

# La ruta hacia la carbono neutralidad del Área Metropolitana de Guadalajara, Jalisco.

## Roadmap to Carbon Neutrality in the Guadalajara Metropolitan Area, Jalisco

Francisco Javier Sahagún-Sánchez

Alejandra Galindo-Cruz\*

Alberto Coronado-Mendoza

Correspondencia:

francisco.sahagun@cucea.udg.mx  
Centro Universitario de Ciencias  
Económico Administrativas.  
Departamento de Políticas  
Públicas,  
Universidad de Guadalajara–  
Profesor-Investigador  
<https://orcid.org/0000-0002-4532-7539>

alegalindo1@gmail.com  
Tecnológico Nacional de México,  
Campus Perote, Instituto de  
Ecología A.C. –  
Profesor-Estudiante  
<https://orcid.org/0000-0001-7470-1449>

alberto.coronado@cunonal.udg.mx  
Departamento de Estudios del  
Agua y la Energía del Centro  
Universitario de Tonalá,  
Universidad de Guadalajara -  
Profesor-Investigador  
<https://orcid.org/0000-0002-6283-4911>

DOI:<https://doi.org/10.63042/kzzmgx54>

**Fecha de recepción:**

08-noviembre-2024

**Fecha de aceptación:**

22-febrero-2025

**Resumen**

A nivel mundial, los cambios en los patrones meteorológicos, consecuencia de la actividad humana y a las emisiones de gases de efecto invernadero, constituyen la manifestación más visible del cambio climático. Como respuesta a la situación de crisis actual que amenaza la supervivencia de la vida en la Tierra, se ha desarrollado una agenda internacional para la implementación de acciones de adaptación y mitigación urgentes que requieren la participación tanto de actores intersectoriales como de la sociedad civil, en las cuestiones relacionadas con el cambio climático. En este sentido, y sumándose a los esfuerzos de la red internacional que forma el Grupo de Liderazgo de Cambio Climático C40, las instancias de gobierno del Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) han trabajado en el desarrollo de un Plan de Acción Climática (PACmetro) para reducir las emisiones de carbono y los impactos asociados al cambio climático. En el PACmetro, se proponen estrategias con acciones intersectoriales para conducir a la metrópoli hacia el cumplimiento de objetivos climáticos para la mitigación de emisiones de las principales fuentes generadoras de gases efecto invernadero, que incluyen: 1) la energía estacionaria, 2) el transporte y 3) los residuos. En este artículo se describen aspectos relacionados con las acciones de mitigación propuestas para que el AMG transite hacia una metrópoli carbono-neutral para el 2050. Se busca promover la reflexión sobre la pertinencia de las acciones presentadas en el PACmetro, así como la construcción de una nueva cultura sobre la gestión de los residuos, la movilidad y la energía a mediano y largo plazo.

**Palabras clave:** cambio climático, manejo de residuos, movilidad no motorizada, paradiplomacia, política ambiental.

Derechos de autor 2025 Los autores conservan el copyright de sus artículos publicados en Regiones y Desarrollo Sustentable, los cuales se distribuyen bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Esto permite su uso, distribución y adaptación siempre que se otorgue el crédito correspondiente al autor original y se indique que el artículo fue publicado por primera vez en Regiones y Desarrollo Sustentable. Nuestra política cumple con los estándares del Directorio de Revistas de Acceso Abierto (DOAJ), promoviendo el acceso abierto y derechos de uso claros.

**Abstract**

Worldwide, human activities and greenhouse gas emissions are causing noticeable changes in weather patterns, representing climate change's most visible manifestation. In response to this crisis that threatens the survival of life on Earth, an international agenda to implement urgent adaptation and mitigation actions requiring the participation of cross-sectoral actors and civil society in addressing climate change issues has been developed. Thus, in alignment with the efforts of the international network formed by the C40 Climate Change Leadership Group, government agencies in the Guadalajara Metropolitan Area (AMG) have actively engaged in creating a Climate Action Plan (PACmetro) aimed at reducing carbon emissions and the associated impacts of climate change. The PACmetro proposes strategies with intersectoral actions designed to guide the metropolis towards achieving climate objectives by mitigating emissions from the primary sources of greenhouse gases, including 1) stationary energy, 2) transportation, and 3) waste. This article discusses aspects related to the proposed mitigation actions for the AMG, aiming to progress towards a carbon-neutral metropolis by 2050. This article describes aspects related to the mitigation actions proposed for the AMG to move towards a carbon-neutral metropolis by 2050. The aim is to promote the relevance of the actions outlined in the PACmetro and the construction of a new culture on waste, mobility, and energy management in the medium and long term.

**Keywords:** Climate Change, Environmental Policy, Non-Motorized Mobility, Paradiplomacy, Waste Management

## Introducción

Los cambios en los patrones históricos del clima causados por las emisiones humanas de gases de efecto invernadero y los sistemas naturales constituyen la manifestación más clara del cambio climático (Fawzy et al., 2020). Estos cambios han aumentado los desastres naturales, afectando severamente a los ecosistemas, la economía y la sociedad a nivel mundial (UNCCS, 2019), y han generado pérdidas económicas de alrededor de \$132 millones de dólares, con casi 185 millones de personas afectadas por el riesgo y vulnerabilidad propiciada por los cambios en el clima (CRED, 2023). En particular, las afectaciones en los ecosistemas urbanos han impulsado distintos esfuerzos para diseñar políticas que den respuesta a las necesidades de mitigación y adaptación ante la amenaza que constituye el cambio climático.

A nivel internacional, se han propuesto distintas alternativas para delinear una agenda global que dé respuesta a la urgente necesidad de atender el problema del cambio climático. Las propuestas generadas buscan establecer esquemas de cooperación con reglas claras, donde las organizaciones internacionales juegan un papel clave, en un contexto donde existe cada vez más interdependencia entre los actores, debido a los compromisos económicos y políticos que ha impulsado la globalización (Leal y Melendrez, 2018; Prado, 2014).

En 1992, durante la reunión de Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, se estableció el Marco Convención de Cambio Climático, del que surgió años después el Protocolo de Kioto (COP 3 - 1997), donde se instituyeron distintos compromisos para la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a través de los mecanismos de desarrollo limpio y de implementación conjunta (Fawzy et al., 2020). Derivado de los acuerdos planteados en el protocolo de Kioto, se desarrolló un mercado con la intención de regular las emisiones y evitar así que se superaran los límites acordados por los países firmantes (UNFCCC, 1997). Durante la COP 21, realizada en París, se planteó la necesidad de desarrollar estrategias de mitigación a través de las cuales se pudiera limitar el incremento de la temperatura a 1.5°C o máximo 2°C para el año 2100 (UN, 2015).

Desde la declaración de Río de Janeiro, y a través de los distintos instrumentos elaborados subsecuentemente, se ha planteado que el involucramiento de actores intersectoriales o civiles en asuntos de los temas de la agenda internacional sobre cambio climático constituye una estrategia indispensable para hacer frente a los problemas medioambientales relacionados (Leal y Melendrez, 2018). Para lograrlo, se han creado

mecanismos e instituciones en los distintos niveles de gobierno para apoyar el establecimiento de relaciones internacionales que vinculen a los gobiernos subnacionales con la agenda internacional (Malé y Cors, 2015).

En este sentido, las instancias encargadas en los ámbitos regionales y locales han tenido la oportunidad de desarrollar políticas públicas dirigidas a establecer o fortalecer su gestión internacional, redefiniendo su papel y diseñando medidas innovadoras al complementar sus funciones tradicionales con la implementación de estrategias de desarrollo, locales y regionales, dirigidas a fortalecer su propia gestión internacional (Calvento, Lorenzo y Herrero, 2014). Lo anterior, ha permitido lograr un incremento sustancial en la institucionalización del sistema internacional, que involucra el surgimiento de complementariedad en el cumplimiento a las agendas de medio ambiente y derechos humanos, facultando a gobiernos, y sus distintos niveles administrativos, para desligarse del monopolio de gobiernos centrales que, usualmente, son poco representativos de los intereses locales (Schiavon, 2010).

