientales con valores que superan el umbral de la Fase I (150 ppb²¹) y, en no pocas ocasiones, alcanzan picos por encima de 160 ppb, como ocurrió en marzo-abril de 2025. La Comisión Ambiental de la Megalópolis emitió varios comunicados ese año manteniendo o levantando contingencias²² conforme mejoraban las condiciones de dispersión, lo que ilustra la sensibilidad del ozono a patrones meteorológicos de alta presión y fuerte radiación solar que predominan en ese periodo. Esta estacionalidad refuerza la necesidad de estrategias de control de precursores y de gestión del riesgo poblacional sincronizadas con las ventanas de mayor exposición.

En el plano socio espacial, la exposición no es homogénea: corredores viales con alto flujo, polígonos con menor cobertura de infraestructura verde y colonias con viviendas más vulnerables —dependientes de transporte público y, en algunos casos, de usos intensivos de gas LP para cocción— experimentan mayores cargas de contaminantes y riesgos de salud. Los informes diagnósticos del *ProAire 2021-2030*²³ subrayan que la orografía de la cuenca, la estructura de vientos y las islas de calor urbanas interactúan con las fuentes para producir “puntos calientes” de exposición que se repiten año tras año, con implicaciones directas en desigualdad ambiental.²⁴

Pero, ¿por qué siguen dominando el transporte y los solventes? La contabilidad de emisiones más reciente y de base regulatoria para la ZMVM es el [Inventario 2020](#), presentado oficialmente en 2023. Ese instrumento detalla 94 categorías y confirma que las fuentes móviles —vehículos de carretera y no carretera— son el componente predominante de los óxidos de nitrógeno (NOx) y del monóxido de carbono, además de contribuir de manera relevante a PM_{2.5}, lo que las convierte en el primer objetivo para abatir los precursores del ozono y el material particulado secundario. En paralelo, las llamadas “fuentes de área” —actividades domésticas y comerciales que usan solventes, pinturas y productos de limpieza— concentran una parte sustantiva de los compuestos orgánicos

²⁰ Las acumulaciones fotoquímicas son la formación y acumulación de contaminantes secundarios en la atmósfera, como el ozono troposférico y el smog, que se producen por reacciones químicas impulsadas por la radiación solar. Este fenómeno es típico de las grandes ciudades con mucho tráfico e industria, especialmente en días soleados y calurosos, y puede generar una neblina parda rojiza que afecta la calidad del aire.

²¹ ppb: partes por billón

²² Consultar <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/ultima-hora/calidad-aire/pcaa/pcaa-historico-contingencias.pdf>

²³ Consultar <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire2021-2030/>

²⁴ Consultar <https://aire.cdmx.gob.mx/default.php>

volátiles (VOC), clave para la química del ozono en un régimen mixto con sensibilidad a NOx y VOC. La industria y la generación térmica tienen un peso relativo menor en el agregado metropolitano frente al transporte, pero resultan localmente relevantes en corredores y municipios específicos, por lo que los enfoques territoriales de control siguen siendo imprescindibles.

Ahora bien, desde una óptica social, la contaminación del aire opera como un amplificador de vulnerabilidad. Infantes, personas mayores, quienes viven con enfermedades respiratorias o cardiovasculares, y hogares de menores ingresos —con viviendas menos aisladas y mayor dependencia de la exposición en vía pública— resienten de forma desproporcionada los efectos adversos. En términos sanitarios, la evidencia acumulada y los lineamientos de la OMS sitúan a las partículas finas como el principal riesgo ambiental para la salud, con asociaciones robustas con mortalidad y hospitalizaciones cardiorrespiratorias.

Reportes epidemiológicos periódicos en la Ciudad muestran aumentos de atenciones por infecciones respiratorias y conjuntivitis durante episodios de mala calidad del aire²⁵; 2025 no fue la excepción, con semanas en las que el incremento del ozono se reflejó en indicadores de morbilidad²⁶. En lo económico, los costos se materializan en productividad perdida, gasto sanitario y ausentismo escolar y laboral; estimaciones utilizadas por la administración pública y organismos internacionales tienden a ubicar el costo agregado de la contaminación del aire en rangos de varios puntos del producto interno bruto a escala global, y en miles de millones de pesos anuales para el caso mexicano, con beneficios netos relevantes cuando se transita hacia estándares más estrictos.

México se encuentra entre los 10 países con mayor población expuesta a “concentraciones inseguras y peligrosas” de contaminación del aire, 93.3 por ciento de sus habitantes viven al filo de enfermar por la exposición a partículas micrométricas que no filtra el sistema respiratorio, mientras, sumado al costo de subsidiar combustibles fósiles se empalma la

²⁵ Consultar

<https://sersalud.cdmx.gob.mx/sspcdmx/Documentos/direccion/demp/boletin/2025/Boletin%20Semanal%20de%20la%20Ciudad%20de%20Mexico%20n%C3%BAmero%2040%20del%202025.pdf> (página 12)

²⁶ Ver contingencia ambiental <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/ultima-hora/calidad-aire/pcaa/pcaa-historico-contingencias.pdf>

carga financiera hacia el sector salud, alertó el Banco Mundial²⁷. La conclusión de política es inequívoca: reducir exposición en zonas de alta vulnerabilidad y durante las ventanas de mayor riesgo tiene retornos sociales especialmente altos.

La arquitectura de gestión en la década de 2015-2025 se apoyó en tres pilares: el monitoreo y comunicación del riesgo, la planificación programática y la actualización de la normativa.

- *Monitoreo y comunicación del riesgo*: La [Dirección de Monitoreo de la Calidad del Aire](#) mantiene y moderniza la red de estaciones y los reportes de índice de calidad del aire y UV en tiempo real, lo que permite activar contingencias y orientar conductas de protección de la salud.
- *Planificación programática*: El programa ProAire 2021-2030 formalizó líneas de acción para transporte limpio, combustibles, industria y fuentes de área, y estimó beneficios sanitarios potenciales por evitar miles de muertes prematuras si las acciones se ejecutan a cabalidad.
- *Actualización de la normativa*: México ha ido alineando sus estándares y protocolos de comunicación de riesgo con las Directrices OMS 2021 —que fijan metas más exigentes para PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂ y ozono— y con instrumentos regulatorios locales como los acuerdos de verificación vehicular y las bases para inspección de componentes de control ambiental.

El conjunto de todo lo anterior ha permitido avances, pero el balance es heterogéneo: PM_{2.5} mejora de forma gradual; ozono —más sensible a la química fotoquímica y a las condiciones meteorológicas de temporada— mantiene episodios críticos pese a la reducción de tóxicos en algunos corredores.

Un rasgo sobresaliente del último quinquenio es la apuesta por electrificación del transporte público y por alternativas de alta capacidad en zonas periféricas. La operación de trolebuses —incluido el Trolebús Elevado en Iztapalapa—, la expansión del Metrobús con flota eléctrica en la [Línea 3](#)²⁸ y la electrificación parcial de la Línea 4, así como la entrada en

²⁷ Ver nota de Dora Villanueva publicada en “La Jornada” [Costos de salud por la contaminación del aire representan en México 4% del PIB](#).

²⁸ Estos autobuses fueron diseñados para una alta capacidad de transporte y autonomía del sistema Metrobús. Cuentan con capacidad para 130 usuarios y pueden recorrer 260 kilómetros. Sus baterías se recargan por la noche en sólo 3 horas. En comparación con los autobuses de diésel, estos evitan la emisión de más de 5 mil

servicio de las líneas 1 y 2 de Cablebús, han reducido emisiones locales en corredores con alta exposición social y generado co-beneficios de accesibilidad y tiempo de viaje para usuarios de renta media-baja. Informes técnicos y comunicados oficiales indican que la línea 3 del Metrobús opera ya con flota 100% eléctrica y que la línea 4 superó la mitad de su flota con buses cero emisiones a inicios de 2024; la autoridad local y organismos internacionales reportan beneficios ambientales, incluidos ahorros de CO₂ y ruido. Estas intervenciones no resuelven por sí mismas la química del ozono a escala regional, pero muestran impactos tangibles y equitativos a nivel de calle, especialmente cuando se integran con restricciones en contingencias y con mejoras en verificación vehicular.

En el corto plazo 2025-2030, la prioridad es doble: reducir emisiones de “súper emisores” y, en paralelo, disminuir exposición poblacional durante los picos. Las acciones de verificación con tecnologías OBD²⁹ y esquemas de control remoto, la chatarrización focalizada en unidades obsoletas de microbús y carga urbana, y la ampliación de corredores eléctricos de trolebús y BRT³⁰ son medidas de rápida implementación con buena relación costo-beneficio y con impactos desproporcionadamente positivos en colonias con alta densidad peatonal y de paradas. Complementariamente, el control riguroso de VOC en solventes de uso doméstico y comercial —a través de normas y fiscalización— apunta directo al régimen fotoquímico del ozono. En materia de exposición, la gestión del riesgo vía alertas tempranas, suspensión temporal de actividades al aire libre en escuelas y el despliegue de infraestructura de confort térmico y filtración en espacios sensibles pueden reducir eventos de salud en días críticos; el seguimiento epidemiológico semanal permite medir sus efectos. En términos políticos, son medidas con aceptabilidad razonable cuando se acompañan de mejoras palpables en el transporte público y de compensaciones o apoyos para PyMEs en reconversión de insumos.

