

Construcción de estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático municipal, caso de estudio Hidalgo, México

Sócrates López Pérez¹

Juan Bacilio Guerrero Escamilla²

Sonia Bass Zavala³

Resumen

El trabajo presenta los elementos más importantes para la integración de un Plan Municipal de mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático, bajo un modelo regional que integra las fuentes antropogénicas de emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI), los volúmenes de emisiones, tipo de gas, localización y sector, por lo tanto, se puede evaluar el inventario de gases a nivel local y la línea base. Bajo estos elementos se definen las acciones, su jerarquización y responsabilidades, para así integrar un Plan de intervención y la construcción de la Estrategia de Mitigación de los gases efectos invernadero. Esta estrategia, al integrarla con un modelo de resiliencia se construye la adaptación ante los efectos del cambio climático. Estos planes y acciones son diseñados para su implementación a través de la metodología que construimos y probado en el estado de Hidalgo, en sus regiones geoculturales y sus 84 municipios.

La metodología para el desarrollo de una Agenda Nacional de Cambio Climático (CC), desde la base municipal y con modelos sólidos de análisis de la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) y las fuentes generadoras a nivel local, cuenta con una base jurídica e institucional de gran importancia y en la que México ha confirmado a través de la firma de los convencidos internacionales.

El valor de nuestra metodología, se sustenta en la construcción de Sistema de Indicadores Ambientales y focalización del sistema de resiliencia para incidir con certeza sobre las fuentes y actores generadoras de GEI y sus efectos sobre el CC. Esta metodología es la base para la construcción de políticas públicas, por ello parte del diseño del Plan Estatal de Acciones para el Cambio Climático (PEACCH), el cual debe ser guía para las grandes líneas de trabajo, modelar el comportamiento de la temperatura, y definir sus efectos sobre el territorio y la población, las proyecciones del incremento de temperatura, la huella ecológica, las grandes fuentes de emisiones de GEI y el inventario de emisiones.

Para el caso de la experiencia en el estado de Hidalgo, se diseñó la Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático en Hidalgo (EEMyACCH), la cual armonizó en forma operativa la legislación sobre cambio climático en Hidalgo, definió las instancias institucionales y construyó la estrategia de mitigación y adaptación por municipios y regiones, tipo de recursos, la focalización de acciones de mayor impacto y la jerarquización

¹ Doctor en Ciencias Sociales en Planeación y Desarrollo Económico. Profesor investigador del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. lopezs@uaeh.edu.mx

² Doctorado en Ciencias Sociales y Doctorado en Ciencias Actuariales. Profesor investigador del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. juan_guerrero9464@uaeh.edu.mx

³ Doctora en Desarrollo Urbano, Profesora-Investigadora de la UAEH en el ICSHu. basz.sonia@gmail.com

de prioridades, sustentado en un modelo propio e innovador para la determinación y actualización del Inventario de GEI, y acompañado de un modelo de riesgo para la definición de la vulnerabilidad que facilite la jerarquización de acciones a nivel regional, municipios y áreas de impacto y la definición de niveles de resiliencia de los Sistemas de vulnerabilidad (S1, S2, S3).

Finalmente, estos modelos se integran a un Sistema de Indicadores de Impacto Ambiental que funcionan bajo una plataforma propia y que es la base para la elaboración de acciones de intervención y toma de decisiones, con base a las responsabilidades bien definidas, maximizando los beneficios y sus resultados.

Esta experiencia, bajo su propia ruta crítica de diseño de políticas públicas y la experiencia integrada para el estado de Hidalgo, posibilita y da certeza para la construcción de la política pública a nivel municipal y la elaboración de su agenda ambiental nacional.

Conceptos clave: Desarrollo sustentable, Mitigación y adaptación, Cambio climático.

Antecedentes

El Cambio Climático (CC) es una serie de alteraciones climatológicas principalmente relacionadas al aumento de temperaturas y de precipitaciones, estas variaciones climatológicas han sido aceleradas por el denominado Efecto Invernadero, el cual, es un proceso natural de calentamiento de la tierra donde los Gases de Efecto Invernadero (GEI) retienen parte del calor del sol en la atmosfera y mantienen una temperatura apta para la vida.

Al respecto, en su publicación del 2013 el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) por sus siglas en inglés explicó que la energía solar atraviesa la atmósfera y una parte de esa radiación es absorbida por la superficie mientras que otra es reflejada. A su vez la radiación retenida es reflejada por los GEI y lo demás vuela al espacio.

En suma, el incremento de los GEI, (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆) está modificando la composición natural de la atmosfera de la tierra, estos gases son procesado por agentes naturales, pero cuando los océanos, plantas, árboles y plancton ya no pueden absorberlos por diversos factores, se acumula y atrapa más calor elevando con ello la temperatura de la atmósfera (IPCC, 2013).

De acuerdo con el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2014), desde la década de 1950 muchos de los cambios no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios; por un lado, los océanos y la atmósfera se han calentado, mientras que por otro el volumen de hielo y nieve ha disminuido, lo que ha ocasionado que el nivel del mar aumente. En términos generales, en los últimos tres decenios se ha incrementado la temperatura sucesivamente en relación con el decenio anterior. De hecho, las proyecciones realizadas hasta el momento indican que para el año 2100 puede haber un incremento en el promedio de la temperatura global que oscile entre 1.1 hasta 6.4°C, así mismo vendrán cambios en los regímenes pluviales muy severos a lo largo del planeta (IPCC, 2014).

Para dar cumplimiento a los artículos 4, 5 y 6 de la (CMNUCC), la presente investigación busca atender las prioridades nacionales y regionales ante el CC con respecto a la generación y actualización de los programas regionales, inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI), al intercambio pleno y abierto de la información sobre la recopilación de datos y al apoyo de los esfuerzos nacionales sobre la investigación científica y técnica; de forma paralela, este documento aporta información fidedigna para la educación, formación y sensibilización del público sobre las emisiones de los GEI y sus fuentes emisoras en los 84 municipios del estado de Hidalgo; mediante una clasificación por cuantiles se generó un indicador de impacto ambiental que logra hacer una medición de PM, CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆, esto con la finalidad de establecer una línea base y definir prioridades sobre la materia en el territorio del estado de Hidalgo.