En México, se han implementado estrategias a nivel nacional, como el Programa Sectorial de Medio Ambiente 2019-2024, que busca combatir el cambio climático y fortalecer la capacidad institucional. Además, se incluyen acciones orientadas a la educación, la investigación, innovación, comunicación y participación ciudadana como aspectos fundamentales (DOF, 2020).

Por su parte, a nivel estatal, Jalisco ha sido pionero al incorporar la agenda climática como un componente central en el Plan Estatal de Desarrollo Jalisco (PED), integrándola de forma transversal en todas las políticas públicas del estado, que reconocen la interdependencia entre el bienestar humano y el medio ambiente y, por lo tanto, la necesidad de: 1) utilizar, conservar y proteger la biodiversidad y los ecosistemas; 2) garantizar una gestión medioambiental integral que aborde la contaminación por residuos; 3) mitigar los efectos del cambio climático; 4) utilizar los recursos hídricos de forma racional y hacer más eficientes el suministro, consumo, tratamiento y saneamiento del agua; 5) garantizar un desarrollo urbano territorial equilibrado; y 6) guiarse por un modelo de movilidad sostenible.

En este sentido, el AMG ha trabajado en el desarrollo de una política para reducir las emisiones de carbono y llevar a cabo acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático, que se sumen a los esfuerzos de la red internacional que conforma el Grupo de Liderazgo Climático C40. Como resultado de este esfuerzo, se elaboró un instrumento de política pública que se alinea con los objetivos establecidos en el Acuerdo de París,

denominado Plan de Acción Climática Metropolitana (PACmetro) (IMEPLAN, 2021), que entre sus objetivos establece que el AMG se convierta en una “Metrópoli carbono neutral basada en la gestión integral de los residuos, la movilidad masiva y no motorizada, el uso eficiente de la energía y el suministro de energía renovable, así como en la compensación de emisiones residuales” (IMEPLAN, 2021). Esta iniciativa pretende lograr que la metrópoli neutralice sus emisiones de carbono a más tardar en el año 2050, a través de distintas acciones de mitigación y adaptación.

De acuerdo con distintos autores (Gouldson et al., 2016; Mi et al., 2019), las ciudades constituyen sitios clave para la mitigación del cambio climático a través de la implementación de estrategias para reducir las emisiones de GEI. En las ciudades, se concentra más del 60% de la población global y se consume la mayor cantidad de energía, lo que se traduce en una mayor generación de emisiones, por lo que resulta de mayor importancia el desarrollo de una planeación estratégica para el establecimiento de acciones de mitigación (Fujii, Iwata y Managi, 2017). En este artículo, se examinan las propuestas incluidas en el PACmetro para la mitigación de los efectos del cambio climático en el AMG, desarrolladas a partir de acciones puntuales para reducir las emisiones generadas por los residuos sólidos urbanos, el transporte y el uso de la energía en distintos sectores. Se consideran los escenarios de reducción de emisiones posibles y los impactos potenciales que pueden provocar las políticas de mitigación para tener una metrópoli carbono neutral en el futuro cercano.

## **Desarrollo**

### *1. El Plan de Acción Climática*

A nivel global, la urbanización genera impactos que aceleran el cambio climático, por lo que el diseño e implementación de políticas públicas para la mitigación y adaptación es prioritario para construir la resiliencia de una ciudad sostenible a futuro (Mi et al., 2019).

En el caso específico de Jalisco, este cuenta con poco más de ocho millones de habitantes (INEGI, 2020), lo que lo ubica en tercer lugar a nivel nacional entre los estados con más población. Está conformado por 125 municipios; sin embargo, la población no está distribuida equitativamente en los mismos y la mayor parte de la población habita en el Área Metropolitana de Guadalajara (AMG) la cual, a su vez, está conformada por diez municipios:

Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos, Juanacatlán, Zapotlanejo y Acatlán de Juárez.

A partir del inventario de las distintas fuentes de emisión de gases de efecto invernadero, realizado para el AMG, se determinó que las principales fuentes están relacionadas con: 1) energía estacionaria, 2) transporte y 3) residuos. Con base en este análisis, se plantearon distintas estrategias en el PACmetro (IMEPLAN, 2021), que se pretende sirvan de guía para que la metrópoli cumpla con los objetivos establecidos para la atención a la problemática relacionada con el cambio climático y los retos que impone.

En general, las políticas de mitigación incluyen un amplio espectro de acciones que implican una intervención orientada a la reducción de los GEI (Barbier, 2014). En el objetivo uno del PACmetro (IMEPLAN, 2021), se plantea convertir al AMG en una metrópoli carbono neutral a partir de tres estrategias sectoriales para la reducción de emisiones, las cuales incluyen 16 metas (ver Figura 1), 18 indicadores globales y 57 acciones específicas; de estas, nueve son consideradas de alto impacto. Los proyectos diseñados para este fin buscan, por un lado, la reducción de emisiones GEI y, por otro, disminuir las brechas de desigualdad que existen, fomentando la inclusión social, espacial y económica en el AMG.

## Figura 1

*Relación de Acciones y metas establecidas en el PACmetro*



Fuente: Elaboración propia con base en IMEPLAN (2021).

## *2. El camino hacia una metrópoli carbono neutral*

El papel que tienen las ciudades en la mitigación del cambio climático es indiscutible (IPCC, 2022; UN Hábitat, 2011). En este sentido, la intención de lograr que el AMG se convierta en una metrópoli carbono neutral requiere de la implementación de distintas acciones donde participen activamente el gobierno, el sector privado, las cámaras empresariales, las organizaciones de la sociedad civil, las instituciones de educación e investigación, y la sociedad en general. En distintos estudios, se ha señalado que se requiere de una mezcla de mecanismos de mercado, subsidios, incentivos y acciones voluntarias, en colaboración con actores no gubernamentales para lograr resultados óptimos en la mitigación del cambio climático en las metrópolis (Sethi et al., 2020). A continuación, se analiza lo relativo a las estrategias de mitigación incluidas en el PACmetro.

### Estrategia 1: Gestión de residuos sólidos urbanos y aguas residuales

La primera estrategia se enfoca principalmente en el desarrollo y aplicación de proyectos que permitan prevenir la generación de residuos y que, a su vez, permitan realizar una gestión integral de los residuos sólidos urbanos (RSU) (base cero) y las aguas residuales de la metrópoli (IMEPLAN, 2021); de esta, se desprenden cuatro metas con cinco indicadores.

La generación de residuos es un problema que se acentúa en las grandes ciudades e incrementa conforme la urbanización se expande. Actualmente, se generan en el mundo entre dos y cuatro mil millones de toneladas anuales de residuos con una media de generación per cápita de 0.74 kg por día (Ahmed et al., 2020); Delgado, 2016). La mayoría de dichos residuos terminan en sitios de disposición final, donde se generan emisiones de GEI, constituyendo aproximadamente el 4% de las emisiones a nivel global (Ackerman, 2000). En Jalisco, se producen cerca de 6400 toneladas de RSU al día, depositados en rellenos sanitarios que no cuentan con la infraestructura para la captura y procesamiento de GEI; desafortunadamente, se encuentran al límite de su capacidad (SEMADET, 2018).

Se estima que en el AMG se producen más de 5000 toneladas de RSU a diario y un porcentaje muy bajo de los materiales reutilizables es valorizado. A esta situación se suma el fracaso de los programas implementados para la separación y a la poca certeza que existe en los mercados para la valorización de los residuos. La gestión inadecuada de los RSU se traduce

en externalidades relacionadas a los pasivos ambientales, que implica la existencia de los sitios formales e informales o clandestinos para la disposición final. Para atender esta problemática, se implementó un programa denominado “Jalisco Reduce”, a través del cual el gobierno del estado desarrolla iniciativas para la gestión integral y el manejo sostenible de los RSU. El programa incluye tres ejes de acción que contemplan la promoción de la cultura de la legalidad y la ciudadanía responsable, así como la construcción de un Centro Integral de Economía Circular (CIEC), con infraestructura adecuada para recibir los RSU, separarlos y tratarlos para su reutilización, de forma que se complete su ciclo de valorización (SEMADET, 2018).