845 toneladas de dióxido de carbono (CO₂) al año, lo que equivale a lo que absorben 470 mil árboles en un año.

²⁹ La tecnología OBD, o Diagnóstico a Bordo (On-Board Diagnostics), es un sistema electrónico integrado en los vehículos para monitorear el rendimiento del motor y otros componentes clave. Utiliza sensores y una Unidad de Control Electrónico (ECU) para detectar problemas, desde los que afectan las emisiones hasta fallas mecánicas, informando al conductor a través de la luz de "Check Engine". Los datos se pueden acceder a través de un conector estándar, conocido como puerto OBD-II, usando un escáner para el diagnóstico.

³⁰ La tecnología BRT (Bus Rapid Transit) es un sistema de transporte público eficiente con alta capacidad, que combina características de autobuses y tren ligero, como carriles exclusivos, estaciones mejoradas, pago anticipado de boletos y embarque a nivel. Su objetivo es mejorar la fiabilidad y capacidad del transporte público en ciudades congestionadas, reduciendo tiempos de viaje mediante la integración de infraestructura dedicada y sistemas inteligentes de transporte.

Por cuanto al mediano plazo 2030-2040, la eficacia depende de reconfigurar la base energética y el patrón espacial de viajes. Escalar la electrificación de la oferta troncal y de la logística de última milla, asegurar infraestructura de recarga con tarifas horarias que gestionen la demanda eléctrica, y consolidar políticas urbanas orientadas al transporte — densificación en torno a estaciones, control del estacionamiento y zonas de bajas emisiones— reduce de forma sostenida los kilómetros-vehículo y, con ello, las emisiones de precursores.

Del lado industrial, la sustitución de combustión estacionaria por electrificación y calor limpio en procesos y calderas urbanas puede abatir PM y NOx locales, aunque requiere apoyos regulatorios y financieros para PyMEs. La evidencia programática del ProAire sugiere que la combinación de estas medidas maximiza beneficios sanitarios y ambientales a escala metropolitana si se mantiene la coordinación intergubernamental dentro de la Megalópolis.

En el largo plazo 2040 en adelante, la meta razonable es articular la descarbonización urbana³¹ con la salud pública: una matriz eléctrica predominantemente renovable, edificios de consumo casi nulo y una movilidad multimodal eléctrica que priorice metro, BRT³², trolebús y bicicleta deben traducirse en concentraciones cercanas a las guías OMS 2021 la mayor parte del año, con ganancias de bienestar y esperanza de vida medibles.

La infraestructura verde-azul —corredores bioclimáticos, arbolado y superficies frías— contribuye a mitigar islas de calor y, por esa vía, a moderar la formación de ozono, además de proveer co-beneficios de confort térmico y recreación. Para que esa transición sea justa, los esquemas de financiamiento y tarificación tienen que priorizar primero a las colonias con mayor carga histórica de contaminación y menor capacidad de adaptación.

Por otra parte, la experiencia local muestra que restricciones generalizadas a la circulación —sin alternativas de movilidad de alta calidad— tienden a enfrentar resistencias sociales y

³¹ La descarbonización urbana es el proceso de reducir drásticamente las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero en las ciudades para combatir el cambio climático y mejorar la calidad del aire y la habitabilidad. Esto se logra mediante una transformación integrada que incluye la electrificación del transporte y los edificios, la promoción del transporte público y modos de baja emisión, el uso de energías renovables, y la optimización energética a través de la digitalización y la planificación urbana sostenible.

³² BRT son las siglas de *Bus Rapid Transit*, un sistema de transporte público de alta calidad que utiliza autobuses en carriles exclusivos para ofrecer un servicio rápido y eficiente, similar al de un tren.

ofrecen beneficios limitados frente al ozono si no se acompañan con control de solventes y reducción de NOx. Invertir en transporte público eléctrico, por el contrario, tiende a ser políticamente más aceptable porque entrega beneficios visibles —rapidez, confiabilidad, menor ruido— a millones de usuarios cotidianos. En lo fiscal, la electromovilidad exige un gasto de capital significativo y arreglos contractuales de largo plazo para recarga y mantenimiento; escalonar compras públicas, utilizar líneas de financiamiento concesional y articular contratos de suministro eléctrico con gestión de demanda puede suavizar el impacto presupuestal y acelerar la curva de aprendizaje. Finalmente, la gobernanza metropolitana sigue siendo la condición de posibilidad: incendios de temporada, corredores industriales estatales y emisiones foráneas exigen una coordinación efectiva al interior de la [Comisión Ambiental de la Megalópolis](#) para que los avances en un municipio no se diluyan por rezagos en otro.

7. Pruebas empíricas o cualitativas de la hipótesis

Según un estudio estadounidense de julio de 2025³³, señala que los diez países más poblados del mundo³⁴, entre ellos México, representan una proporción significativa de la población mundial y presentan diversos contextos socioeconómicos, lo que proporciona un marco crucial para examinar las variaciones en la carga de enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica. Si bien algunas naciones han logrado avances notables en la mejora de la calidad del aire mediante la implementación de políticas eficaces y la adopción de combustibles más limpios, otras siguen enfrentando importantes desafíos para reducir la exposición a la contaminación y los riesgos para la salud asociados.

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana [NOM-025-SSA1-2021](#), Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población³⁵, las partículas suspendidas representan un importante riesgo ambiental para la salud debido a su asociación epidemiológica con la morbilidad y mortalidad por causas respiratorias y cardiovasculares, entre otras, por lo que son consideradas como un contaminante criterio. El tamaño de las partículas (finas y ultrafinas suspendidas en el aire ambiente) está directamente relacionado con un riesgo a la salud por su penetración en el sistema respiratorio. La magnitud de los efectos adversos depende de la concentración y composición de las partículas que predominan en el aire, la dosis que se inhala, el tiempo y la frecuencia de exposición, así como de las características de la población expuesta.

Algunos de los efectos a corto plazo por la exposición a partículas incluyen un incremento en los síntomas respiratorios, exacerbaciones de asma, visitas a urgencias y hospitalizaciones por enfermedades respiratorias o cardiovasculares, así como ausentismo escolar y días de actividad restringida. La exposición crónica se relaciona con una mayor probabilidad de desarrollar y sufrir muerte prematura por enfermedades cardiovasculares y respiratorias, como cáncer de pulmón; también se sugiere que las partículas contribuyen

³³ FENG Jing y otros. [Tendencias mundiales en la carga de enfermedades atribuibles a la contaminación del aire ambiental y doméstico: un estudio comparativo de diez países populosos](#).

³⁴ India, China, Estados Unidos, Indonesia, Pakistán, Brasil, Nigeria, Bangladesh y Rusia.

³⁵ Publicada en el DOF el 27 de octubre de 2021.

en enfermedades crónicas del sistema nervioso central, síndrome metabólico y disfunciones renales.

Estos efectos adversos son consecuencia de los mecanismos de toxicidad subyacentes relacionados con la respuesta inflamatoria y el estrés oxidante que inducen. Existe evidencia científica que apoya una relación causal entre la exposición a PM_{2.5} en el aire ambiente e incremento en la prevalencia de cardiopatías isquémicas, enfermedades cerebrovasculares e incremento en infecciones de las vías respiratorias inferiores y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas. En los estudios con población infantil, se han evidenciado efectos como el incremento en la prevalencia de asma, bajo peso al nacer, parto prematuro y trastornos neurológicos o cognitivos. El principal objetivo de esta NOM-025 fue establecer los valores límites permisibles de concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente como medida para la protección a la salud humana; así como los criterios para su evaluación.

De acuerdo con el Banco Mundial, los costos de salud por la contaminación del aire son equivalentes a 4 por ciento del producto interno bruto (PIB), a ello se suman los subsidios a los combustibles que, por ejemplo, en 2022 alcanzaron 397 mil millones de pesos. El organismo enfatizó que, pese a las iniciativas para ir quitando el subsidio a los combustibles, la contaminación del aire es un problema “inmenso” en el país; tan sólo en 2019 causó más de 46 mil muertes prematuras.³⁶

En México, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente dispone, en su artículo 112 fracción VI, que los gobiernos de los Estados, de la Ciudad de México y de los Municipios, establecerán y operarán los sistemas de monitoreo de la calidad del aire, de acuerdo a la *Norma Oficial Mexicana [NOM-156-SEMARNAT-2012](#), Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire o la que la sustituya.*

A mediados de la década de 1980, para México fue un momento clave considerar la contaminación como un problema social de alto riesgo. Es entonces que surgió una iniciativa ciudadana de carácter voluntario denominada “*Un día sin auto*”, y en 1989 inicia la aplicación obligatoria del Programa ambiental “Hoy No Circula” en la ZMVM,

³⁶ Ver nota de Dora Villanueva publicada en “La Jornada” [Costos de salud por la contaminación del aire representan en México 4% del PIB.](#)

originalmente temporal para el período invernal, pero para 1990 se establece que tendría vigencia permanente.³⁷

El programa “Hoy No Circula” inició el 20 de noviembre de 1989 ante una emergencia ambiental caracterizada por la alta concentración de ozono³⁸ en el ambiente (llamada contingencia ambiental). Durante la década de los ochenta la calidad del aire de Ciudad de México (CDMX) era tan deficiente que equivalía a respirar dos cajetillas de cigarrillo diarias. Las pruebas científicas del daño que causan las altas concentraciones de ozono consisten en irritación de vías respiratorias, lesiones graves en personas con problemas respiratorios y cardiovasculares, riesgo de ataques asmáticos. En ese año, 1989, se registró por 250 días los índices más altos de concentración de ozono en el ambiente; no obstante, y a pesar de la implementación del “Hoy No Circula”, la contaminación del aire en la ciudad no logró disminuir.