El contexto internacional sobre el cambio climático

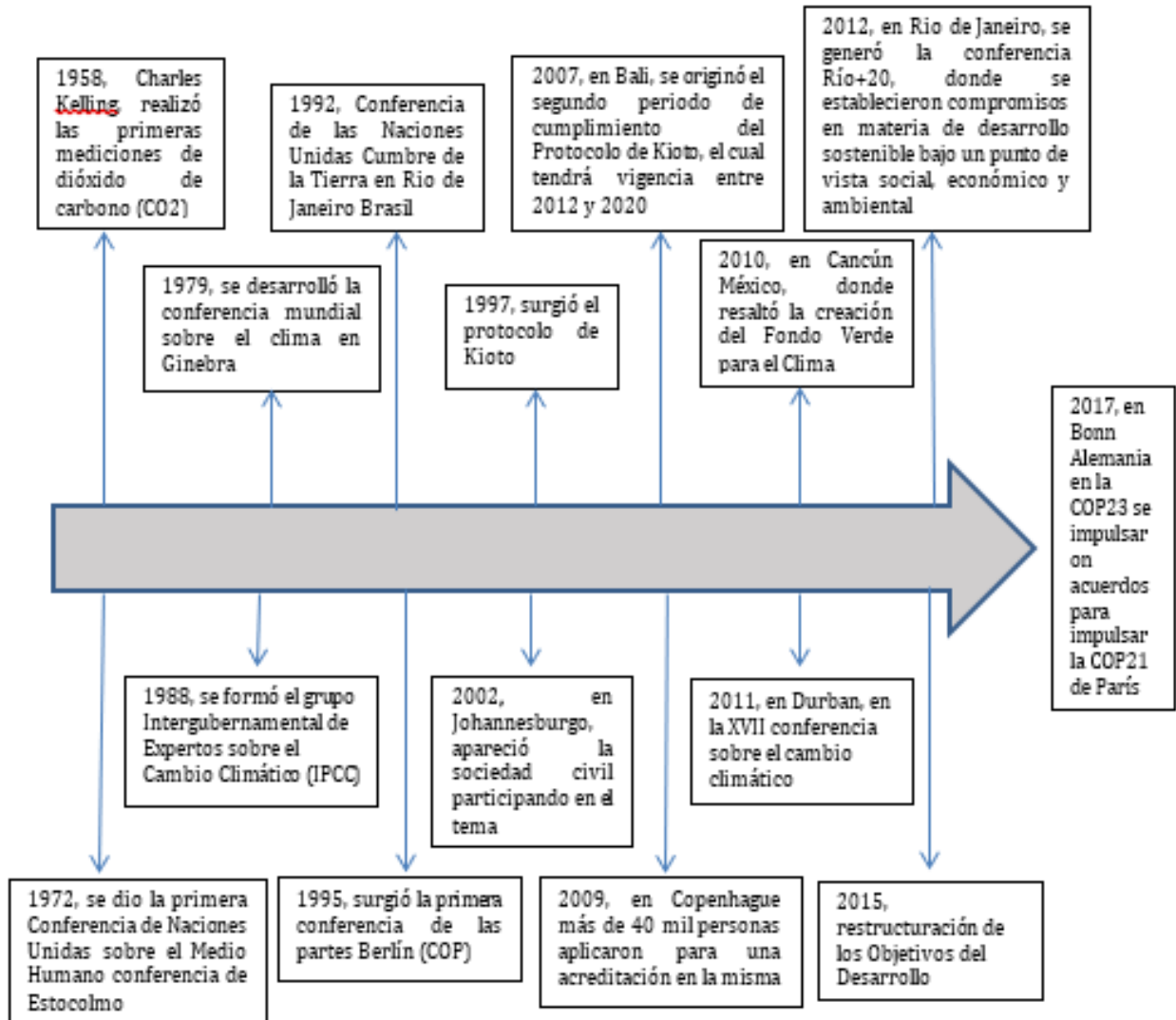
El Cambio Climático (CC) es un fenómeno natural que se refiere a la alteración de los parámetros climáticos; de las temperaturas y precipitaciones. Este fenómeno se ha dado a lo largo de los siglos principalmente bajo un proceso gradual y de manera natural, permitiendo a las especies animales y vegetales adaptarse a las nuevas condiciones climáticas.

Al respecto, el IPCC (2013) sostiene que desde la revolución industrial el promedio de temperatura del planeta se incrementó de manera anómala alterando con ello los sistemas ecológicos y humanos de todas partes del mundo. Estas alteraciones en el clima llamaron la atención de los expertos, por lo que trataron de explicar científicamente los fenómenos climáticos, razón por la cual, los esfuerzos internacionales se concentraron en comprender los orígenes y consecuencias del cambio climático para demostrar que la alteración de la temperatura del planeta está asociada a la concentración en la atmósfera de GEI.

Precisamente, a finales del 2015 en la vigésimo primera Conferencia de las Partes (COP21), en París, Francia los 195 países que firmaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), comenzaron a discutir un documento que sustituyera al protocolo de Kioto el cual se empezará a aplicar hasta el 2020 con la finalidad de que sus países miembros comiencen a realizar de manera efectiva acciones de mitigación y de reducción de emisiones. Además, que este 5 acuerdo internacional fija como objetivo limitar el calentamiento global a un nivel por debajo de 2°C, todo lo anterior con la ayuda del fondo verde.

Por su parte, durante noviembre del 2017 en Bonn, Alemania se desarrolló la COP23, donde se trataron temas que permitan impulsar las metas y acuerdos generados en París, por lo que se enfocaron en quién debe hacer qué en la lucha ante el cambio climático, dando especial importancia la multiculturalidad indígena ya que se estima que los pueblos indígenas cuidan alrededor del 80% de la biodiversidad que queda en el mundo.

Figura 1. Línea del tiempo de las convenciones sobre el cambio climático-2021.



Fuente: elaboración propia, con base en la revisión documental y convenciones sobre el cambio climático en el mundo en la EEMACCH, México, 2021.

El contexto de México ante el cambio climático

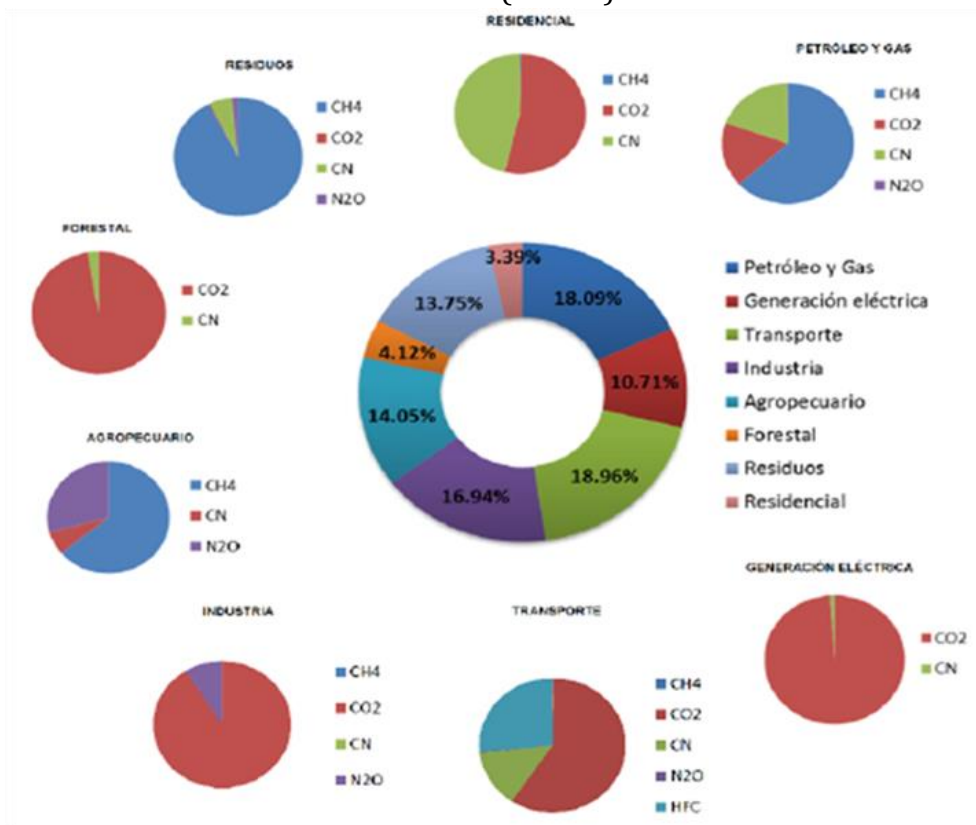
Para el año 2000, las emisiones producidas por todos los países del mundo, es decir; las emisiones globales, fueron de alrededor de 46 mil millones de toneladas de CO₂ equivalente (WRI, 2008), tomando en cuenta los 6 gases de efecto invernadero regulados por el Protocolo de Kioto de la CMNUCC (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆) y las emisiones procedentes del cambio de uso de suelo. México contribuyó aproximadamente con el 1.5% de las emisiones, ubicándose en la posición número 12 entre los 25 países que emiten más GEI a la atmósfera. En la más reciente actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero se estimó que México emitió alrededor de 643.2 millones de toneladas de CO₂ con respecto al 2002. El 61% de estas emisiones derivaron de la quema de combustibles fósiles para la generación y uso de la energía en el sector transporte, residencial, industrial y comercial; el 14% se atribuyen a la destrucción de cobertura vegetal, principalmente de