En este apartado, se propusieron cuatro metas generales para cumplirlo al 2030, a través de 16 acciones orientadas principalmente a cumplir con lo establecido en la meta 1, dos acciones enfocadas a la meta 3, una a la meta 4 y no hay ninguna establecida de forma específica para la meta 2. Las acciones en materia de residuos establecidas en el PACmetro (IMEPLAN, 2021), se pueden agrupar de la siguiente forma:

#### I. Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos

- A. Jalisco reduce
- B. Programa de GIRSU de Guadalajara
- C. Vinculación a la GIRSU de Zapopan y otros municipios
- D. Separación de RSU desde la fuente
- E. Educación para la cultura de la GIRSU

#### II. Valorización y minería urbana de residuos

- A. Selección, acopio y reciclaje de residuos
- B. Programa de recuperación de papel
- C. Compostaje integral de residuos orgánicos
- D. Programa de compostaje comunitario y doméstico
- E. Generación de energía a partir de residuos agroindustriales
- F. Minería de residuos en sitios de disposición final
- G. Participación en mercado de carbono a partir de biogás
- H. Generación de energía eléctrica a partir de biogás
- I. Desarrollo de mercados ambientales para la circulación de los RSU

#### III. Tratamiento de aguas residuales

- A. Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR)
- B. Cogeneración de energía en PTAR

En conjunto, se busca desarrollar un modelo que atienda al metabolismo de la ciudad (Delgado, 2016), y responda a un modelo de economía circular donde los residuos se convierten en productos, los productos en residuos y estos en insumos (SEMADET, 2018).

Recientemente, se inició la instalación de centros de acopio denominados “Puntos limpios”, para avanzar en el proceso de separación desde la fuente. Con esto se busca implementar una recolección diferenciada y calendarizada que permita distribuir más eficientemente los RSU a las estaciones de transferencia y, en el futuro, al CIEC, para proceder a su reincorporación como insumos a distintos procesos en el sector productivo o su disposición final definitiva en un porcentaje no mayor al 20% de los residuos generados (SEMADET, 2022).

Para lograr una gestión integral de los RSU en el AMG, se deben considerar acciones que contribuyan sustancialmente a la reducción de las emisiones de GEI, por lo que se debe propiciar la sensibilización de los generadores para reducir, reciclar y recuperar la mayor cantidad de materiales y productores para incidir en el ciclo de vida de los productos, y de esta manera extender la garantía al usuario, como alternativas sostenibles para alargar su vida útil (Ahmed et al., 2020). Asimismo, se debe disminuir la cantidad de residuos que se envíen a los sitios de disposición final para evitar (en lo posible) se incrementen las emisiones de GEI con alto potencial de calentamiento, como son el metano o el óxido nitroso, y otros relacionados con la descomposición de los residuos orgánicos (Zeng et al., 2010).

Por otro lado, se destaca la intención de trabajar en lo relacionado con las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), de forma que sea posible potenciar los beneficios de su existencia para la generación de energía y la eventual disminución de GEI (Mancipe y Triviño, 2018). Las PTAR se han desarrollado como una alternativa para el tratamiento de aguas servidas, de forma que pueden ser reincorporadas a los cuerpos de agua naturales, luego de cumplir con las normas oficiales establecidas para su disposición (NOM 01, 02, 03 y 04) (Cristancho et al., 2018; De la Peña, Ducci y Zamora, 2013; Lahera, 2010). Infortunadamente, las plantas de tratamiento que existen no cuentan con una tecnología que garantice una operación no contaminante, pues demandan mucha energía para su funcionamiento y producen desechos tóxicos (Lahera, 2010). Para atender la demanda en el estado de Jalisco, existen 210 PTAR (CEA, 2022); sin embargo, solo 127 de las plantas se encuentran en operación (ver Tabla 1) y su capacidad no es suficiente para todas las aguas servidas que se tienen que tratar.

**Tabla 1***Situación de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en el estado de Jalisco*

<b>Situación</b>	<b>Número de PTAR</b>
Abandonada	22
En construcción	1
En operación	127
En proceso de estabilización	7
En rehabilitación	1
Fuera de operación	52
<b>Total general</b>	<b>210</b>

Fuente: elaboración propia, con base en la CEA (2022).

Se estima que, en México, las PTAR tratan apenas el 40% del total de aguas residuales colectadas en los sistemas de alcantarillado municipales (Lahera, 2010), y la mayor parte de las aguas tratadas se descargadas en ríos, lagunas, esteros o barrancas. El problema de las aguas servidas se exagera conforme crece la concentración de personas en un sitio determinado. En el AMG, se presenta este fenómeno y, además, la población no tiene conciencia ni sensibilidad sobre las implicaciones que tiene regresar las aguas residuales sin tratamiento a los cuerpos de agua naturales.

A lo anterior, se suma el hecho de que la mayoría de las PTAR se basan en tecnología que implica el uso de productos químicos para el tratamiento, lo que produce lodos tóxicos que luego hay que disponer como residuos, los cuales muchas veces terminan en los sitios de disposición final formales, como rellenos sanitarios, o informales, como tiraderos a cielo abierto (Romero, García y Dávila, 2010).

**Tabla 2**

*Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) en los municipios del Área Metropolitana de Guadalajara*

<b>Municipio</b>	<b>Número de PTAR</b>
Acatlán de Juárez	1
El Salto	1
Guadalajara	2
Ixtlahuacán de los Membrillos	9
Juanacatlán	3
Tlajomulco de Zúñiga	9
Tonalá	1
Zapopan	18
Zapotlanejo	4
<b>Total de PTAR</b>	<b>48</b>

Fuente: elaboración propia, con base en la CEA (2022).

De acuerdo con la información disponible en la base de datos de la Comisión Estatal del Agua, Jalisco (CEA, 2022), en el municipio de Tlaquepaque no existen PTAR registradas, lo que implica que las aguas servidas de este municipio sean tratadas en PTAR pertenecientes a otras demarcaciones (ver Tabla 2). La intención de reordenar el funcionamiento de las PTAR debe conjuntarse con una estrategia integral para el tratamiento de las aguas del Río Santiago y otros afluentes que, como señalan algunos investigadores, permitiría una solución de fondo al problema de las aguas residuales en la entidad y el AMG.

Estrategia 2: Incremento de infraestructura para el transporte no motorizado

El transporte urbano demanda una importante cantidad de energía para su funcionamiento y, dado su rápido crecimiento, genera también cada vez más emisiones, al punto de considerarse la cuarta fuente de emisiones de CO<sup>2</sup> a nivel mundial y la principal en emisiones de contaminación auditiva en las ciudades (Alfie y Salinas, 2017; IPCC, 2014; Mi et al., 2019); sin embargo, la planificación de la movilidad urbana ha sido poco priorizada por las entidades gubernamentales mexicanas. A diferencia de los estándares y herramientas metodológicas disponibles en los países europeos para guiar su desarrollo urbano como el Plan de Deplacements Urbains en Francia (DRIEAT Île-de-France, 2014), los Planes de

Transporte Local en Inglaterra y los Planes de Movilidad Urbana Sostenible en España, en México son escasos los casos en los que existen lineamientos integrales, comprensivos y oficiales para desarrollar planes de movilidad urbana que permitan un crecimiento ordenado de las metrópolis (Medina-Ramírez y Veloz-Rosas, 2012).