En una primera etapa de aplicación del programa ambiental “Hoy No Circula” cada vehículo fue catalogado por los siguientes factores: su nivel de emisiones (recibía un holograma tras hacersele una verificación vehicular) y dígito de terminación de su placa (que definía el color del engomado para el vehículo). Se esperaba que con estas medidas se disminuyeran los viajes realizados en transporte privado y aumentaran los viajes en transporte público, pero no se tomó en cuenta que el transporte público no era rápido ni seguro, y además había una fuerte renovación de la infraestructura en Ciudad de México que privilegió el uso de parque vehicular privado. Así, lo que ocurrió fue un aumento destacable en la proporción de vehículos nuevos y usados en el parque vehicular y, con ello, de la contaminación ambiental. Por el resultado fallido se endureció el programa y se le agregó otro criterio: el modelo del vehículo (si pasaba de los diez años de antigüedad se le asignaba un holograma independientemente de las emisiones que este generara).

El programa “Hoy No Circula” es una política pública que desde su inicio no logró cumplir las expectativas. Esto también lo afirmó un estudio de la Universidad de Michigan, en el

³⁷ Consultar [*El programa "hoy no circula" como política de movilidad fallida, que puede provocar migración, una mirada en retrospectiva de 25 años*](#)

³⁸ El ozono (O₃) es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno que existe de forma natural en la atmósfera. Su impacto depende de su ubicación: el ozono "bueno" en la estratosfera actúa como una capa protectora contra la radiación ultravioleta del sol, mientras que el ozono "malo" a nivel del suelo (troposfera) es un contaminante perjudicial para la salud que puede irritar el sistema respiratorio y dañar la vegetación.

que señaló el claro aumento del número de automóviles en circulación y en la edad promedio de la flota debido a las acciones de los usuarios en reacción a la medida, con un posible aumento de las emisiones a corto plazo; el 22 % de los hogares compraron un segundo carro, barato (y se quedaron con el que ya tenían (aproximadamente 170.000 autos)³⁹, que no solo se utilizó para los días prohibidos, sino quedó de uso común como el auto principal. Lo cierto es que la solución ambiental a partir del programa “Hoy No Circula” en la actualidad se ha transformado en una acción pública retomada por la Comisión Ambiental de la Megalópolis, reflejando la implementación de acuerdos a partir de la experiencia empírica y a partir de planeación alguna, se trata por tanto de soluciones espontáneas mal elaboradas.⁴⁰

Para la operación de ese programa se implementó otro, el de verificación ambiental⁴¹, que es un proceso para controlar y reducir las emisiones contaminantes de los automóviles, asegurando que cumplan con normas ambientales y de seguridad. Consiste en una revisión de:

- Inspección visual: se revisarán componentes como el tapón del tanque de gasolina, filtros de aire y tapa del depósito de aceite.
- Prueba de emisiones: se analizarán los niveles de hidrocarburos y dióxido de carbono para asegurar que cumplen con los estándares ambientales.
- Evaluación de gases visibles: si el humo que emite tu vehículo es azul o negro, indica un problema de contaminación que debe ser corregido.

Sí los gases que emite el auto, así como de sus componentes mecánicos como frenos, suspensión, dirección y sistema de escape aprueban los estándares, el vehículo aprueba, recibe un holograma que indica el resultado, lo cual es necesario para circular libremente y sin restricciones.

³⁹ Mientras que entre 1990 y 2015 la población en la Ciudad de México creció 9%, en un periodo similar los autos lo hicieron en 219%. Consultar la nota [“A 30 años del Hoy no Circula”](#)

⁴⁰ Consultar [Análisis de la Acción Pública derivado del Programa Ambiental “Hoy No Circula” en Ciudad De México](#). P. 25.

⁴¹ Desde 2017, la verificación es obligatoria en 16 estados del país, incluyendo: Baja California, Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán.

Para llevar a cabo esta prueba se establecieron los Centros de Verificación Ambiental, que son instalaciones concesionadas por los gobiernos de cada entidad federativa, equipadas con tecnología para medir los niveles de emisiones contaminantes de los autos. Su propósito es asegurar que los vehículos cumplan con los límites permitidos para proteger la salud pública y el medio ambiente. Y estos centros que deberían contribuir a la mejora de la calidad del aire en la Ciudad de México y su zona metropolitana, en su mayoría no lo hacen, porque, no siempre son verificados por la autoridad ambiental (para saber que sus aparatos funcionan bien y no están alterados); o bien, impera la corrupción en la expedición de los hologramas de verificación.

En el mes de junio, en un reportaje publicado en el *El Herald*⁴², se señaló que varios verificentros autorizados en el Estado de México (perteneciente en la zona metropolitana del Valle de México), y tolerada por autoridades de la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible estatal, requerían ser investigados con profundidad para dismantelar la red de complicidades y protección que, según diversas denuncias, se sostiene gracias a los cuantiosos recursos económicos que funcionarios de dicha dependencia, encabezada por la titular de esa Secretaría, presuntamente reciben.

La nota menciona que algunos de los testimonios refieren que verificentros ubicados en Naucalpan⁴³ operan de manera irregular, en detrimento del medio ambiente y de los propietarios de vehículos. De igual forma, señala que un militante del partido que encabeza el actual gobierno⁴⁴, ha tejido una red de influencias que le ha permitido consolidar negocios en varios municipios del Estado de México y también en Puebla, con funcionarios de la Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible⁴⁵.

⁴² Ver nota de Pablo Cruz Alfaro publicada en el El Herald [*“Corrupción descarada en verificentros del EDOMEX”*](#)

⁴³ Entre ellos se encuentran el NA951, bajo la razón social Naucalpan S.A. de C.V.; el NA953, perteneciente a Sistema Ecológico Gonmex S.A. de C.V.; y el TL901, denominado Servicio Proaire Metropolitano S.A. de C.V., este último situado en Tlalnepantla.

⁴⁴ Gobierno del Estado de México 2023-2029 encabezado por el partido MORENA.

⁴⁵ Según relatan, dicha persona reportaría mensualmente sumas significativas de dinero con el propósito de mantener sus operaciones sin contratiempos. Esta situación explicaría por qué, pese a las reiteradas denuncias por corrupción, los centros continúan operando con normalidad. Las acusaciones también incluyen el pago sistemático de “sobres” a inspectores de la dependencia cada vez que realizan visitas de supervisión, con el fin de evitar la clausura de las líneas de verificación. Asimismo, se señala que los propios inspectores alertan a los responsables de los verificentros antes de realizar operativos, lo que les permite evadir sanciones y continuar con prácticas irregulares. Finalmente, se reporta que los automovilistas que acuden “voluntariamente” a verificar sus vehículos son obligados a pagar el llamado “brinco”.

Además, unidades modelo 2021 y anteriores serían rechazadas de manera intencional, lo que obliga a sus propietarios a ser canalizados al Programa Integral de Emisión de Emisores Contaminantes (PIREC)⁴⁶, donde se les exige reemplazar el convertidor catalítico, dispositivo que paradójicamente se ofrece y promueve dentro de los mismos verificentros.

El Centro Mario Molina de la UNAM, publicó en 2014 la [*Evaluación del Programa Hoy no Circula*](#) y concluyó que el programa incentivó la compra de autos para evadir las restricciones, sin embargo, también agrega que, dependiendo del contaminante, el programa ayuda a reducir entre 25% y 70% de la emisión de contaminantes atmosféricos.

En ese documento se señala que la zona metropolitana del Valle de México es la región en donde los vehículos particulares son la principal fuente de emisión de los precursores de ozono y la segunda fuente de emisión de material particulado (solo después del transporte de carga) y que tales contaminantes ocasionan daños severos en la salud de la población, se hace necesario evaluar los programas que actualmente están en operación con el fin de reducir dichas emisiones.

De igual forma refiere que la concentración de los contaminantes mencionados no es uniforme en la ZMVM. En el caso del ozono, la zona suroeste es la más afectada. En esta región vive el 61 % de los habitantes del área conurbada de la red de monitoreo ambiental (casi 10 millones de personas). Las delegaciones más afectadas por este contaminante son Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Álvaro Obregón y Benito Juárez. En el caso de las PM_{10} , los cerca de 2.6 millones de habitantes del noroeste del Valle de México (en los municipios de Ecatepec, Coacalco y Tecámac en el estado de México) se encuentran en mayor riesgo.