bosques y selvas; el 10% a la descomposición de materia orgánica en rellenos sanitarios y aguas residuales; 8% a la elaboración de ciertos productos industriales, y 7% por actividades agropecuarias, principalmente ganaderas (PECC, 2014).

En México, contamos con una línea base de emisiones de compuestos y Gases de Efecto Invernadero tal y como se muestra en la gráfica 1, dichas emisiones son expuestas por cada actividad de los sectores económicos del país:

- *Carbono (CO₂)*: es consecuencia del transporte, los servicios públicos (electricidad, gas y petróleo, entre otros) y la producción industrial.
- *Metano (CH₄)*: es resultado de la actividad ganadera (bovino, porcino, caprino y ovino, entre otros).
- *Óxido nitroso (N₂O)*: se relaciona con el uso de fertilizantes, quema de biomasa y transporte carretero.
- *Óxido de nitrógeno (NO_x)*: sus principales fuentes son la agricultura intensiva, quema de biomasa y combustibles fósiles, fertilizantes nitrogenados y deforestación.
- *Partículas por millón (PM)*: se refiere a partes de vapor o gas por cada millón de partes de aire contaminado.

Gráfica 1. Línea base de emisiones: Compuesto y Gases de Efecto Invernadero GEI, MtCO₂e (PCG20)



Fuente: Programa Especial de Cambio Climático, DGPC (2014). Consultado en 2021, México.

El contexto del estado de Hidalgo

El Estado de Hidalgo cuenta con un documento denominado “Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo” (PEACCH) emitido en 2013, para darle operatividad en cuanto al cumplimiento de objetivos en el año 2017 se diseñó por un grupo de expertos de la UAEH la “Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático de Hidalgo” (EEMACCH) la cual es el instrumento de política ambiental que permite fortalecer la aplicación a nivel estatal y regional de programas, proyectos y acciones de mitigación y adaptación ante el cambio climático, este documento sustenta el marco legal para la ejecución de la presente Estrategia Estatal.

La estrategia se sustenta sobre en el inventario del PEACCH, elaborado en el 2005 por investigadores de la UAEH y considera las emisiones de GEI procedentes de las siguientes fuentes principales (PEACH, 2013):

- 1 Emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles y de la producción de combustibles secundarios dentro de los sectores industriales, transporte, agrícola, residencial, institucional y de servicios.
- 2 Emisiones de CH₄, N₂O, NO_x, CO₂, COVDM y SO₂ provenientes de la quema de combustibles de las fuentes anteriores.
- 3 Emisiones de CH₄, NO_x, CO₂, COVDM y SO₂ debidas al proceso de refinación de crudo, uso de gas natural y recuperación de azufre.
- 4 Emisiones de CO₂ y SO₂ debidas al proceso industrial de producción de cemento, cal, concreto, ferroaleaciones de manganeso y uso de caliza, carbonatos.
- 5 Emisiones de CH₄, CO₂, NO_x, SO₂, COVDM y HCFC debidas a la impermeabilización de techos, pavimentación de carreteras, procesos de producción de asfalto, sustancias químicas y alimentos y bebidas.
- 6 Emisiones de CO₂, CH₄, CO y NO_x debidas a la conversión de bosques y pastizales y combustión de masa forestal.
- 7 Emisiones de CH₄ por la fermentación entérica y el manejo de estiércol en la actividad ganadera, el sistema de riego en la zona del Valle del Mezquital y de N₂O por suelos agrícolas y el uso de fertilizantes.
- 8 Emisiones de CH₄ procedentes de la disposición de residuos sólidos, aguas residuales, presas con aguas negras y de N₂O procedentes de las excretas humanas.

El Cuadro presenta los datos de emisiones debida a cada fuente, expresadas en equivalentes⁴ de CO₂ de cada emisión principalmente. En azul se destacan las fuentes de jurisdicción estatal y el resto pertenecen a empresas de carácter federal, muchas de ellas paraestatales y transnacionales.

⁴ Los GEI distintos al CO₂ son convertidos a su valor equivalente a dióxido de carbono, multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global.
CO₂ = masa del gas (CH₄, N₂O, NO_x, SO₂) X potencial del calentamiento global.

Se observa que las 4 primeras fuentes son de nivel federal (termoeléctrica, cemento e industria química). La producción de cemento, si se considera de conjunto la quema de combustible y la emisión del propio proceso, es casi tan importante como el consumo de la termoeléctrica. Si se tiene en cuenta que no se posee el dato de actividad de una de las empresas cementeras, es muy probable que sea la primera fuente de emisiones de todo el Estado.

La quinta fuente importante de emisión concierne al estado: el transporte vial. En especial, el transporte de gasolina. Se deben hacer los mayores esfuerzos para disminuirlas. Las aguas industriales, aunque muchas son de carácter federal, otras son estatales y también se deben valorar soluciones para aprovechar estas emisiones de metano, que ocupan el 6to lugar.

El 7mo lugar lo ocupa la quema de combustibles en la refinería. Este lugar puede ser prioritario en el futuro, ya que está planeada la construcción y puesta en marcha de la nueva Refinería en Tula, antes del 2020. Las emisiones futuras por este concepto deberán ser objeto de investigaciones, cuando se tenga acceso a la información requerida para ello.

El 8vo lugar es de carácter estatal, ya que se pueden implementar medidas para disminuir las emisiones del ganado y utilizar el estiércol como biomasa para la producción de biogás.

Las emisiones de la presa Endhó ocupan en 9no lugar y no están totalmente calculadas, ya que no hay datos para estimar las emisiones de N₂O. Esta situación será resuelta en parte por la puesta en marcha de la PTAR de Atotonilco de Tula, pero continuará siendo un estanque de aguas profundas y la estimación de emisiones deberá ser objeto de investigaciones futuras.

El transporte aéreo y los residuos sólidos ocupan los lugares 10 y 11 y son de incumbencia estatal. Siguiendo las tendencias del crecimiento de la población y la actividad aérea, ambas emisiones deberán aumentar en el tiempo y el estado tendrá que analizar las medidas que sustituyan el jet kerosene y que aprovechen el biogás en los sitios de disposición final. Con excepción de la fuente 12 y parte de las 14 y 16, todas las demás emisiones son de jurisdicción estatal.

Las fuentes que se encuentran al final de la tabla son las de menor importancia, pero en su mayoría tienen un carácter estatal. Las primeras 20 fuentes de emisión que aparecen en la tabla son responsables del 97% del total de las emisiones. Muchas son de competencia federal. Se aclara que para esta tabla no se considera el consumo de electricidad, tanto residencial/comercial/servicios como de los consumos para la producción manufacturera. Las emisiones del consumo eléctrico se consideran incluidas dentro de la industria productora de energía eléctrica del estado.