El automóvil se ha convertido en el medio de transporte preferido por las personas y ha sido favorecido, en cierta medida, por la inadecuada oferta de transporte público, así como por el diseño y la construcción de infraestructuras viales urbanas. Esta situación ha incrementado las externalidades negativas derivadas del uso de vehículos particulares como: congestión de las carreteras, daños medioambientales, largos tiempos de viaje, incremento de costos económicos, accidentes de tráfico y problemas de salud (Gobierno del Estado de Jalisco, 2013), por ello, es prioritario modificar las estrategias de movilidad urbana en el AMG (IMEPLAN, 2021). En este sentido, tanto el PED como las estrategias y acciones incluidas en el PACmetro se alinean con las propuestas de distintos programas sectoriales. A nivel estatal, se consideran tres subprogramas de acción prioritaria: 1) Desarrollo urbano para la mejora y eficiencia de la movilidad, 2) Transporte público de calidad y cobertura y 3) Desincentivo al uso del automóvil.

La implementación de las estrategias del PACmetro en el AMG, busca fortalecer un sistema de movilidad integrado y eficiente que promueva desplazamientos de calidad, seguros y accesibles. Para ello, se planteó la creación de líneas de transporte multimodal centralizadas, así como el incremento de infraestructura para la movilidad masiva no motorizada (IMEPLAN, 2021). En este sentido, en el PACmetro, se establecieron un total de seis metas y seis indicadores para cumplir al 2030. Estas metas propuestas están compuestas por 17 acciones, cinco para la meta 1, siete para meta 2, una para cada una de las metas 3-6 y una que no se ajusta puntualmente a ninguna de las metas establecidas y se agrupan de la siguiente manera:

#### I. Transporte multimodal

- A. Línea 3 del sistema eléctrico urbano
- B. Mi Macro Periférico
- C. Programa Mi Transporte
- D. Línea 4 del Tren Ligero de Guadalajara
- E. Promoción de electromovilidad
- F. Sustentabilidad de la movilidad vivienda-trabajo
- G. Reingeniería de movilidad para equipamientos y servicios

## II. Transporte no motorizado

- A. Construcción de ciclovías y andadores
- B. Desarrollo y mejora continua del sistema de bicicletas públicas
- C. Preservación de red de infraestructura ciclista
- D. Implementación de ciclo puertos
- E. Construcción de infraestructura de transporte no motorizado
- F. Creación de andadores

## III. Espacios públicos y polígonos de bajas emisiones

- A. Encarecimiento del estacionamiento público
- B. Creación de polígonos de bajas emisiones
- C. Implementación del Sistema Inteligente de Gestión de la Movilidad de corredores inteligentes
- D. Regulación de cargas y descargas en el centro histórico

En el PED y el Programa Sectorial de Movilidad Sustentable del estado de Jalisco (Gobierno del Estado de Jalisco, 2013), se establece que es imperante reducir los costos de movilidad para beneficiar a sectores vulnerables; sin embargo, con las modificaciones realizadas a las unidades de transporte colectivo y por la aplicación de “Mi Macro Periférico”, se ha complicado sustancialmente el traslado para las personas que usan el transporte público. La eliminación de algunas rutas de transporte clave para los usuarios, propició una elevación en el costo para los usuarios debido a la necesidad de realizar trasbordos entre líneas para conectarse con el nuevo sistema. Asimismo, se incrementó el precio de los pasajes para sustentar la operación y mantenimiento de las nuevas unidades de bajas emisiones (Carrillo, de los Santos y Briones, 2020). El efecto de incremento en tarifas y colapso de redes de transporte de pasajeros convencionales por los modelos de transporte BRT siguen dando pruebas de muy altos niveles de contaminación, congestión y amplio consumo de espacio público para fines de transporte (Calvento et al., 2014; Rosas-Gutiérrez y Chías-Becerril, 2020).

La acción 16 propone la implementación de un sistema de gestión de movilidad para agilizar el tránsito vehicular, con lo que se plantea la reducción de tiempos de traslado de automóviles particulares o transporte público de baja capacidad, reduciendo intrínsecamente las emisiones generadas por los largos tiempos de espera en el tráfico actual de la metrópoli.

Dado que los sistemas de autobús de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés) pueden ser implementados con mecanismos para diversas capacidades, su diseño debe ajustarse a las características particulares de la ciudad donde serán implementados (CEPAL, 2012). Por ello, los BRT de un solo carril, como “Mi Macro Periférico”, cuya operación consta de un número limitado de autobuses, no son recomendables en corredores de capacidad media o alta, ya que las rutas troncales no logran satisfacer la demanda de usuarios en este corredor de alta fluctuación de pasajeros (Rosas-Gutiérrez y Chías-Becerril, 2020). Por lo anterior, si dentro de las estrategias de carbono neutralidad establecidas en el PACmetro, se determina como indispensable reemplazar el transporte público de baja capacidad en rutas que tengan la capacidad de sostener la alta demanda (no hay acciones enfocadas en este rubro), deberá hacerse. Con miras a reducir la vulnerabilidad de los habitantes de municipios periféricos, se tiene que hacer a través del transporte multimodal (Hensher, 2008; Venter, 2016) con los trenes urbanos a la cabeza, por lo que se debería de considerar enfocar los recursos económicos y administrativos a la planeación de un sistema integral de la línea de tren ligero; es decir, mantener rutas de transporte público convencional que propicien la conectividad e integridad de la red de transporte urbano, y dar prioridad a la acción 6 del PACmetro, que propone el establecimiento y consolidación de la línea 4 y planear la posible ampliación de la red con una planeación de rutas de tren adicionales.

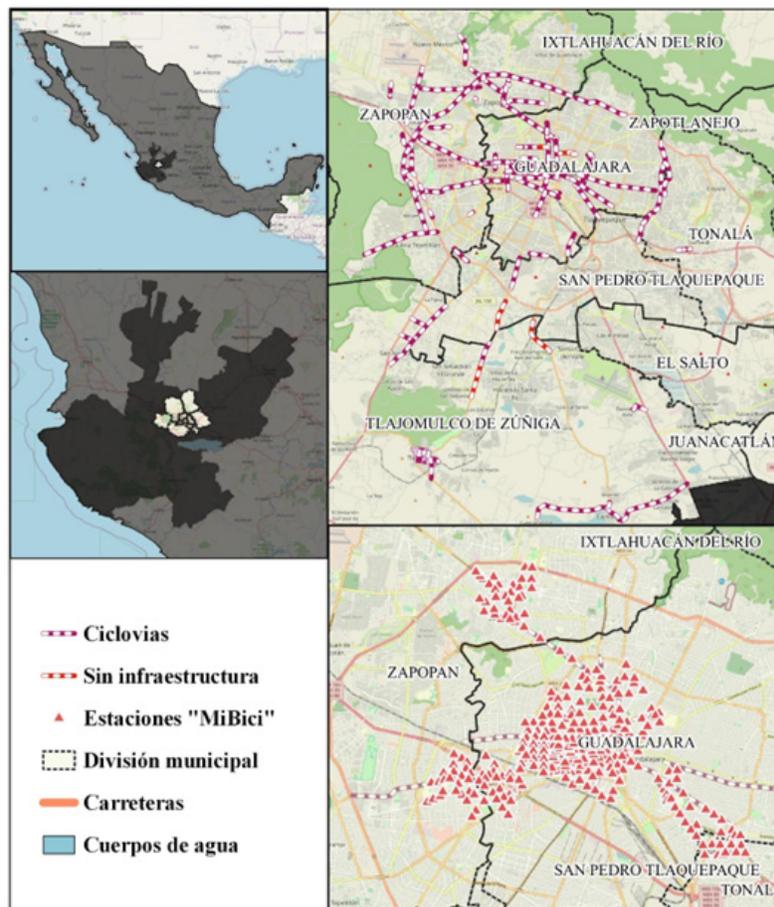
Atendiendo a otras líneas de acción en la reducción de emisiones a partir de la implementación de vías de transporte cero emisiones, se creó la Agencia Metropolitana de Infraestructura para la Movilidad (AMIM), que se encarga principalmente de la operación de ciertos servicios de movilidad en los nueve municipios metropolitanos. Entre sus actividades se encuentra la aplicación del “Transporte Activo y Compartido”, siendo la responsable de consolidar, mantener y ampliar el Sistema de Bicicleta Pública Mi Bici, que cuenta con 274 estaciones y 3034 bicicletas casi de 18 mil usuarios registrados (AMIM, 2022).