Con la operación de los corredores de transporte Metrobús⁴⁷, se redujo la emisión a la atmósfera de contaminantes contribuyentes del cambio climático (gases de efecto invernadero) y de contaminantes que son dañinos para la salud y la calidad del aire (contaminantes criterio). Esto se debe principalmente a dos factores:

⁴⁶ El PIREC (Programa Integral para la Reducción de Emisiones Contaminantes), un programa del Estado de México que establece normativas para talleres mecánicos que realizan cambios de convertidores catalíticos. También puede hacer alusión a la Estrategia Nacional de Calidad del Aire (ENCA) o los planes estatales como el Proaire Estado de México, que buscan mejorar la calidad del aire mediante diversas medidas.

⁴⁷ Consultar <http://data.metrobus.cdmx.gob.mx/EMISIONES.html>

- El cambio tecnológico, que representa la sustitución de un gran número de unidades obsoletas y contaminantes, por unidades de alta capacidad y bajas emisiones, y;
- El cambio modal, donde usuarios que tienen vehículo particular prefieren transportarse en Metrobús, reduciendo el consumo de grandes cantidades de combustible y consecuentemente de emisiones.

Con la implementación de líneas 1, 2, 3 y 4 de Metrobús, más de 1,200 microbuses contaminantes, obsoletos, que no tenían condiciones de seguridad ni programas de mantenimiento, fueron sustituidos por 370 autobuses de alta capacidad y bajas emisiones⁴⁸, sustituyendo en una tasa promedio de 4 a 1 el número de motores que operan en estas vialidades para brindar el servicio de transporte para pasajeros.

El cambio de modalidad de transporte contribuyó de forma significativa a la reducción de emisiones ya que al dejar los autos estacionados se dejan de consumir grandes cantidades de combustible y por consiguiente de emitir a la atmósfera los compuestos contaminantes asociados al consumo de combustibles fósiles. Actualmente entre el 15% y el 17% de los pasajeros de Metrobús, de acuerdo a los resultados de encuestas periódicas, manifiestan tener auto y haberlo dejado estacionado para transportarse en Metrobús, esto significa que se dejan de hacer más de 100,000 viajes en auto particular cada día, esto representa el ahorro anual de más de 50 millones de litros de gasolina, con los beneficios ambientales y económicos que esto representa.

A continuación, se presenta una estimación de la reducción de emisiones del sistema del Metrobús capitalino para el periodo 2012-2025, basándose en los datos publicados por el gobierno capitalino⁴⁹. Se aclara que es una estimación aproximada, no un conteo exacto, porque no todos los años tienen datos completos o suficientemente desglosados, a partir de que:

- En la página oficial “Monitoreo de Reducción de emisiones (Ciudad de México)” aparecen datos para diciembre de 2012: se indica una reducción estimada de 465 452 t CO₂-eq;

⁴⁸ Estos autobuses cuentan con certificaciones de emisiones de acuerdo al estándar europeo, por lo que la flota se compone por vehículos certificados EURO III, EURO IV y EURO V, que para cumplir con los estándares emplean Diesel UBA (ultra bajo en azufre, 15ppm) reduciendo prácticamente a cero la emisión de óxidos de azufre y considerablemente la emisión de otros compuestos.

⁴⁹ Consultar <https://data.metrobus.cdmx.gob.mx/EMISIONES.html>

- En los manuales de operación/venta de reducción de emisiones del Metrobús se explica la metodología de estimación;
- En el documento del [International Council on Clean Transportation](#) (ICCT) sobre la renovación de flota se mencionan escenarios futuros de reducción de emisiones (pero no año por año para todo el sistema); y
- Se tiene un “punto de partida” (2012) y algunos marcos metodológicos, pero no un desglose para cada año hasta 2025.

La estimación se hizo con base en los siguientes supuestos:

- Se toma como base que la reducción de emisiones para finales de 2012 fue 465 452 t CO₂-eq (o “toneladas equivalentes de CO₂”);
- Se supone un crecimiento lineal o ajustado de la reducción conforme el sistema creció (nuevas líneas, mayor flota, mayor demanda, mejor tecnología) hasta 2025;
- Se hacen dos escenarios: moderado (crecimiento conservador) y optimista (crecimiento mayor) para reflejar incertidumbre;
- No se desglosa por contaminantes adicionales (PM_{2.5}, NO_x, etc.), sino sólo CO₂-equivalente, para mantener la estimación simple; y
- Se asume que la capacidad de reducción adicional cada año es un porcentaje del valor base (2012) ajustado por crecimiento de la red.

Año	Escenario moderado (t CO ₂ -eq)	Escenario optimista (t CO ₂ -eq)
2012	465 452 (base)	465 452
2013	515 000	550 000
2014	565 000	650 000
2015	615 000	750 000
2016	665 000	850 000
2017	715 000	950 000
2018	765 000	1 050 000
2019	815 000	1 150 000

Año	Escenario moderado (t CO ₂ -eq)	Escenario optimista (t CO ₂ -eq)
2020	865 000	1 250 000
2021	915 000	1 350 000
2022	965 000	1 450 000
2023	1 015 000	1 550 000
2024	1 065 000	1 650 000
2025	1 115 000	1 750 000

Interpretación

- En el escenario moderado se contempla un aumento de aproximadamente +50 000 t CO₂-eq por año respecto al año anterior;
- En el escenario optimista se asume un aumento de +100 000 t CO₂-eq por año; y
- Para 2025, la reducción estimada estaría entre ~1.1 millones y ~1.75 millones de toneladas de CO₂-eq acumuladas o anuales (dependiendo del enfoque) atribuibles al Metrobús.

Cabe señalar que, los valores de la estimación están totalmente supeditados a los supuestos realizados. Si la expansión de la red, flota o tecnología fue mayor o menor que lo supuesto, los resultados cambiarán. No se incorporaron datos específicos de años intermedios del sistema que podrían afinar la estimación (por ejemplo, reducciones específicas por línea o por año). la estimación considera únicamente CO₂-eq; otros contaminantes (PM_{2.5}, NO_x, etc.) también tienen relevancia para calidad del aire local.⁵⁰

Picos de Ozono en temporada seca-caliente

Los picos de ozono en la CDMX se explican principalmente por condiciones meteorológicas de la temporada seca-caliente combinadas con emisiones vehiculares y solventes (VOC), bajo un régimen mixto NO_x-VOC.

⁵⁰ Sería ideal encontrar la serie completa oficial del Metrobús para cada año (2012-2025) para que la estimación tenga mayor precisión.

El ozono troposférico constituye uno de los contaminantes secundarios más problemáticos en la Ciudad de México debido a su fuerte dependencia tanto de las emisiones precursoras —óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (VOC)— como de las condiciones meteorológicas que favorecen su formación fotoquímica. En la temporada seca-caliente (marzo a mayo), la atmósfera capitalina experimenta una radiación solar intensa, baja humedad relativa, y escasa precipitación, factores que aceleran las reacciones fotoquímicas que producen ozono.⁵¹

En este contexto, el régimen fotoquímico del Valle de México ha sido caracterizado como mixto NOx-VOC, lo que implica que la concentración de ozono no depende exclusivamente de uno de los precursores, sino de su proporción relativa. En áreas céntricas, donde predominan altas concentraciones de NOx por tráfico vehicular, puede presentarse un efecto de “titulación” que reduce el ozono localmente; sin embargo, en zonas suburbanas, donde los VOC provenientes de solventes industriales, pinturas, cosméticos y fugas de combustible se combinan con remanentes de NOx, la formación de ozono se intensifica.

Los picos de ozono no son producto de un solo factor, sino del sincronismo entre condiciones meteorológicas favorables y patrones de emisión intensivos. Durante los días más cálidos y secos, los contaminantes primarios emitidos en las primeras horas del día se transforman rápidamente, alcanzando concentraciones máximas de ozono entre el mediodía y la tarde. Esto explica la recurrencia de contingencias ambientales en marzo-mayo, cuando las inversiones térmicas superficiales son menos persistentes, pero la radiación solar alcanza sus máximos anuales.

El ozono en la capital del país emerge como un fenómeno multicausal y estacional, cuyo control requiere estrategias integradas que consideren tanto la meteorología local como la reducción simultánea de NOx y VOC, evitando políticas unidimensionales que podrían resultar ineficaces o incluso contraproducentes bajo el régimen mixto observado.

En la megalópolis se clasificó la concentración de partículas para poder determinar la existencia de contingencia ambiental o no.

⁵¹ Consultar [Informe anual de calidad del aire 2023](#).

- **Fase I:** Se activa con niveles de ozono menores 240 IMECAS⁵² (PM₁₀/PM_{2.5})⁵³, impone restricciones al tráfico como el "Doble Hoy No Circula" y recomendaciones para la población; y
- **Fase II:** Es más severa y se activa cuando los niveles de ozono superan los 300 IMECAS (o > 204 ppb), restringiendo la circulación del 100% de vehículos administrativos, además de las medidas de la Fase I.