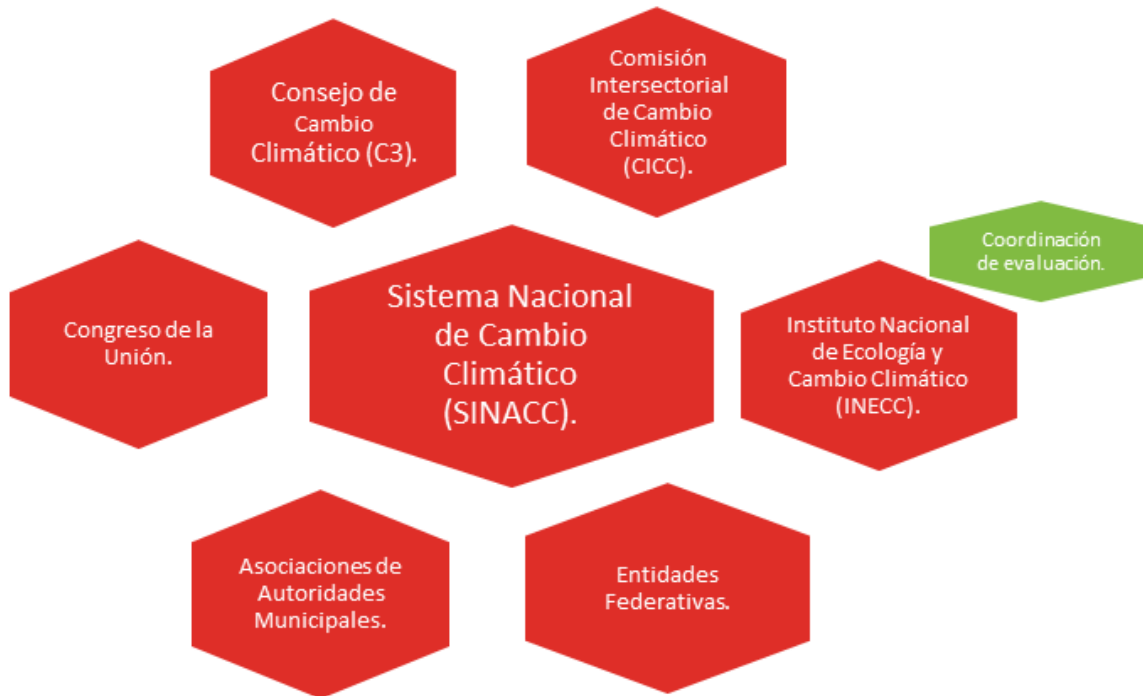
Pilares de la política nacional de cambio climático

Para el año 2015, el principal instrumento de operatividad de la Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) con la que cuenta el país es la Ley General de Cambio Climático (LGCC), dicha normatividad determina las facultades y obligaciones de los tres niveles de gobierno, además de establecer los mecanismos institucionales para enfrentar el reto, siendo la Federación la instancia encargada de dirigir y coordinar la política, tal y como lo establece el

artículo 7 de la LGCC. Para coordinar de manera efectiva a los diferentes órdenes de gobierno, la ley prevé en su artículo 38, la integración de un Sistema Nacional de Cambio Climático (SINACC), dicho sistema debe procurar sinergias que permitan establecer acciones prioritarias de mitigación y adaptación.

Por su parte el artículo 40 establece que el SINACC se conforme por el Congreso de la Unión, el Consejo de Cambio Climático (C3), la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC), el Instituto de Ecología y Cambio Climático (INECC), las entidades Federativas y las asociaciones de autoridades municipales, tal y como se observa en la figura 2.

Figura 2. Sistema Nacional de Cambio Climático-2021



Fuente: Marco Institucional del Sistema Nacional de Cambio Climático. México, 2021

Dentro de la fase de *planeación e implementación* se prevé que el SINACC sea ejecutado por la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC; 2013) que comanda el ejecutivo federal y ésta a su vez se conformará por el Programa Especial de Cambio Climático (PECC) a cargo del Ejecutivo Federal y los programas estatales, estos últimos deben ser subsistemas coherentes y coordinados al PECC para dar operatividad al SNCCI.

Para el caso hidalguense, la ley sobre la materia a nivel local prevé que se cuente con una Comisión Intersecretarial de Cambio Climático en Hidalgo (CICCH) a cargo del Ejecutivo Estatal y dicha organización será la instancia encargada de dirigir y coordinar la PNCCI en el Estado de Hidalgo, tal como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Subsistema de cambio climático para el Estado de Hidalgo-2021



Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la Ley Estatal de Mitigación y Adaptación ante los efectos del Cambio Climático y el SINACC. México, 2021

De manera paralela, los 84 ayuntamientos deberán contar con Programas Municipales acorde a sus respectivas realidades, espacios geográficos y necesidades ambientales, siguiendo la línea de la EEMACCH. Esto implica que la gestión del programa estatal requiera de múltiples acciones y decisiones que pueden ser potencializadas mediante el aporte de una buena comunicación entre la Comisión Intersectorial del Cambio Climático del Estado de Hidalgo con las diferentes instituciones estatales y municipales encargadas de implementar el programa.

Es decir, si se parte del supuesto de que los ayuntamientos conozcan la Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático de Hidalgo (EEMACCH) y que cuenten con programas de CC con objetivos claros y encausen bien sus acciones de comunicación para la sensibilización, concientización y motivación social para hacer frente a las causas del problema, sin duda alguna se incrementará la probabilidad de mitigación y adaptación, otorgando con ello mayores oportunidades a los hidalguenses de prevenir éste fenómeno, adaptarse a él y, controlar sus impactos.

Integración de la metodología por municipio.

(Guía de integración del Plan de Mitigación y adaptación ante el cambio climático).

Bajo estos elementos se construyeron las bases de emisión de los 84 municipios del estado de Hidalgo. Las cuales tienen el siguiente orden, y en este caso solo presentamos el ejemplo para el municipio de Pachuca de Soto.

Mapa 1 Localización del municipio.



A la palabra Pachuca se le ha dado varios significados etimológicos. Algunos dicen que viene de 'Pachoa', que significa -estrechez o apertura-; otros aseguran que procede de 'Pachoacan', que significa -lugar de gobierno-; otros afirman que es 'Patlachiucan', concebido como -lugar de fábricas- y otros más aseguran que significa -lugar de lágrimas-.

Otras fuentes afirman que 'Patlachi' es -gobernar- y 'Can'-lugar-, por lo que quedaría como Lugar en donde se ejerce la acción de gobernar; de igual manera se le señala que significa Lugar en plata y oro.

Sin embargo, existe una gran controversia en cuanto al verdadero significado de la palabra Pachuca, pero aquí plasmamos algunos de estos significados y de quienes nos brindan diversas acepciones:

Baltazar Medina, en su 'Crónica de la Santa Provincia de San Diego' publicada en 1682, señala que algunos habitantes de este lugar, decían que Pachuca es del nombre 'Pachoacan', que significa lugar de regimiento, aunque con algún barbarismo en el idioma mexicano; porque habría de decirse Tepeachoacan.

El Dr. Horacio Rubio, señala otros significados diferentes, tales como lugar de llanto, que se deriva de la raíz. 'Choctia', que significa -hacer llorar- y 'Can' de -locativo-.