Uno de los principales obstáculos a los que se enfrenta la planeación de ciclovías por parte de la AMIM, es que la cobertura actual de las redes de transporte activo y compartido se encuentran centralizadas, y la mayor cantidad de ciclovías o vialidades con prioridad ciclista se ubica en los cuadrantes alrededor el centro de Guadalajara, con poca cobertura en el resto de los municipios del área metropolitana (ver Figura 2). Esta situación genera que algunas de las ciclovías instaladas en los municipios de Tonalá y Zapopan se encuentren aisladas del resto, por lo que se requiere la implementación de acciones urgentes que permitan

la consolidación de una red de vialidad conurbada que beneficie no solo a los municipios centrales, sino también a los municipios periféricos. En respuesta a la anterior, las acciones 8, 9, 10 y 11 se enfocan precisamente en el robustecimiento de la infraestructura ciclista mediante la construcción de más redes dentro del sistema de bicicletas públicas, lo que podría ayudar a solventar la centralización actual de las áreas de acceso a las ciclovías en sectores que actualmente no se encuentran beneficiados, además de interconectar las áreas de la ciudad que son más vulnerables en tema de acceso al transporte de calidad.

### Figura 2

*Ciclovías existentes en el Área Metropolitana de Guadalajara y estaciones del programa MiBici*



Fuente: Elaboración propia con base en AMIM (2022).

Por último, para impulsar la política de movilidad urbana sustentable que conduzca a traslados de baja o nula emisión de CO<sup>2</sup>, es importante fortalecer la promoción de áreas de traslado seguras para peatones, a partir de la separación de vías motorizadas y no motorizadas, mediante el incremento de andadores peatonales en rumbo a una ciudad caminable. Entre las metas establecidas para cumplir al 2030, y para las cuales se establecieron las acciones previamente descritas, se busca incrementar en un 42% la oferta de ciclovías y andadores peatonales, y la acción 5 responde a este objetivo particular (IMEPLAN, 2021). En este sentido, se ha comprobado que otros programas similares a nivel nacional (por ejemplo, Ecobici en la CDMX), se ha visto fortalecido por los esfuerzos de cierre de vialidades exclusivas donde se privilegie al peatón sobre otros medios de transporte (Alfie y Salinas, 2017). La ampliación de espacios para movilidad no motorizada no solo contribuirá a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también ofrecerá beneficios adicionales. Estos incluyen la mejora en la calidad de vida de los ciudadanos al proporcionar alternativas de movilidad segura que fomentan la actividad física, la diversificación del uso del suelo, el aprovechamiento de los espacios públicos, y la reducción de la contaminación visual y sonora.

### Estrategia 3: Uso eficiente y racional de la energía

En el sector energético, las emisiones están determinadas por distintos factores que incluyen la tecnología y la mezcla utilizada, así como el nivel de uso (Mi et al., 2019). En el 2020, en el AMG se emitieron a la atmósfera 16.1 MtCO<sub>2</sub>e, esto es, 3.3 toneladas de CO<sub>2</sub>e por habitante. Siendo el sector energía estacionaria, el que contribuye con un mayor porcentaje (43%), lo cual corresponde a 6.9 MtCO<sub>2</sub>e. En este contexto, la estrategia 3 tiene como objetivo principal promover el aprovechamiento responsable y eficiente de la energía en el AMG, considerando la edificación existente, infraestructura y sectores productivos, mientras fortalece la producción y utilización de energías provenientes de fuentes renovables (IMEPLAN, 2021); contiene seis metas y siete indicadores.

El sector correspondiente a la energía estacionaria se compone de diez subsectores, siendo tres de estos los que acumulan 99% de emisiones de CO<sup>2</sup>. Este dato es importante porque permite planear las acciones a implementar, con sus retos y oportunidades, los cuales serán discutidos más adelante.

En la Tabla 3 se muestran los diferentes subsectores del área de la energía, con su definición, así como su participación de emisiones de toneladas de CO<sup>2</sup> equivalente, y el porcentaje que representa.

**Tabla 3**

*Contribución de la huella de carbono por subsectores del área de la energía correspondientes a energía estacionaria*

<b>Sector/Subsector</b>	<b>Definición</b>	<b>tonCO2e</b>	<b>%</b>
Edificios residenciales	Todas las emisiones derivadas del uso de la energía en los hogares.	3 066 924	44
Industrias manufactureras y de construcción	Todas las emisiones derivadas del consumo energético en instalaciones industriales y actividades de construcción, incluida la combustión para producir electricidad y calor para uso interno en dichas industrias.	3 015 921	43
Edificios institucionales e instalaciones comerciales	Emisiones derivadas del aprovechamiento energético en los edificios públicos (escuelas, hospitales, oficinas gubernamentales, alumbrado público, etc.) así como en instalaciones comerciales	867 608	12

Fuente: Grupo de Liderazgo Climático C40 (2020).

Para lograr esto, es necesario una reducción progresiva de la emisión de GEI derivado de los subsectores de energía mencionados, evaluando para ello el impacto de las actividades diarias.

En la estrategia 3 se contempla la implementación de 19 acciones, las cuales se pueden agrupar de la siguiente forma:

- I. Generación renovable (Solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, biogás, micro hidráulica. etc.)
  - A. Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional en el estado de Jalisco
  - B. Generación Centralizada para grandes consumidores
  - C. Generación Distribuida para hogares y comercios a pequeña escala
  - D. Utilización de energía renovable
- II. Cambio a tecnologías más eficientes e inteligentes de iluminación, motores, aires acondicionados, etc. para los sectores
  - A. Industrial

B. Comercial

C. Residencial

D. Gubernamental

III. Promover una nueva cultura energética al interior de las organizaciones

A. Fomentar el uso de redes inteligentes para disminuir los costos de suministro eléctrico

B. Monitoreo en tiempo real de la energía consumida

C. Creación de comités de gestión energética

D. Diseño y supervisión de indicadores energéticos

E. Cursos de concienciación

F. Cursos de actualización profesional

IV. Promover e incentivar certificaciones al interior de las organizaciones

A. Cumplimiento ambiental voluntario

B. Certificaciones de gestión energética

C. Regulación de códigos de construcción y compras

D. Impuesto a emisiones de CO<sup>2</sup>

E. Jalisco Respira, referente a la calidad del aire

Para implementar las acciones descritas, es necesario el acceso a fondos municipales, estatales, federales e internacionales que permitan, por un lado, realizar diagnósticos energéticos con sus respectivas propuestas de mejora para los sectores mencionados y, por el otro, contar con mecanismos de financiamiento que se adecuen a las necesidades de los usuarios finales, para la implementación de las acciones detectadas, y sus consiguientes beneficios. Una vez identificadas las acciones a implementar, es imperante establecer metas a alcanzar a mediano plazo. En este sentido, la estrategia debe partir desde el desarrollo de políticas orientadas a mejorar la provisión y calidad del servicio energético en los hogares. Con el involucramiento de instituciones financieras, servicios públicos y fabricantes de nuevas tecnologías, es posible, en una segunda instancia, promover la creación de esquemas de financiamiento para proyectos comunitarios en zonas de bajos ingresos económicos.