El histórico de activación de la contingencia ambiental (fases I y II)⁵⁴ arroja los siguientes datos:

Año	Contaminantes	No. de activaciones	Valores +/- IMECA (µg/m ³ o ppb)	Fase
2025	Ozono/PM _{2.5}	7	(<)100 / (>)164	I
2024	Ozono/PM _{2.5}	11	(<)99.5 / (>)174	I
2023	Ozono/PM _{2.5}	3	(<)104 / (>)161	I
2022	Ozono	6	(<)155 / (>)169	I
2021	Ozono/PM _{2.5}	4	(<)99.9 / (>)160	I
2020	Ozono	1	159	I
2019	Ozono/PM _{2.5} /PM ₁₀	7	(<)100 / (>)164	I
2018	Ozono/PM ₁₀	2	(<)152 / (>)161	I
2017	Ozono/PM ₁₀	4	(<)151 / (>)162	I
2016	Ozono	10	(<)151 / (>)194	I
2005	PM ₁₀	1	181	I
2003	PM ₁₀	1	176	I
2002	Ozono	1	242	I
2000	PM ₁₀	1	185	I
1999	Ozono	3	(<)242 / (>)272	II
1998	Ozono/PM ₁₀	5	(<)179 / (>)262	II
1997	Ozono	3	(<)250 / (>)270	II
1996	Ozono	3	(<)256 / (>)274	II
1995	Ozono	3	(<)250 / (>)295	II
1994	Ozono	1	253	II
1993	Ozono	12	(<)257 / (>)289	II
1992	Ozono	8	(<)274 / (>)398	II
1991	Ozono	3	(<)249 / (>)340	II
1988	Ozono	2	(<)233 / (>)298	II

Fuente: Elaboración propia con datos de [Histórico de contingencias](#) (no hay datos disponibles de los años 1989, 1990, 2001, 2004, y 2006 a 2015)

⁵² Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.

⁵³ En el entendido que el ideal de la calidad del aire es de 0 a 50 puntos (µg/m³ o ppb).

⁵⁴ Consultable en <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/ultima-hora/calidad-aire/pcaa/pcaa-historico-contingencias.pdf>

Estancamiento atmosférico

Los episodios de $PM_{2.5}$ en invierno responden a estancamiento atmosférico y a la intensificación de emisiones por combustión (vehículos, gas LP/biomasa) y fuentes regionales.⁵⁵

El comportamiento de las partículas finas ($PM_{2.5}$), un contaminante primario y secundario cuya presencia en la atmósfera de la Ciudad de México es especialmente crítica durante la temporada invernal. A diferencia del ozono, la formación y acumulación de $PM_{2.5}$ no depende tanto de la radiación solar, sino de las condiciones de estabilidad atmosférica que impiden la dispersión de contaminantes.

En los meses de diciembre a febrero, el Valle de México experimenta frecuentes inversiones térmicas —capas de aire cálido que actúan como tapaderas e impiden que los contaminantes asciendan— y vientos débiles que reducen la ventilación natural. Esta configuración meteorológica genera un estancamiento atmosférico que acumula las emisiones locales y regionales, favoreciendo la concentración de partículas en suspensión.

Las fuentes dominantes de $PM_{2.5}$ en invierno provienen de la combustión vehicular, particularmente de motores diésel y de unidades envejecidas del transporte público; de la quema de gas LP y biomasa para calefacción y cocción; y de aportaciones regionales, principalmente incendios forestales y quemas agrícolas en los estados circundantes. A esto se suman procesos secundarios de formación de aerosoles a partir de precursores gaseosos como SO_2 y NO_x , que en condiciones de baja dispersión se convierten en sulfatos y nitratos finos.

Los episodios de $PM_{2.5}$ son el resultado de la interacción entre factores locales y regionales, amplificados por condiciones atmosféricas adversas. Así, no basta con reducir emisiones dentro del perímetro urbano: se requiere una coordinación interestatal en la cuenca atmosférica del Valle de México, junto con políticas energéticas que promuevan combustibles limpios y modernización de flotas vehiculares.

⁵⁵ Ídem.

El fenómeno, además, tiene implicaciones directas sobre la salud pública, ya que las partículas finas penetran profundamente en el sistema respiratorio y agravan enfermedades cardiovasculares y pulmonares, lo que refuerza la necesidad de estrategias preventivas antes del inicio de la temporada invernal.

En el informe de la calidad del aire de la Ciudad de México del año 2023, refiere que en ese año a partir de los resultados del análisis del *Índice AIRE y SALUD en la ZMCM* (figura 4.02)⁵⁶ considerando los contaminantes: O₃ (1h) + O₃ (8h) + PM₁₀ (m12h*) + (PM_{2.5} (m12h*) + NO₂ (1h) + SO₂ (m24h**); se registraron 120 días limpios que corresponden al 33% del año y son días dentro de las categorías Buena y Aceptable del IAS, Es decir, en los que ningún contaminante superó el valor límite de su NOM. En la comparación con el año 2022, en el que se registraron 126 días limpios; el 2023 obtuvo un decremento del 2% (6 días). En las categorías Mala, Muy Mala y Extremadamente Mala del IAS, se presentó un total de 245 días; para este conteo se utilizó el valor máximo del día sin distinción de la estación, contaminante o indicador de cálculo, esto debido al carácter preventivo del IAS que busca mantener una situación de alerta en la región.

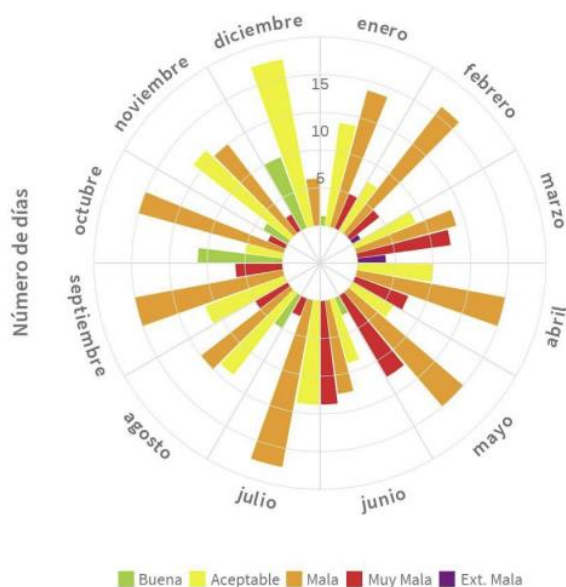


Figura 4.2. Comportamiento del Índice AIRE y SALUD en el año 2023, considerando todos los contaminantes y estaciones que tienen como objetivo informar el índice.

* promedio ponderado de 12 horas (NowCast)
 ** promedio móvil de 24 horas

Imagen obtenida en *Informe anual calidad del aire 2023 Ciudad de México*, P. 109.

⁵⁶ Consultar <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/informe-anual-calidad-del-aire-2023.pdf> páginas 108-109.

El Informe Mundial sobre la Calidad del Aire 2024 ([World Air Quality Report 2024](#)) evaluó el estado global de la calidad del aire durante el año 2024. Este documento exhaustivo presentó datos sobre la calidad del aire (PM_{2.5}) recopilados en 8,954 ciudades de 138 países, regiones y territorios. Los datos utilizados provinieron de más de 40 mil estaciones de monitoreo de la calidad del aire, reguladas con sensores de bajo costo, operadas por diversas entidades, entre las que se incluyen agencias gubernamentales, instituciones de investigación, organizaciones sin fines de lucro, escuelas, universidades, empresas del sector privado y ciudadanos científicos comprometidos de todo el mundo.

Según el informe, México ocupa el puesto 55 a nivel mundial entre los países con peor calidad del aire, según el reporte. La concentración de contaminantes en territorio nacional supera entre tres y cinco veces los límites seguros establecidos por la OMS, lo que ha comenzado a impactar la economía familiar debido al incremento en los costos de atención médica para enfermedades respiratorias durante la última década.

Un estudio de 2024 del Banco de México llamado [Impacto de la contaminación atmosférica sobre los casos reportados de infecciones respiratorias agudas y neumonías en México](#) señala que, entre 2013 y 2024, el precio de las terapias para la prevención y tratamiento de afecciones respiratorias aumentó más de 14%. La institución analizó la evolución de los costos de cinco productos y servicios empleados en el tratamiento de estos padecimientos, con base en los registros del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), recopilados en 46 ciudades del país.

Los principales resultados indican que un incremento de 10% en los niveles promedio de PM_{2.5} aumenta en un 0.85% los casos reportados de infecciones respiratorias agudas, lo cual representa 209,977 casos anuales adicionales a nivel nacional. Para el caso de las neumonías, se encontró un aumento de 1.41%, equivalente a 1,998 casos reportados. Similarmente, se estima que por cada día que los niveles de PM_{2.5} superen los 35 microgramos por metro cúbico, las infecciones respiratorias aumentan en un 29% y las neumonías en un 46%.