Otro, es el de lugar donde se hacen medicamentos de Patli, que significa medicina, 'Chihua'-preparar o hacer- y el -locativo-'Can', finalmente añade que la palabra de 'Patlani', -lo que vuela- y 'Chihua', -hacer o lugar donde se hacen objetos que vuela-.

Sin embargo, lo que puede tener importante apoyo, es el sobrenombre para la ciudad de 'La Bella Airosa'; debido a los fuertes vientos que se filtran por las cañadas del norte.

Pachuca, ciudad capital de nuestro Estado de Hidalgo, le corresponden coordenadas de latitud norte 20°, 07' y 21', de longitud oeste 98°, 44' y 09', con una altura de 2,400 a 2,800 metros sobre el nivel del mar.

Sus colindancias son:

Al norte, con Mineral del Chico y con Mineral del Monte; al sur, con Zempoala y Zapotlán de Juárez; al este, con Mineral de la Reforma y Epazoyucan, y al oeste, con San Agustín Tlaxiaca.



Fuente: elaboración propia con base a <http://inegi.org.mx/mapas/pdf/entidades> e información del Sistema de Información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH y la EEMACCH, <http://cambioclimatico.semarnath.gob.mx/subPaginas/subIndex/pag02EMACCH.html>. México, 2020.

Tabla 1. Pachuca de soto generación de GEI municipal

GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	GRADO DE CONTAMINACIÓN (Cuantiles*)	TOTALES (Toneladas/Año)
PM	57.21	482.683
SO ₂	30.28	237.415
CO ₂	81.86	148847.750
NO _x	80.03	13428.763
CH ₄	60.13	29346.629
N ₂ O	76.73	46817.931

***Nota:** Los cuantiles son una medida estadística descriptiva de la información analizada, donde cada cuantil, representa el 25 por ciento hasta sumar cien. Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2019.

La capital hidalguense produce todos los GEI; en una escala basada en cuantiles, resalta por su mayor proporción el bióxido de carbono, seguido de óxidos de nitrógeno, y el óxido de nitroso, los tres gases, por el cuantil en que se ubican cuentan con un nivel de producción de “muy alto impacto ambiental”. Las fuentes de GEI en Pachuca, son diversas, mismas que se desglosan en las siguientes tablas y gráficos.

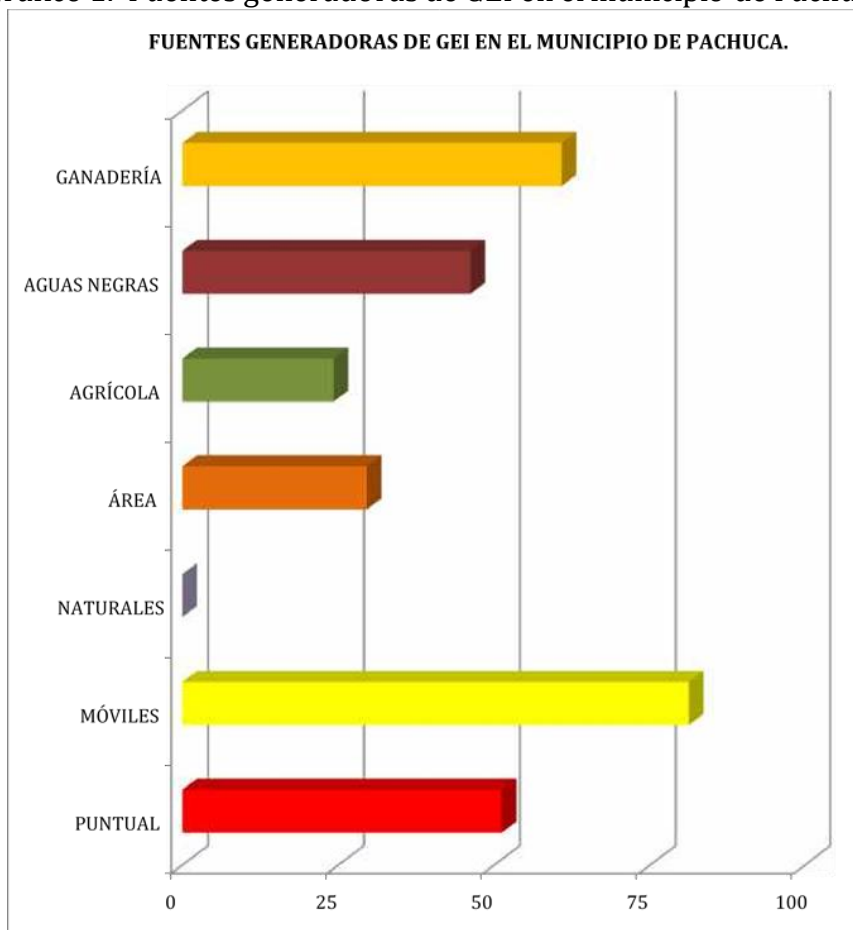
Tabla 2. Fuentes principales de la generación de GEI a nivel municipal

FUENTES GENERADORAS DE GEI	GRADO DE CONTAMINACIÓN (Cuantiles)
Puntual (Generación de energía eléctrica, industrias química, de cemento y cal, metalúrgica, automotriz, petróleo y petroquímica, textil y producción de bienes a base de minerales no metálicos)	51.21
Vehículos automotores	81.22
Fuentes naturales (Biogénicas)	0.00
Fuentes por áreas productivas y de servicios	29.60
Agrícola (Hectáreas con sustancias químicas, quema controlada, irrigadas con aguas negras y uso de maquinaria agrícola)	24.26
Aguas negras	46.20
Cabezas de ganado mayor, menor e industria avícola	60.81

Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

La actividad creada por los vehículos automotores genera la mayor cantidad de GEI en el municipio, esto implica el uso de vehículos a gasolina, diésel y gas LP. Otra actividad que se presenta con un grado de importancia de prevención es la actividad ganadera, pues destaca en este municipio por la producción de gases derivados de las excretas de los animales.

Gráfico 1. Fuentes generadoras de GEI en el municipio de Pachuca.



Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

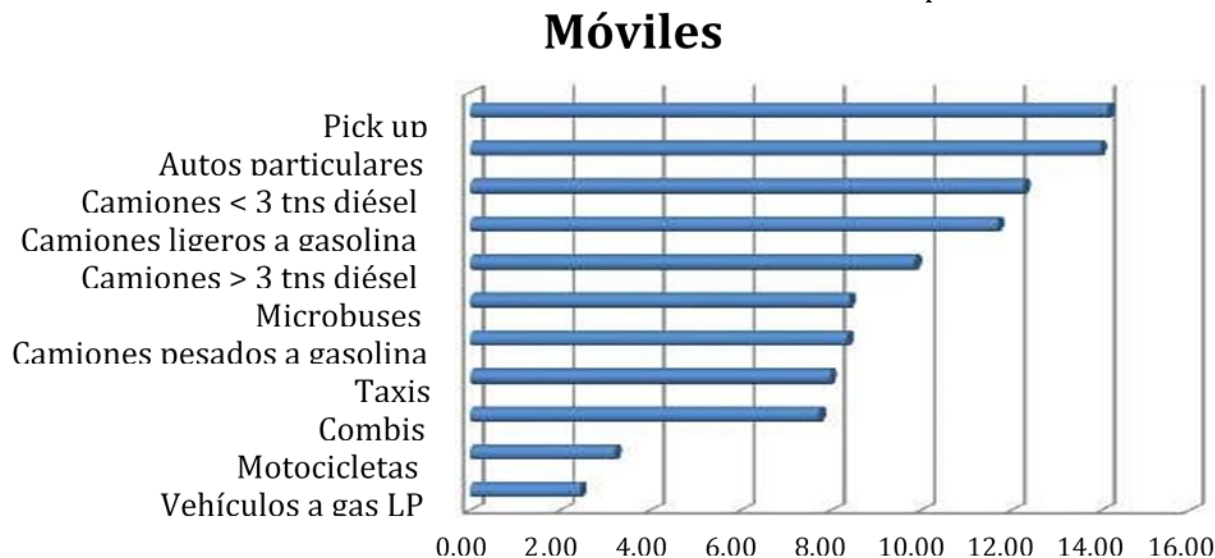
Tabla 3. Fuentes de GEI en el municipio por vehículos automotores