En el PACmetro se plantean distintos escenarios para proyectar los alcances de las acciones de mitigación al cambio climático y sus efectos. En este sentido, las acciones buscan lograr resultados en un escenario ambicioso, a fin de compensar a algunas otras entidades

federativas que no logren alcanzar sus objetivos planteados. Los distintos escenarios en el sector energético se estimaron a partir de datos aproximados, tomando como referencia las Normas Oficiales Mexicanas aplicables y asumiendo su cumplimiento total en el futuro. Además, se consideraron las disposiciones de la Ley de Transición Energética (DOF, 2015), el Proyecto Nacional de Eficiencia Energética en Alumbrado Público (CONUEE y SENER, 2019) y el estudio publicado por World Resource Institute (Flores-Montalvo et al., 2019) “Elegiendo el camino correcto”. Este último estudio plantea una visión ambiciosa a mediano y largo plazo (2030, 2050), mientras que el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), se enfoca en un horizonte a mediano plazo (2032). Por su parte, la Ley de Transición Energética estableció metas de generación de energía limpia para 2024 (DOF, 2015). Esta tendencia sería posible si se logra la implementación de las acciones en sus metas trazadas mostradas en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Supuestos de las acciones de implementación, escenario ambicioso, sector energía*

<b>Acción</b>	<b>Supuesto 2020</b>	<b>Supuesto 2030</b>	<b>Supuesto 2050</b>
Energías renovables distribuidas residenciales adicionales	8%	22%	50%
Energías renovables distribuidas comerciales adicionales	8%	22%	50%
Descarbonización de la matriz energética	Energías limpias: 0.7% solar, 3.9% eólica, 10.20% hidroeléctrica, 1.70% geotérmica, 0.20% biomasa, 4.30% nuclear	Energías limpias: 20% solar, 15% eólica, 10% hidroeléctrica, 2% geotérmica, 0.20% biomasa, 8% nuclear	Energías limpias: 36% solar, 23% eólica, 10% hidroeléctrica, 2% geotérmica, 0.20% biomasa, 8% nuclear

Eficiencia en nuevas construcciones	Combustibles fósiles: 25.75% fósil, 53.20% gas natural iluminación 0%, equipos 49%, calefacción 28%, sistemas de enfriamiento 50%, termorregulación del agua 13%, Accesorios de eficiencia hídrica 61%.	Combustibles fósiles: 2% fósil, 42.80% gas natural iluminación 50%, equipos 66%, calefacción 48%, sistemas de enfriamiento 77%, termorregulación del agua 45%, Accesorios de eficiencia hídrica 74%.	Combustibles fósiles: 20.80% gas natural iluminación 100%, equipos 100%, calefacción 89%, sistemas de enfriamiento 100%, termorregulación del agua 80%, Accesorios de eficiencia hídrica 100%.
Envoltentes eficientes	21%	57%	100%
Sistemas eficientes de enfriamiento	22%	57%	100%
Sistemas eficientes de termorregulación del agua	20%	50%	80%
Eficiencias en iluminación	31%	80%	100%

Fuente: IMEPLAN (2021).

En el sector energético se han identificado diversos retos que deben ser tomados en cuenta para mejorar las estrategias de mitigación. Entre ellos, se destaca la carencia de diagnósticos del uso de la energía en edificios (tanto nuevos como existentes). En este sentido, será necesario consultar a la Agencia de Energía del Estado de Jalisco (AEEJ) para dar seguimiento a la información generada a partir de la implementación de los 42 programas considerados a publicarse en el Plan Estatal de Energía. Asimismo, es evidente la discrepancia entre las acciones programadas y las metas establecidas a nivel federal y estatal, por lo que se requiere de un seguimiento preciso y continuo durante su implementación en el AMG.

De igual forma, la administración del gobierno del estado ha planteado un aumento en el consumo de gas natural en el AMG, tanto para la generación de energía como para su uso final. En este contexto, el subsector residencial ofrece la mayor oportunidad de reducción de emisiones, con un potencial de 3.2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e. Este subsector está

vinculado con la iniciativa “Hogares y Comercios”, promovida por la AEEJ dentro de su estrategia de eficiencia energética.

Para cumplir los objetivos de carbono neutralidad, se requiere abordar metas y acciones en todos los sectores, incluidos los más difíciles de reducir, como el de la industria o los complejos habitacionales, que tienen inherente la generación de servicios de consumo energético a grandes escalas. Además, se tienen como retos transversales: compromiso, conocimiento, financieros, técnicos.

### **Consideraciones sobre las políticas de mitigación**

El desarrollo de capacidades institucionales y la articulación de una gobernanza intermunicipal puede incrementar la habilidad de la metrópoli para lograr las metas establecidas en el plan de acción climática. En un estudio sistemático sobre las acciones de mitigación para el cambio climático, Sethi et al. (2020) encontraron que las soluciones técnicas y las políticas orientadas a la intervención en la gestión integral de residuos, el transporte y la energía tienen el mayor potencial de disminución de las emisiones de GEI y los efectos a futuro, lo que coincide con lo propuesto en el PACmetro (IMEPLAN, 2021).

Para alcanzar las metas planteadas dentro de las estrategias propuestas en el PACmetro, se debe promover la participación de los representantes de distintos sectores que incluyen:

- Cámaras y consejos empresariales.
- Asociaciones de profesionistas.
- Academia e instituciones educativas y de investigación.
- Organizaciones de la sociedad civil.
- Organizaciones técnicas y financieras.
- Secretarías y órganos de gobierno.

La identificación de casos de éxito y creación de sinergias entre los actores permitirá acelerar y optimizar recursos para el cumplimiento de los objetivos. De implementar las acciones trazadas de forma sistemática y participativa, será posible alcanzar las metas planteadas. Asimismo, y como alternativa a las acciones propuestas por el gobierno a través de las políticas institucionales, se debe incentivar la acción colectiva a partir de la sensibilización y el involucramiento de la población en todas las etapas del ciclo de las

políticas públicas para incrementar su eficacia (Sharp, Daley y Lynch, 2011). Promover la apropiación de las iniciativas por parte de los ciudadanos en la metrópoli e incrementar su capacidad cívica de respuesta colectiva ante la problemática derivada de los cambios globales, favorecerá alcanzar las metas de una ciudad sostenible y, en este caso, de toda el AMG.

Para lograr la sensibilización y concientización de los ciudadanos sobre las acciones de mitigación que se plantean contra el cambio climático, se debe trabajar en la divulgación del programa por distintos medios de información y comunicación, que incluya una amplia estrategia de redes sociales. Asimismo, se debe socializar la información sobre los efectos que tienen las actividades cotidianas en el cambio climático, de forma que se tome conciencia por parte de la ciudadanía para mejorar sus decisiones y comportamiento de consumo. Dentro de esta estrategia de difusión, se puede trabajar en acciones que incluyan las siguientes:

- Sumar a lo que ya se implementa. Actualizaciones normativas y operativas.
- Sinergias. Compartir experiencias de éxito entre todos los actores, pues la meta es común.
- Compensación. Conocer y actuar en compensar nuestras actividades “contaminantes”, como el sembrado de árboles y el cuidado de estos.
- Beneficios asociados. Sociales, ambientales, en la salud, económicos, creación de puestos de trabajo, entre otros.
- Consecuencias no deseadas. La implementación de estas acciones demanda un costo inicial mayor, pero en el corto y mediano plazo, los beneficios son mayores que los costos.

Estas acciones permitirán, a corto plazo, crear una nueva cultura en los temas de residuos, movilidad y energía, donde la eficiencia y el ahorro, sean prioritarios para todas las entidades. Asimismo, es importante considerar el diseño de políticas que coadyuven con acciones de mitigación que fortalezcan la capacidad de resiliencia de la urbe, como aumentar la capacidad de captura de carbono en la atmósfera mediante la instalación de andadores arbolados con integración de especies nativas de bajos requerimientos hídricos, que además generarán una reducción de temperatura en las áreas donde se encuentren. Una labor importante en el proceso es la promoción del incremento de áreas verdes y espacios arbolados, con la que se pueden ampliar las medidas de mitigación ante el cambio climático. Sin embargo, el crecimiento de las áreas verdes como estrategia para la captura de emisiones

de carbono está poco desarrollada en las metas del PACmetro y, más bien, se enfoca a la construcción de ciclovías y andadores con propuestas paisajísticas.