Así, Banxico indicó que, durante el periodo de estudio, los precios de los antigripales se elevaron 14.4%, mientras que los descongestivos registraron un alza del 12%. Los medicamentos para alergias y los antiinflamatorios presentaron incrementos más moderados, de 3% y 8.6%, respectivamente. Por otro lado, las consultas médicas especializadas fueron el único rubro que reportó una ligera reducción, de -1.6%, atribuida al aumento en la oferta y demanda del servicio. Lo anterior, refiere el informe, puede afectar la productividad en el mercado laboral debido a ausentismos, el incremento de recursos públicos para atender estas enfermedades y, en casos más graves, la elevación de las tasas de mortalidad.

Transporte y combustibles

Medidas en transporte y combustibles (verificación modal basada en OBD, chatarrización y electrificación de transporte público, control de solventes industriales y domésticos) ofrecen las mayores reducciones por costo unitario en O_3 y $PM_{2.5}$.

Esta hipótesis parte de una lógica costo-efectividad aplicada al diseño de políticas ambientales. Diversos estudios en el Valle de México han mostrado que las fuentes móviles (automóviles, autobuses, camiones de carga) y las emisiones asociadas al uso de solventes industriales y domésticos son responsables de una fracción sustantiva de los precursores de ozono y de una parte considerable del material particulado secundario.

El sector transporte, responsable de más del 80 % de los NO_x y de una proporción significativa de VOC, representa el campo más prometedor para intervenciones con alto rendimiento ambiental por peso invertido. Programas como la verificación modal con sistemas OBD permiten detectar en tiempo real vehículos con fallas en control de emisiones, mientras que la chatarrización de unidades obsoletas y la electrificación progresiva del transporte público reducen las emisiones directas y el consumo de combustibles fósiles.

De manera complementaria, el control de solventes industriales y domésticos —pinturas, recubrimientos, aerosoles, cosméticos— contribuye de forma significativa a la disminución de VOC, especialmente en un régimen mixto NO_x -VOC como el de la CDMX. Estas

medidas son particularmente costo-eficientes, ya que pueden implementarse mediante regulación técnica y sustitución de insumos, sin requerir infraestructura compleja.

Al priorizar la modernización vehicular y la regulación de solventes, se obtienen las mayores reducciones marginales en ozono y $PM_{2.5}$ por unidad de costo, en comparación con acciones más dispersas o de baja rentabilidad ambiental. De este modo, una política integral enfocada en transporte y combustibles puede optimizar recursos públicos y maximizar beneficios ambientales, constituyendo la columna vertebral de una estrategia metropolitana de aire limpio.

[Convergencia normativa gradual hacia guías OMS reduce carga de enfermedad y genera beneficios netos económicos.](#)

Finalmente, la cuarta hipótesis se trata de la relación entre la normatividad ambiental y la salud pública. La Organización Mundial de la Salud (OMS) actualizó en 2021 sus guías de calidad del aire, estableciendo valores de referencia mucho más estrictos que los vigentes en México. La hipótesis propone que una convergencia gradual de las normas mexicanas hacia los estándares OMS permitiría reducir significativamente la carga de enfermedad atribuible a la contaminación atmosférica y, en consecuencia, generar beneficios netos económicos derivados de la mejora en salud, productividad y ahorro en costos médicos.

La evidencia epidemiológica muestra una relación casi lineal entre la exposición a contaminantes como $PM_{2.5}$ y ozono y la incidencia de enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer de pulmón. En la Ciudad de México, donde la población expuesta supera los 20 millones de habitantes, incluso pequeñas reducciones en las concentraciones promedio implican miles de muertes prematuras evitadas cada año.

La convergencia normativa no es sólo una cuestión técnica, sino una política de salud y desarrollo económico. Al disminuir la carga de enfermedad, se reducen gastos en atención médica y ausentismo laboral, mientras aumentan la productividad y la calidad de vida urbana. Además, el cumplimiento de estándares internacionales mejora la competitividad de la ciudad y su alineación con compromisos climáticos globales.

El enfoque gradual —por etapas— permite que las industrias y autoridades adapten su infraestructura y regulación sin impactos económicos abruptos, priorizando sectores con mayor potencial de abatimiento y beneficios sociales. En suma, esta hipótesis enfatiza que la calidad del aire es una inversión, no un costo: avanzar hacia los niveles recomendados por la OMS no solo salva vidas, sino que también fortalece la economía urbana y la resiliencia social.

Mala calidad del aire y pobreza

La mala calidad del aire en la Ciudad de México no afecta a todos por igual. Las zonas con mayores niveles de contaminación —ya sea por tráfico vehicular, fuentes industriales o carencia de áreas verdes— suelen coincidir con áreas de mayor pobreza y marginación social.

Esta desigualdad ambiental refleja una doble injusticia: los sectores más vulnerables contribuyen menos a las emisiones (por su bajo consumo energético y limitado uso de vehículos privados) pero sufren más sus efectos en salud, productividad y calidad de vida.

Factores estructurales que vinculan pobreza y contaminación

El patrón de expansión metropolitana ha relegado a los hogares de bajos ingresos a zonas periféricas donde el transporte público es deficiente y los servicios urbanos limitados. Estas áreas suelen situarse cerca de fuentes de emisión industrial, vías de alta circulación y rellenos sanitarios, lo que incrementa la exposición crónica a contaminantes. Ejemplo: alcaldías como Iztapalapa, Gustavo A. Madero o Tláhuac presentan altos índices de $PM_{2.5}$ y simultáneamente los menores ingresos medios por hogar.

Las viviendas en contextos de pobreza tienden a tener menor aislamiento térmico, ventilación inadecuada y materiales contaminantes, lo que amplifica los efectos del aire exterior y del uso de combustibles sólidos (leña, carbón o gas LP en condiciones inseguras). Esto genera exposición adicional a contaminantes intradomiciliarios y aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias.

Los sectores populares dependen de transporte público de baja calidad y antigüedad considerable. Los microbuses y combis con motores diésel obsoletos concentran las

emisiones de NOx y PM_{2.5}, por lo que los pasajeros —además de los vecinos de los corredores— están expuestos a niveles elevados de contaminantes durante horas diarias.

Impactos sociales y económicos

La exposición prolongada a aire contaminado se asocia con enfermedades respiratorias, cardiovasculares y cáncer de pulmón, cuyos costos recaen desproporcionadamente en los hogares más pobres, que tienen menor acceso a servicios de salud preventiva y a tratamiento adecuado. Estudios del [Instituto Nacional de Salud Pública](#) estiman que las muertes prematuras atribuibles a contaminación se concentran en zonas con índices de marginación media y alta.

Las enfermedades derivadas de la contaminación provocan ausentismo escolar y laboral, reduciendo el ingreso disponible y la capacidad de ahorro. En el sector informal —predominante en las zonas de menor ingreso— los días sin trabajo no se compensan económicamente, lo que perpetúa el ciclo pobreza–contaminación.

La exposición infantil a contaminantes tiene efectos en el desarrollo pulmonar, cognitivo y educativo, reduciendo las oportunidades futuras. Esto reproduce desigualdades intergeneracionales: los hijos de hogares pobres respiran peor aire, se enferman más y tienen menores oportunidades de movilidad social.

Perspectiva de justicia ambiental

La relación entre contaminación y pobreza debe entenderse bajo el principio de justicia ambiental, que exige una distribución equitativa de los beneficios y cargas ambientales.

En la CDMX, las políticas históricas han priorizado la eficiencia técnica sobre la equidad territorial, lo que ha invisibilizado a comunidades afectadas por altos niveles de contaminación, pero con bajo poder político o mediático.

Un enfoque de justicia ambiental implica:

- Reconocer la contaminación del aire como una forma de desigualdad estructural.
- Incorporar la participación de comunidades marginadas en la toma de decisiones.
- Redistribuir los beneficios de las políticas públicas (transporte limpio, áreas verdes, monitoreo ambiental) hacia los territorios más afectados.

La mala calidad del aire y la pobreza conforman un círculo vicioso urbano: la contaminación profundiza la pobreza mediante daños a la salud, pérdida de productividad y degradación del entorno; y la pobreza agrava la contaminación al limitar el acceso a tecnologías limpias, transporte digno y vivienda adecuada. Romper este ciclo requiere políticas públicas integradas que reconozcan la calidad del aire como un derecho social básico, no solo como una meta ambiental. El aire limpio debe concebirse como un bien público redistributivo, capaz de mejorar la salud, la movilidad y las oportunidades de vida de los sectores históricamente marginados.

8. Conclusiones

La calidad del aire en la Ciudad de México sigue siendo un problema de salud pública, productividad y equidad territorial. La evidencia acumulada muestra que los picos de ozono y $PM_{2.5}$ se explican por una combinación de transporte motorizado ineficiente, fuentes puntuales industriales y de servicios, expansión urbana dispersa y vulnerabilidad social diferenciada. Las políticas aplicadas han logrado mitigaciones parciales —modernización vehicular, verificación, gestión de contingencias—, pero su impacto se diluye por tres factores:

- La lenta renovación tecnológica frente al crecimiento de la demanda de transporte y de la logística;
- La fragmentación institucional que separa movilidad, energía, uso de suelo y salud; y
- Brechas de justicia ambiental que exponen más a zonas periféricas y de menores ingresos. Por ello, la estrategia eficaz debe ser integral, con metas medibles, financiamiento estable, coordinación metropolitana y participación comunitaria vinculante.