2° PRODUCCIÓN DE GEI POE VEHÍCULOS AUTOMOTORES	CONTAMINACIÓN (Cuantiles)
Autos particulares	13.97
Taxis	7.97
Vehículos de transporte de mayor a 5 y menor de 15 usuarios	7.73
Microbuses	8.40
Pick up	14.15
Camiones ligeros a gasolina	11.68
Camiones pesado a gasolina	8.34
Camiones menores de 3 toneladas diésel	12.26
Camiones mayores de 3 toneladas diésel	9.85
Vehículos a gas LP	2.43
Motocicletas	3.21

Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

La mayor fuente productora de GEI, son los vehículos automotores, para este trabajo agrupa a los vehículos que utilizan gasolina, gas LP y diésel como combustible. En Pachuca, los vehículos tipo Pick Up son los mayores generadores de GEI, seguido por los vehículos particulares.

Gráfico 2 Emisiones de GEI de fuentes móviles en el municipio de Pachuca.



Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

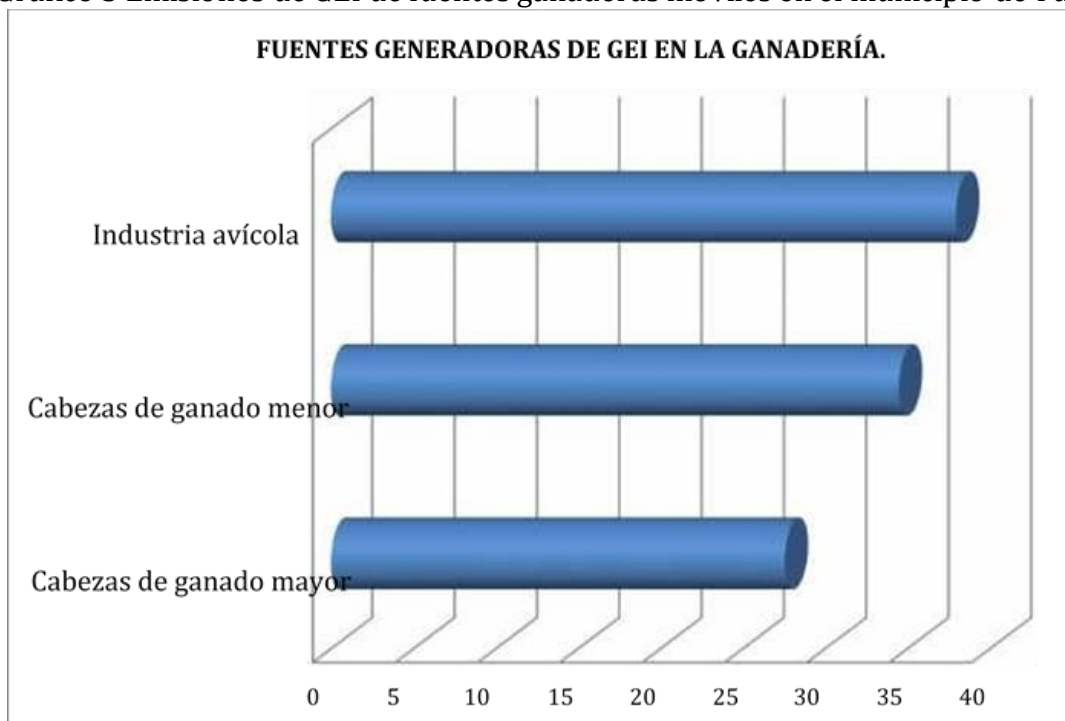
Tabla 4. Fuentes de GEI en el municipio

FUENTES GENERADORAS DE GEI EN LA GANADERÍA	GRADO DE CONTAMINACIÓN (Cuantiles)
Cabezas de ganado mayor	28.17
Cabezas de ganado menor	34.28
Industria avícola	37.55

Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

La segunda fuente productora de GEI, es la actividad ganadera, para este trabajo agrupa el número de cabezas, sin distinción de su propósito (producción de carne o leche), lo mismo que en la industria avícola (producción de carne o huevo), solo se cuantificó el número de animales en pie. En Pachuca de Soto, la industria avícola resulta la mayor generadora de GEI, seguida del ganado menor que cuantifica al ganado porcino, caprino y ovino.

Gráfico 3 Emisiones de GEI de fuentes ganaderas móviles en el municipio de Pachuca.



Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

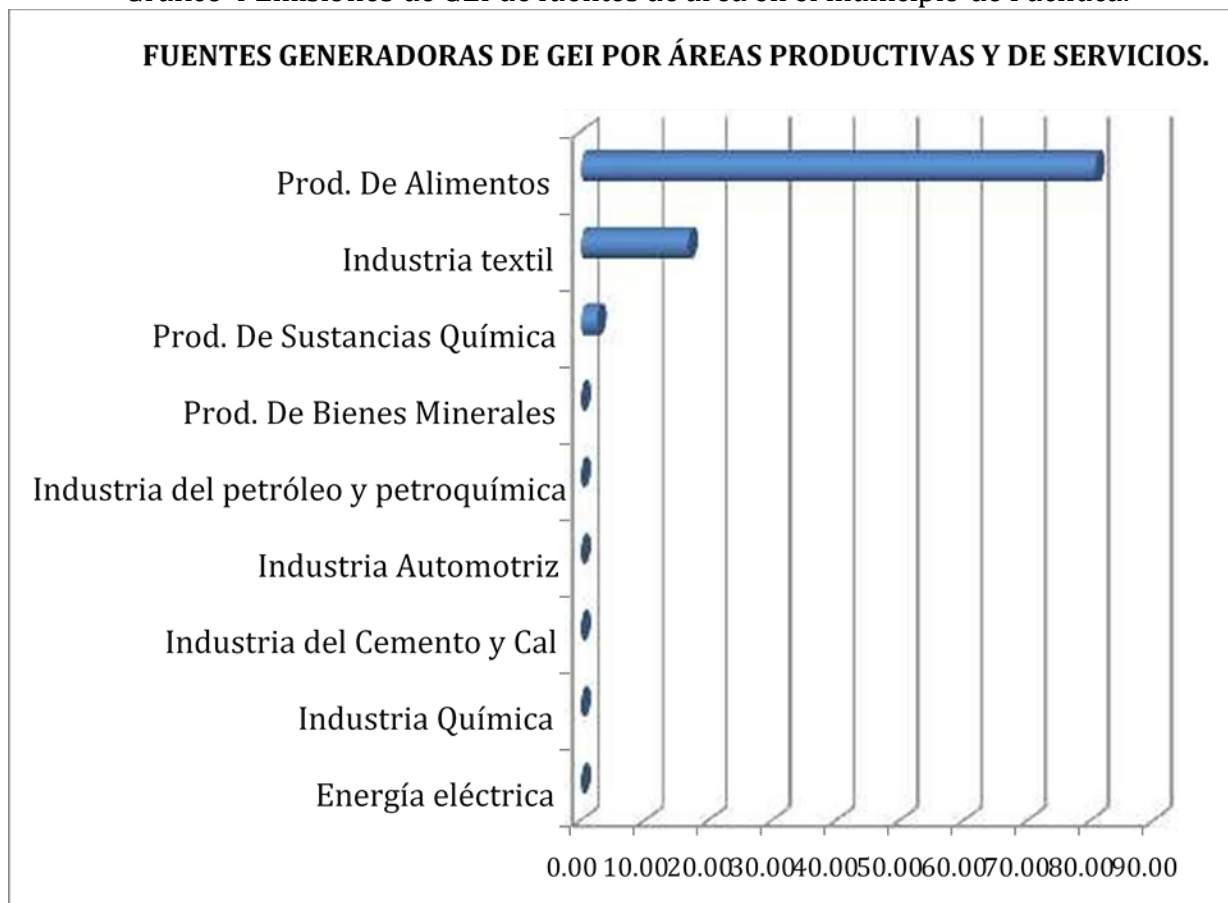
Tabla 5. Fuentes de GEI en el municipio por áreas productivas y de servicio