A nivel metropolitano, es fundamental el fortalecimiento de la coordinación interinstitucional que garantice la integración transversal de las políticas energéticas con otras áreas estratégicas, como el ordenamiento territorial, la creación de infraestructura para la movilidad, la gestión del riesgo y la gestión para el establecimiento de bosques urbanos, por mencionar algunas. Los beneficios de las acciones de mitigación serán múltiples y propiciarán una mejor calidad de vida al impactar directamente en el manejo adecuado de los residuos, la mejora de servicios de provisión de agua y calidad del saneamiento, el incremento en el acceso a una movilidad sostenible, así como la mejora en la calidad del aire, el uso más eficiente de la energía y el desarrollo de una matriz de alternativas de generación de energías limpias. Además, el PACmetro busca fortalecer la participación de actores de los distintos sectores para garantizar la gobernanza del plan y el éxito de las estrategias.

En general, los escenarios propuestos para cumplir la meta de carbono neutralidad al 2030 y de cero emisiones al 2050, resultan difíciles de alcanzar, a pesar de que la planeación e implementación de acciones de reducción de emisiones se ha puesto en marcha en la metrópoli. Las acciones propuestas en el PACmetro y la posible planeación de acciones complementarias son un buen comienzo para lograr el cambio de paradigma de gestión de la ciudad, con el fin de mitigar los efectos del cambio climático. Con los compromisos adquiridos a nivel nacional y estatal, se propicia que desde las ciudades se tomen acciones que llevarán a la metrópoli a alcanzar la carbono neutralidad, a partir del fortalecimiento de sistemas de transporte libre de emisiones, la transición al uso y generación de energía a partir de fuentes renovables, la gestión integral de los residuos, la infraestructura neutral/cero-emisiones, la movilidad sustentable, la infraestructura verde, así como el incremento de la resiliencia y las capacidades adaptativas, que en conjunto generarán beneficios socioeconómicos propios de la acción climática.

## **Reflexiones finales**

El cambio climático afecta directamente las condiciones de vida humana y tiene impacto en el desarrollo sostenible. Entre los efectos más evidentes del cambio climático se encuentran la variabilidad que se manifiesta en las precipitaciones y la temperatura, la desertificación,

las modificaciones a los patrones de distribución de enfermedades y los impactos en los océanos. Asimismo, se destacan los efectos en los ecosistemas urbanos y la infraestructura, la seguridad alimentaria y la provisión de agua dulce, entre muchos otros que incrementan la vulnerabilidad social (Sarkodie y Strezov, 2019). Por lo anterior, es necesario dar continuidad a la implementación de acciones de mitigación que permitan a las grandes ciudades enfrentar los retos que el cambio global impone.

En este sentido, el Plan de Acción Climática Metropolitano (PACmetro) sí constituye una aproximación institucional innovadora para la atención de un tema que resulta de relevancia para garantizar el bienestar en el ámbito del AMG, que implica una intervención en la escala local que impactará de forma positiva los objetivos y metas globales. A pesar de que será difícil alcanzar todas las metas propuestas, es necesario que se siga trabajando con una visión multidisciplinaria e intersectorial para avanzar en el desarrollo de acciones que se sumen a la intención para lograr, a futuro, una reducción de las emisiones que se acerque a las metas propuestas.

La transformación de los procesos de gestión de los residuos sólidos urbanos es clave para reducir las emisiones de GEI y para convertir los residuos en nutrientes y energía de una forma ambientalmente responsable (Ahmed et al., 2020). Asimismo, el tratamiento de aguas residuales constituye una de las estrategias clave para lograr una mayor eficacia en la gestión de los recursos hídricos, lo que favorecerá mejores condiciones para promover la salud pública y redundará en una mejor calidad de vida para la sociedad.

Como una de las principales fuentes generadores de emisiones GEI, es indispensable la creación e implementación de alternativas de transporte no motorizado o de bajas emisiones que promuevan un estilo de vida saludable para los habitantes de la urbe. En este sentido, consolidar un modelo integrativo de movilidad operativa que garantice el desplazamiento de los habitantes de los municipios metropolitanos con calidad, seguridad y accesibilidad, a partir del establecimiento de líneas de transporte central multimodal, constituye una iniciativa significativa para lograr una transición efectiva alineada con las metas y objetivos de carbono neutralidad del AMG.

El sector energía está teniendo grandes cambios a nivel mundial. La transición energética de la quema de combustibles fósiles al uso de energías renovables requiere planeación y debe ser gradual, previendo situaciones que se puedan presentar, en lo técnico, económico, social y político. La eficiencia y el ahorro energético son clave para la transición,

pues además de disminuir la demanda energética con sus beneficios asociados, también disminuyen el costo de implementación de los sistemas basados en energías renovables en generación distribuida y el reforzamiento de las redes de transmisión y distribución.

Se espera que este artículo sirva para una mejor comprensión de las acciones presentadas en el PACmetro, y aclare la visión de hacia dónde se quiere ir, con un sólido respaldo basado en la ciencia y la tecnología pero, sobre todo, sustentado en los cambios de conducta, que permitan crear una nueva cultura de adaptación y mitigación ante los cambios climáticos y globales realmente sustentable.

Finalmente, se debe hacer énfasis en el importante papel que juegan las instituciones que están al frente de la gestión de los servicios públicos para la consecución de las metas planteadas en las acciones de mitigación rumbo a una metrópoli carbono neutral, anteponiendo los intereses y valores públicos en los procesos de toma de decisiones, de forma que las autoridades involucradas consideren prioritario conservar la naturaleza y las condiciones de hábitat, y así sea posible garantizar la justicia ambiental y la equidad en el acceso a los beneficios derivados de la intervención para atender la crisis global exacerbada por los cambios climáticos.

## Referencias

- Ackerman, F. (2000). Waste Management and Climate Change. *Local Environment*, 5(2), 223-229. <https://doi.org/10.1080/13549830050009373>
- Agencia Metropolitana de Infraestructura para la Movilidad (AMIM) (2022). *Programa de infraestructura para la movilidad activa en el AMG*. <https://amim.mx/GTAC.html>
- Ahmed, M., Ahmad, S., Tariq, M., Fatima, Z., Aslam, Z., Raza, M., Iqbal, N., Akmal, M., Hassan, F., Abbasi, N. y Haya, R. (2020). Wastes to be the source of nutrients and energy to mitigate climate change and ensure future sustainability: options and strategies. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 896-920. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1711944>
- Alfie, M. A. y Salinas, O. C. (2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 65-96.
- Barbier, E. B. (2014). Climate change mitigation policies and poverty. *WIREs Climate Change*, 5(4), 483-491. <https://doi.org/10.1002/wcc.281>

- Calvento, M., Lorenzo, N. y Herrero, M. S. (2014). Análisis teórico-empírico de la gestión internacional de los actores subnacionales: una propuesta de abordaje para las ciudades intermedias. *CONfines*, 10(20), 35-58.
- Carrillo, J., de los Santos-Gómez, J. S. y Briones, J. (2020). *Hacia una electromovilidad pública en México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46060/1/S2000368\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46060/1/S2000368_es.pdf)
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (2023). *2022 Disasters in numbers*. CRED.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2012). Qué es un BRT, o la implementación del Metrobús en la ciudad de Buenos Aires, Argentina. *Boletín Fal*. 312(8). [https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/36157/FAL-312-WEB\\_es.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/36157/FAL-312-WEB_es.pdf)
- Comisión Estatal del Agua (CEA) (2022). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. [http://info.ceajalisco.gob.mx/plantas\\_tratamiento.html](http://info.ceajalisco.gob.mx/plantas_tratamiento.html)
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y Secretaría de Energía (SENER) (2019). Alumbrado Público, Eficiencia Energética y la Ciudad Inteligente: Hacia el Proyecto Nacional 2.0. *Cuadernos de la CONUEE*, 4, Nuevo Ciclo. [https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno4nvociclocorreJLTODB\\_1.pdf](https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuaderno4nvociclocorreJLTODB_1.pdf)
- Cristancho, M. D. L., Gámez, P. W., Guerra, A. J. A. y Dueñas, E. M. F. (2018). Estimación de los gases de efecto invernadero generados por las plantas de tratamiento de aguas residuales ubicadas en la cuenca del río Bogotá. *Revista Ingenierías*, 18(34), 25-44. <https://doi.org/10.22395/rium.v18n34a2>
- De la Peña, M. E., Ducci, J. y Zamora, V. (2013). *Tratamiento de aguas residuales en México*. Nota Técnica IDB-TN-521. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Delgado, R. G. C. (2016). Residuos sólidos municipales, minería urbana y cambio climático. *El Cotidiano*, 195, 75-84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32543454009>
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (2015). *Ley de Transición Energética*. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
- \_\_\_\_\_. (2020). *Programa Sectorial Derivado del Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5596232&fecha=07/07/2020#gsc.tab=0)

- Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports (DRIEAT Île-de-France) (2014). *Le Plan de Déplacements Urbains d'Île-de-France*. [https://www.saint-maur.com/fileadmin/user\\_upload/Ma\\_Ville/Cadre\\_de\\_vie/Urbanisme/plans\\_et\\_schemas\\_directeurs/3-pduif\\_plaquette2015.pdf](https://www.saint-maur.com/fileadmin/user_upload/Ma_Ville/Cadre_de_vie/Urbanisme/plans_et_schemas_directeurs/3-pduif_plaquette2015.pdf)
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J. y Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 18, 2069-2094. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01059-w>
- Flores-Montalvo, A., Altamirano, J. C., Olea, F., Zafra, A. y Rissman, J. (2019). *Eligiendo el camino correcto: Opciones de bajo costo para fortalecer las metas climáticas de México logrando beneficios sociales a largo plazo*. World Resource Institute. [https://es.wri.org/sites/default/files/Publicaci%C3%B3n\\_Eligiendo%20el%20Camino%20Correcto\\_VF\\_0.pdf](https://es.wri.org/sites/default/files/Publicaci%C3%B3n_Eligiendo%20el%20Camino%20Correcto_VF_0.pdf)
- Fujii, H., Iwata, K. y Managi, S. (2017). How do urban characteristics affect climate change mitigation policies? *Journal of Cleaner Production*, 168, 271-278. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.221>
- Gobierno del Estado de Jalisco (2013). *Programa Sectorial de Movilidad Sustentable*. <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/Programa%20Sectorial-movilidad%20sustentable-.pdf>
- Gouldson, A., Colenbrander, S., Sudmant, A., Papargyropoulou, E., Kerr, N., McAnulla, F. y Hall, S. (2016). Cities and climate change mitigation: Economic opportunities and governance challenges in Asia. *Cities*, 54, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.10.010>
- Grupo de Liderazgo Climático C40. (2020). Actualización de los escenarios y trayectorias de emisiones relativos a los primeros escenarios construidos y reportados. Municipio de Guadalajara. Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (Imeplan) y C40. <https://drive.google.com/file/d/1Jogfg5ZQEuVe7WJ-QhXJhiewow6XOIQr/view>
- Instituto de Planeación y Gestión del Desarrollo del Área Metropolitana de Guadalajara (IMEPLAN) (2021). *Plan de Acción Climática del Área Metropolitana de Guadalajara*. Resumen ejecutivo.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. INEGI. <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/632>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- \_\_\_\_\_ (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Lahera, R. V. (2010). Infraestructura sustentable: las plantas de tratamiento de aguas residuales. *Quivera*, 12(2), 58-69. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40115676004>
- Leal, J. M. y Melendrez, R. (2018). Enfoques alternativos para entender las relaciones internacionales de los actores locales en América Latina. *Revista Chilena de Relaciones Internacionales*, 2(1), 87-114. <https://rchri.cl/wp-content/uploads/2018/04/86-114.pdf>
- Malé, J. P. y Cors, C. (2015). Las relaciones “internacionales” de las ciudades y los gobiernos locales: autonomía, especificidad y potencial de cambio. *Revista Mexicana de Política Exterior*, 104, 49-68. <https://revistadigital.sre.gob.mx/index.php/rmpe/article/view/322/305>
- Mancipe, A. L. M. y Triviño, R. M. P. (2018). Valoración de lodos de plata de tratamiento de aguas residuales (PTAR) como materia prima para la extracción de lípidos en la obtención de biodiesel. *Revista Ion*, 31, 1, 71-79. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018012>
- Medina-Ramírez, S. y Veloz-Rosas, J. (2012). *Planes Integrales de Movilidad: lineamiento para una movilidad urbana sustentable*. ITDP, Embajada Británica en México, Centro Eure. <http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Planes-integrales-de-movilidad-lineamientos.pdf>
- Mi, Z., Guan, D., Liu, Z., Liu, J., Vigié, V., Fromer, N. y Wang, Y. (2019). Cities: The core of climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, 207, 582-589. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.034>
- Prado, L. J. P. (2014). El liberalismo institucional. En Shiavon-Uriegas, J.A., Ortega-Ramírez, A. López-Vallejo, M. y Velázquez-Flores, R. (Eds.). *Teorías de relaciones internacionales en el siglo XXI: Interpretaciones críticas desde México*. Benemérita

- Universidad Autónoma de Puebla, El Colegio de San Luis, Universidad Autónoma de Nuevo León y Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.
- Romero, Á. H., García, O. J. y Dávila, J. J. (2010). *Las vicisitudes de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México*. CONAGUA. <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/mexico/01531e14.pdf>
- Rosas-Gutiérrez, J. y Chías-Becerril, L. (2020). Los BRT ¿nuevo paradigma de la movilidad urbana mundial? *Investigaciones Geográficas*, 103, e60045. <https://doi.org/10.14350/rig.60045>
- Sarkodie, S. A. y Strezov, V. (2019). Economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: evidence from 192 countries. *Science of The Total Environment*, 656,150-164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.349>
- Schiavon, J. A. (2010). Las relaciones exteriores de los gobiernos estatales: el caso de México. En L. Maira (Coord.). *La política internacional subnacional en América Latina* (pp. 135-174). Libros del Zorzal.
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET) (2018). *Residuos Sólidos Urbanos*. <https://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/residuos/politica-publica-y-marco-normativo-en-materia-de-residuos>
- \_\_\_\_\_ (2022). *Jalisco reduce*. <https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/jaliscoreduce.pdf>
- Sethi, M., Lamb, W., Minx, J. y Creutzig, F. (2020). Climate change mitigation in cities: a systematic scoping of case studies. *Environmental Research Letters*, 15, 093008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab99ff>
- Sharp, E. B., Daley, D. M. y Lynch, M. S. (2011). Understanding local adoption and implementation of climate change mitigation policy. *Urban Affairs Review*, 47(3), 433-457. <https://doi.org/10.1177/107808741039234>
- UN Habitat (2011). *Global report on human settlements 2011: Cities and Climate Change*. <https://unhabitat.org/global-report-on-human-settlements-2011-cities-and-climate-change>
- United Nations (UN) (2015). *Paris agreement*. [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).

- United Nations Climate Change Secretariat (UNCCS) (2019). *Climate action and support trends*. United Nations Climate Change Secretariat. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Climate\\_Action\\_Support\\_Trends\\_2019.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Climate_Action_Support_Trends_2019.pdf)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/107a0\\_1.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/cop3/107a0_1.pdf).
- Venter, C. (2016). Assessing the potential of bus rapid transit-led network restructuring for enhancing affordable access to employment - The case of Johannesburg's Corridors of Freedom. *Research in Transportation Economics*, 59, 441-449.
- Zeng, X., Sun, Q., Huo, B., Wan, H. y Jing, C. (2010). Integrated solid waste management under global warming. *The Open Waste Management Journal*, 3, 13-17.