Estrategias de corto plazo (2025–2030): reducción inmediata de emisiones y exposición

En el horizonte inmediato, la prioridad es disminuir concentraciones y picos mediante intervenciones de rápida ejecución y alta relación costo-beneficio. La mejora del transporte público requiere acciones tácticas: carriles exclusivos y controlados para buses en ejes troncales, incremento de frecuencias y confiabilidad del Metro y Metrobús, y prioridad semafórica en corredores de alta demanda.

Paralelamente, la movilidad eléctrica puede crecer con flotas públicas: sustitución acelerada de microbuses de alta emisión por buses Euro VI/eléctricos donde la infraestructura lo permita, taxis híbridos/eléctricos con incentivos a la chatarrización y cargadores rápidos en bases y patios, no en vía pública generalizada todavía. Estas medidas deben anclarse en una reconversión energética de baja complejidad: contratos de suministro eléctrico

renovable para sistemas de transporte y dependencias públicas, más auditorías energéticas en edificios gubernamentales y hospitales para recortes inmediatos de consumo.

La actualización de normas es crítica: alineación acelerada con guías internacionales para $PM_{2.5}$ y ozono en dos etapas (metas intermedias 2027; metas finales 2030), fortaleciendo la verificación vehicular con control de NO_x y pruebas aleatorias en vía para disuadir la evasión. En regulación industrial y emisiones puntuales, se requiere un programa de inspección inteligente orientado por datos (inventarios georreferenciados, sensores de bajo costo y denuncias ciudadanas verificadas) con sanciones progresivas y acuerdos de cumplimiento que prioricen filtros y control de fugas en gasolineras, panaderías industriales, solventes y ladrilleras.

La planeación urbana integrada debe actuar sobre la exposición: zonas de bajas emisiones en centros y corredores escolares/hospitalarios, gestión del espacio público para desincentivar viajes cortos en auto (tarificación de estacionamiento en vía, calles completas), y infraestructura verde puntual —arbolado denso, barreras vegetales en avenidas-cañón y patios escolares— que reduzca polvo suspendido y temperatura local. La gobernanza inclusiva implica comités de calidad del aire por alcaldía con presupuesto participativo, mapas de riesgo accesibles y protocolos de alerta que integren a escuelas y clínicas. Indicadores de éxito en 2027–2030 deben incluir: reducciones anuales de $PM_{2.5}$ y ozono, tiempo de viaje en transporte público, renovaciones de flota, número de inspecciones efectivas y población protegida por zonas de bajas emisiones.

Estrategias de mediano plazo (2030–2040): cambio estructural de la demanda y del parque motriz

En el mediano plazo, la efectividad depende de transformar la forma de movernos y producir. La mejora del transporte público pasa de intervenciones tácticas a expansiones estructurales: nuevas líneas y capacidad del Metro y BRT, integración tarifaria y temporal metropolitana, y un estándar de calidad uniforme para buses alimentadores. La descarbonización del transporte debe concentrarse en tres frentes: electrificación de flotas troncales y de distribución urbana de mercancías (vehículos medianos y ligeros en “última milla”), infraestructura de recarga en patios/centros logísticos y corredores eléctricos, y

normas de eficiencia/etiquetado reforzadas para vehículos privados que limiten el ingreso de unidades altamente emisoras.

La reconversión energética industrial requiere transición de combustibles residuales a gas y electricidad en procesos factibles, con incentivos a cogeneración eficiente y contratos de energía renovable de largo plazo. En paralelo, la planeación urbana integrada debe consolidar centralidades con mezcla de usos y densidades equilibradas alrededor de estaciones de alta capacidad, evitando nuevos fraccionamientos periféricos que inducen viajes largos y emisiones. Instrumentos de gestión del suelo —derechos de desarrollo, captura de plusvalías— deben financiar transporte público y vivienda asequible bien localizada para romper el ciclo “periferia-contaminación”.

En regulación industrial, evolucionar hacia permisos negociables de emisiones para fuentes puntuales seleccionadas (NOx, VOCs) con techos decrecientes y monitoreo continuo en tiempo real para las plantas de mayor riesgo. La infraestructura verde y resiliencia pasa de proyectos aislados a redes: corredores bioclimáticos que conectan parques, riberas y cañadas urbanas, reduciendo islas de calor y capturando partículas. En términos de justicia ambiental, incorporar evaluaciones de impacto distributivo obligatorias en megaproyectos, redistribuir recursos a alcaldías con mayor carga de contaminación y vulnerabilidad, y formalizar mecanismos de consulta indígena y comunitaria en decisiones de uso de suelo y movilidad.

Estrategias de largo plazo (2040 en adelante): ciudad climáticamente neutra y aire limpio sostenible

La visión de largo aliento es una metrópoli con transporte público electrificado, denso y confiable, integrada con movilidad activa segura y un parque vehicular privado reducido y altamente eficiente. La descarbonización del transporte urbano deberá cerrar brechas con estándares de cero emisiones para transporte público y flotas comerciales, logística ferroviaria regional fortalecida para disminuir el movimiento de carga por carretera y una tarificación inteligente del uso del automóvil (*congestion pricing*) aplicada en centros y corredores críticos, con redistribución progresiva de los ingresos.

La reconversión energética completa implica electricidad de origen renovable para la operación urbana crítica, edificios de energía casi nula y despliegue amplio de techos solares y almacenamiento distribuido, coordinados con la red. La planeación urbana se orienta a una ciudad de proximidad (15–30 minutos) que minimiza las necesidades de viaje y favorece servicios cercanos, mientras que la infraestructura verde se consolida como sistema de servicios ecosistémicos: captura de carbono, regulación térmica, control de escorrentías y reducción de polvo, con mantenimiento profesional y monitoreo permanente.

En normativa y gobernanza, un estándar de calidad del aire equiparable a las guías más estrictas internacionales debe ser vinculante y justiciable, con instituciones metropolitanas capaces de coordinar Estado-CDMX-municipios, financiamiento estable (fondos verdes con aportes de tarificación vial, captura de plusvalías y bonos climáticos) y plataformas de datos abiertos con inventarios de emisiones, sensores comunitarios validados y modelos predictivos accesibles. La justicia ambiental se materializa en la distribución equitativa de beneficios (acceso a transporte limpio, espacio público y vivienda bien localizada) y en la reducción demostrable de desigualdades de exposición y de carga de enfermedad entre alcaldías.

Recomendaciones transversales de política y gestión del conocimiento

Primero, construir un marco de resultados con metas anuales y quinquenales vinculadas a salud (años de vida ajustados por discapacidad evitados), economía (productividad y días laborales/ escolares recuperados) y clima (toneladas CO₂e evitadas), con auditorías independientes. Segundo, profesionalizar la gobernanza: ventanilla única metropolitana para aire-movilidad-energía-suelo; compras públicas verdes que dinamizan mercados de tecnología limpia; y contratación basada en desempeño para operadores de transporte. Tercero, invertir en ciencia de datos: modelos de pronóstico horario, evaluación contrafactual de políticas, y redes de monitoreo híbridas (estaciones de referencia + sensores calibrados) para focalizar inspecciones y comunicar riesgos en tiempo real.

Mejorar de manera sostenida la calidad del aire en la capital del país es factible si se combinan medidas inmediatas de reducción de emisiones y exposición con transformaciones estructurales en movilidad, energía y uso de suelo, todo bajo un arreglo institucional metropolitano con enfoque de justicia. El éxito no depende solo de nuevas tecnologías o normas más estrictas, sino de una coherencia intertemporal: que cada acción de corto plazo sienta las bases del cambio de mediano y largo plazo, y que los beneficios —menos enfermedades, más productividad y ciudades más habitables— se distribuyan primero donde hoy la contaminación golpea más.

Algunas propuestas

1. Mejora del transporte público

- Consolidar un Sistema Integrado de Movilidad Metropolitana que unifique rutas, tarifas y horarios de Metro, Metrobús, trolebús, RTP y transporte concesionado.
- Sustituir progresivamente unidades con motores diésel por buses eléctricos o híbridos, priorizando los corredores de mayor tráfico y contaminación.
- Implementar un mecanismo de financiamiento verde (bonos de carbono, fondos climáticos) para la renovación de flota y mantenimiento de infraestructura.

2. Actualización de normas de calidad del aire

- Alinear los límites de concentración de $PM_{2.5}$ y ozono con las Guías de la OMS 2021, adoptando metas intermedias verificables.
- Desarrollar un sistema de evaluación continua de la eficacia normativa, con reportes públicos anuales y revisión quinquenal.
- Establecer un observatorio ciudadano que audite el cumplimiento de normas y la veracidad de los datos de monitoreo.