FUENTES GENERADORAS DE GEI POR ÁREAS PRODUCTIVAS Y DE SERVICIOS	PROPORCIÓN (CUANTILES)
Energía eléctrica.	0.00
Industria química.	0.00
Industria del cemento y cal.	0.00
Industria del petróleo y petroquímica	0.00
Producción de bienes minerales	0.00
Producción de sustancias químicas	2.48
Industria textil	16.82
Producción de alimentos	80.70

Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

Los GEI derivados de las actividades de la industria textil generan gases, pero su monto es inferior a los GEI producidos por la producción de alimentos. En Pachuca, la producción de alimentos se convierte en un problema que requiere atención inmediata.

Gráfico 4 Emisiones de GEI de fuentes de área en el municipio de Pachuca.



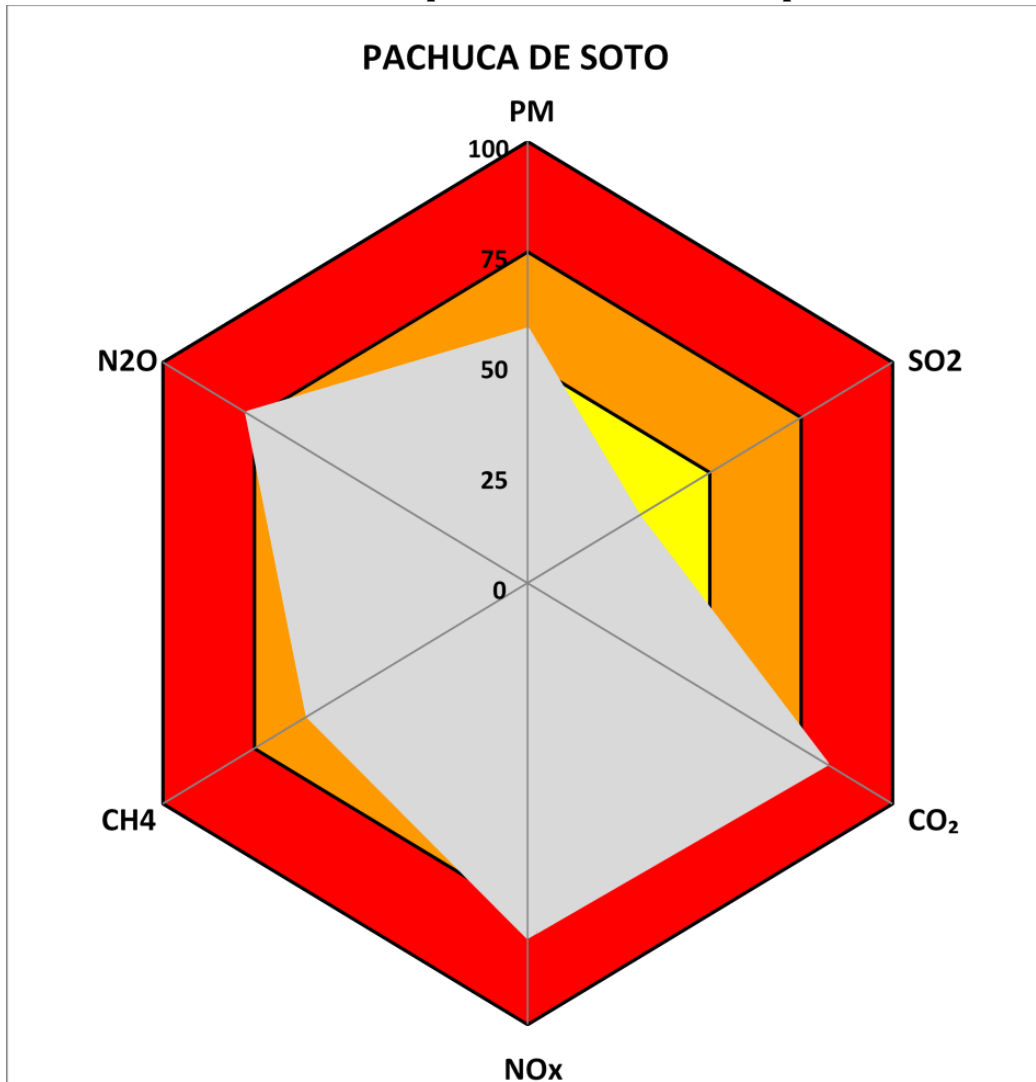
Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

El municipio de Pachuca de Soto, tiene el nivel de GEI más alto en los gases de Bióxido de Carbono, óxido de nitrógeno y óxido nítrico, todos ubicados en la escala ambiental de “muy alto impacto”, esto es producto de los vehículos automotores, la industria avícola y la producción de alimentos principalmente, tales fuentes, requieren de una intervención inmediata para que los niveles de producción no se vuelvan críticos.⁵

⁵ Información tomada del libro: *Metodología para la construcción de la Estrategia de Mitigación y Adaptación a nivel municipal: el caso del estado de Hidalgo, México. Elaborado por López P.S, Juna Bacilio Guerrero Escamilla (et. al.). Editorial del Congreso del Estado de Hidalgo-UAEH. México, 2021. Pp848.* En este, además se encuentran los 84 municipios de Hidalgo, bajo el mismo esquema de análisis y que son la base de la elaboración de la estrategia a nivel municipio. Consultado en junio de 2021.

Gráfico 5 Resumen de GEI en emisiones globales por tipo de GEI en el municipio de Pachuca, Hidalgo.

Escala de GEI producidos en el municipio



Nota: El color rojo representa el nivel “muy alto impacto ambiental” por la producción de GEI; el color naranja señala “alto impacto ambiental”; el color amarillo es “moderado impacto ambiental”; y el color verde es el nivel de “bajo impacto ambiental”.

Fuente: Elaboración propia, con base en el Sistema de información de la Agenda Ambiental de Transversalidad del PEACCH-UAEH 2021.