3. Reconversión energética

- Promover la electrificación de procesos industriales y comerciales mediante tarifas preferenciales y apoyos a la eficiencia energética.
- Sustituir combustibles fósiles en dependencias públicas por energías renovables (fotovoltaica, eólica o biogás metropolitano).
- Incentivar la instalación de paneles solares en viviendas y edificios públicos, vinculando el ahorro con programas de reducción de pobreza energética.

4. Planeación urbana integrada

- Integrar la gestión de suelo, transporte y energía en una política metropolitana de desarrollo compacto, orientada al transporte público.
- Establecer zonas de bajas emisiones (ZBE) y corredores limpios en centros urbanos, áreas escolares y hospitalarias.
- Implementar un sistema de incentivos fiscales y de vivienda para repoblar zonas centrales y reducir los desplazamientos motorizados.

5. Regulación industrial y emisiones puntuales

- Implementar monitoreo en tiempo real de grandes fuentes fijas mediante sensores certificados y acceso público a los datos.
- Introducir permisos negociables de emisiones (*cap-and-trade*)⁵⁷ para compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno.
- Regular actividades semi industriales (ladrilleras, talleres, panaderías) mediante programas de sustitución tecnológica y formalización laboral.

6. Movilidad eléctrica y descarbonización

- Desarrollar una red de infraestructura de recarga metropolitana con estándares interoperables y prioridad para flotas públicas.
- Crear un fondo de transición para taxistas y transportistas que incentive el cambio a vehículos eléctricos con crédito blando y garantía estatal.
- Impulsar la producción local de componentes eléctricos (baterías, cargadores, cableado), vinculando universidades y sector privado.

7. Infraestructura verde y resiliencia urbana

- Establecer un plan maestro de infraestructura verde que conecte parques, ríos y avenidas arboladas, priorizando zonas de calor urbano y alta contaminación.
- Utilizar soluciones basadas en la naturaleza (techos y muros verdes, humedales artificiales) para el control de temperatura y partículas suspendidas.
- Crear un programa de monitoreo ecosistémico urbano, integrando sensores ambientales y participación ciudadana digital.

⁵⁷ Es un sistema de mercado que limita las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) estableciendo un límite (cap) total de emisiones y permitiendo que las empresas comercialicen (trade) permisos o derechos de emisión. Las empresas que emiten menos de lo permitido pueden vender sus permisos a aquellas que exceden su límite, creando un incentivo financiero para reducir la contaminación. Este sistema establece un precio para el carbono y promueve la inversión en tecnologías más limpias de forma rentable.

8. Justicia ambiental y gobernanza inclusiva

- Establecer consejos ciudadanos de justicia ambiental por alcaldía con capacidad de revisión de proyectos urbanos y ambientales.
- Incorporar el principio de equidad ambiental en la asignación de recursos: más inversión en transporte, áreas verdes y monitoreo en zonas más contaminadas.
- Crear un marco legal de gobernanza metropolitana del aire, con un instituto autónomo que coordine políticas entre la CDMX, el Estado de México y la federación.

Estas propuestas apuntan a transformar la política ambiental de la Ciudad de México en un eje transversal de desarrollo sustentable y equidad social, donde la mejora del aire no sea un efecto colateral sino un objetivo explícito de la planeación urbana, la movilidad, la energía y la salud pública. El reto es institucional y cultural: pasar de la gestión reactiva de contingencias a una gestión proactiva de calidad de vida, respaldada por ciencia, transparencia y participación.

9. Fuentes de consulta

Bibliografía

- VERA Martín y ROCHA David, *El programa "hoy no circula" como política de movilidad fallida, que puede provocar migración, una mirada en retrospectiva de 25 años*, en el libro *Gobernanza Ambiental: orígenes y estudio de caso*; México, 2015; en línea https://www.researchgate.net/profile/David-Romero-16/publication/298787138_El_programa_hoy_no_circula_como_politica_de_movilidad_fallida_que_puede_provocar_migracion_una_mirada_en_retrospectiva_de_25_anos/links/56eb39af08aeb65d7593bb32/El-programa-hoy-no-circula-como-politica-de-movilidad-fallida-que-puede-provocar-migracion-una-mirada-en-retrospectiva-de-25-anos.pdf?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19 [Consulta 19/10/2025].

Hemerografía

- FENG J., et al. *Tendencias mundiales en la carga de enfermedades atribuibles a la contaminación del aire ambiental y doméstico: un estudio comparativo de diez países populosos*; Frente de Salud Pública, Julio de 2025; en línea <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12350253/> [Consulta 16/09/2025].
- GARCÍA, M., & Martínez, A. (2018). *Transiciones socio-técnicas y sustentabilidad urbana en México: aportes desde la gestión del transporte y la energía*. Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales.
- Herrera M. (2023). *Transición energética y justicia climática en México: el papel de las ciudades*. Revista Mexicana de Política Ambiental, 12(2).

Documentos en línea

- *Boletín epidemiológico semanal 2025*; número 40, Secretaría de Salud de la Ciudad de México; en línea <https://sersalud.cdmx.gob.mx/sspcdmx/Documentos/direccion/demp/boletin/2025/Boletin%20Semanal%20de%20la%20Ciudad%20de%20Mexico%20n%C3%BAmero%2040%20del%202025.pdf> [Consulta 16/10/2025].
- *Contaminación del aire ambiente (exterior) y salud*; OMS, octubre de 2024; en línea [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) [Consulta 06/10/2025].
- *Informe anual, calidad del aire 2026 Ciudad de México*; SEDEMA, México, 2023; en línea <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/informe-anual-calidad-del-aire-2023.pdf> [Consulta 06/10/2025].
- *Impacto de la contaminación atmosférica sobre los casos reportados de infecciones respiratorias agudas y neumonías en México*; Banco de México, 2024; en línea [Impacto de la contaminación atmosférica sobre los casos reportados de infecciones respiratorias agudas y neumonías en México](https://www.bancomex.com/contaminacion-atmosferica) [Consulta 21/10/2025].
- *Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México*; en línea <https://proyectos.sedema.cdmx.gob.mx/datos/storage/app/media/docpub/sedema/inventario-emisiones-cdmx-2020bis.pdf> [Consulta 20/10/2025].
- *Programa institucional del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático 2020-2024, avances y resultados enero 2023-junio 2024*; México 2024; en línea https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/946741/16_PI_INECC_AyR2324.pdf [Consulta 12/10/2025].

- ¿Qué enfermedades causa la contaminación del medio ambiente?; Radio Care, 03 de junio de 2024; en línea <https://radiocare.mx/blog/que-enfermedades-causa-la-contaminacion-del-medio-ambiente/#:~:text=La%20hepatitis%20A%20es%20otra,la%20gastroenteritis%20viral%2C%20entre%20otras>. [Consulta 08/10/2025].
- *Sobrevive biodiversidad en megalópolis mexicana*, Gaceta UNAM número 5,603, marzo de 2023, México, <https://www.gaceta.unam.mx/sobrevive-biodiversidad-en-megalopolis-mexicana/#:~:text=En%20la%20megal%C3%B3polis%20de%20nuestro,ecosistemas%20en%20el%20contexto%20urbano>. [Consulta 06/10/2025].
- *World Air Quality Report 2024*; IQAir; en línea <https://www.iqair.com/world-air-quality-report> [Consulta 21/10/2025].

Sitios de Internet

- Activación de las Contingencias Ambientales Atmosféricas (PCAA) en la ZMVM Contingencias (Fase I y Fase II); en línea <https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/ultima-hora/calidad-aire/pcaa/pcaa-historico-contingencias.pdf> [Consulta 20/10/2025].
- Calidad del aire de la Ciudad de México; en línea <https://www.aire.cdmx.gob.mx/default.php> [Consulta 06/10/2025].
- Comisión Ambiental de la Megalópolis; en línea <https://www.gob.mx/comisionambiental> [Consulta 06/10/2025].
- Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México; en línea <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/> [Consulta 06/10/2025].
- Organización Mundial de la Salud; en línea <https://www.who.int/es> [Consulta 06/10/2025].
- Organización Panamericana de la Salud. Contaminación del Aire Ambiental; en línea https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12918:ambient-airpollution&Itemid=72243&lang=es [Consulta 10/10/2025].
- Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de México (*ProAire ZMVM*) 2021-2030; en línea <http://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/publicaciones/flippingbook/proaire2021-2030/> [Consulta 08/10/2025].

Legislación y Normativa

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; en línea <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf> [Consulta 03/10/2025].
- Constitución Política de la Ciudad de México; en línea https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/images/leyes/estatutos/CONSTITUCION_POLITICA_DE_LA_CDMX_14.1.pdf [Consulta 03/10/2025].
- Norma Oficial Mexicana *NOM-156-SEMARNAT-2012*, *Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire o la que la sustituya*; México 2012; en línea <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4804/semarnat/semarnat.html> [Consulta 09/10/2025].
- Norma Oficial Mexicana *NOM-025-SSA1-2021*, *Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población*,

México 2021; en línea
<https://www.aire.cdmx.gob.mx/descargas/monitoreo/normatividad/NOM-025-SSA1-2021.pdf> [Consulta 09/10/2025].