Conclusiones

El CC está relacionado directamente con los diversos procesos de industrialización y de los gases emitidos por el uso de energías fósiles y otros elementos de origen antropogénico. De esta forma, diversas iniciativas lograron integrar entidades de colaboración a nivel internacional, tomando acuerdos básicos y creando instancias de decisión como el IPCC y diversos foros. El gobierno de México se integró y ha firmado los diversos acuerdos y convenios de este grupo, por lo cual diseñó las diversas leyes y reglamentos para hacer

efectiva dichas intenciones. De ahí que, con fundamento en la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos, se diseñó la Ley General de Cambio Climático, la cual dio pauta para la Ley de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático para el Estado de Hidalgo. Esta Ley, señala todos los elementos de operación para incidir sobre diversos eventos que impacten sobre la mitigación o reducción de la temperatura. Por lo cual debe construirse una política pública que corresponda a las condiciones ambientales, de emisiones de GEI, institucionales y reglamentarias para el estado de Hidalgo, que dé cuenta de los acuerdos internacionales para la incidencia sobre el CC.

De ahí que, el punto de partida debe ser el diseño del Plan Estatal de Acciones para el Cambio Climático (PEACCH), el cual señal las grandes líneas de trabajo, el comportamiento de la temperatura, los efectos sobre el territorio de Hidalgo, las proyecciones del incremento de temperatura, la huella ecológica, las grandes fuentes de emisiones de GEI y el inventario de emisiones. Un segundo estudio debe ser la Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático en Hidalgo (EEMyACCH), el cual armonizará en forma operativa la legislación sobre cambio climático en Hidalgo, definió las instancias institucionales y construyó la estrategia de mitigación y adaptación por municipios y regiones, los recursos, las acciones de mayor impacto y la jerarquización de prioridades, sustentado en un modelo propio e innovador para la determinación y actualización del Inventario de GEI, y el modelo de riesgo para la definición de la vulnerabilidad y la jerarquización de regiones, municipios y áreas de impacto para la definición de niveles de resiliencia de los Sistemas de vulnerabilidad (S1, S2, S3). Con la integración de todos los elementos señalados anteriormente y los diversos hallazgos derivados de la aplicación de los dos modelos, se debe construir la Estrategia de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático en el estado de Hidalgo, la cual se construye con base al algoritmo que sustenta el Sistema de Información de Impacto Ambiental. Bajo estos elementos, los cuales conforman la ruta crítica que deben seguir las acciones que incidan sobre las fuentes más importantes de aporte de GEI. Las cuales incluyen la jerarquización del tipo de GEI, las fuentes, el sector, su geolocalización, los volúmenes y la población que está relacionada y expuesta en esos mismos espacios y territorios. Esta guía integra también a los actores principales de las localidades, tipo de recursos dispuestos, ordenes, leyes y reglamentos en los cuales se deben ajustar y las responsabilidades que a cada autoridad le correspondan. Bajo esta metodología se podrá incidir con certeza y bajo elementos científicos para la mitigación de GEI locales, así como al definir la población vulnerable, se podrán fortalecer los sistemas más precarios de esas comunidades humanas. Con ello se integra la estrategia de mitigación y adaptación ante el cambio climático a nivel municipal, el cual ha sido la experiencia en el estado de Hidalgo y dirigido por la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Referencias

Aguilar, G. coord. (2004). Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países, México, Cámara de Diputados-LIX Legislatura, Universidad Autónoma de México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Miguel, Ángel Porrúa.

Aimar, H. (2013). “Matemáticas Aplicadas Ecuaciones en Derivadas Parciales”. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.

ANAM (2000). Vulnerabilidad al cambio climático y medidas de adaptación. Primera comunicación Nacional sobre cambio climático. Ministerio de ambiente de Panamá.

Anderson, J. (2011). "The Gravity Model". Annual Review of economics, vol.3. Boston Colege, Chestnut Hill, MA 02467. USA.

Barber, H. (2008). "Medidas de mitigación de cambio climático y su impacto en el empleo. Un abordaje desde el enfoque del género". Facultad de Ciencias Exactas e Ingeniería. Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.

Bonilla, J. (2012). "Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático". Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, México.

González, J. (2012). El CO2 y los gases de efecto invernadero: reto de México y sus empresas. KPMG cutting through complexity. International Cooperative, México DF.

Gottmann, J. (1961). Megalópolis: El noreste de Seaboard urbanizada de los Estados Unidos. Nueva York: El Fondo del siglo XX, 1961.

Gottmann, Jean. Megalopolis: The Urbanized Northeastern Seaboard of the United States. New York: The Twentieth Century Fund.

Gutiérrez, M. (2014). Escenarios de mitigación del cambio climático en el Perú al 2050. Proyecto de Planificación ante el Cambio Climático del Perú. Lima, Perú.

ICDS. (2010). La comunicación para el desarrollo ante los efectos del cambio climático, manejo de recursos naturales, gestión del riesgo y seguridad alimentaria. Iniciativa de comunicación para el desarrollo sostenible. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

IPCC (1996). Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático. Grupo intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Documento preparado bajo los auspicios del Grupo de Trabajo II del IPCC, copresidido por el Dr. Robert T. Watson, de Estados Unidos, y el Dr. M. C. Zinyowera, de Zimbabwe.

IPECC (2014). Cambio Climático 2014, impactos, adaptación y vulnerabilidad; resumen para responsables de políticas. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático 2014.

Jong, B. y Masera, O. (2002), Uso de suelo, cambio de uso de suelo y bosques. Preparado para el Instituto Nacional de Ecología, SAGARPA, México, DF.

Ledesma J. y Morelos J. Coords. (2006). "Población, Ciudad y Medio Ambiente en el México Contemporáneo", México, El Colegio De México.

López, S. (2007). Compendio del Estado de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. México.

López, S. (2010). "Situación actual de la producción del café en el estado de hidalgo: el caso de la zona Otomí-Tepehua como un paradigma sin resolver". Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. México.

López, S. (2010). Diagnóstico sociodemográfico de la Megalópolis de la zona centro del país. México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

López, S. (2010). Diagnóstico sociodemográfico sobre la composición de la violencia y la delincuencia para establecer el Plan Rector de Prevención de la Delincuencia en el Estado Hidalgo. México. Consejo de la Judicatura, Tribunal Superior d Justicia del Estado de Hidalgo.

López, S. (2010). Sistema de Información para el rescate de espacio públicos (SIPREP). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

López, S. (2011). El café en el estado de Hidalgo. Diagnóstico regional de la zona Otomí-Tepehua. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

López, S. (2012). El café en el estado de Hidalgo. Diagnóstico regional de la producción d café en Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

López, S. y Bass, S. (2015). “Funcionamiento de las megalópolis de la zona centro del país y su proceso de transición”. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. México.

López P.S, Juan Bacilio Guerrero Escamilla (et. al.). Metodología para la construcción de la Estrategia de Mitigación y Adaptación a nivel municipal: el caso del estado de Hidalgo, México. Elaborado por Editorial del Congreso del Estado de Hidalgo-UAEH. México, 2021. Pp848.

López P.S, Juan Bacilio Guerrero Escamilla (et. al.), Procesos de integración de las zonas metropolitanas a la megalópolis de México. México. Elaborado por Editorial del Congreso del Estado de Hidalgo-UAEH. México, 2021. Pp326.

López P.S, Juan Bacilio Guerrero Escamilla (et. al.), México. Elementos para la construcción de una Agenda Megalopolitana: el caso de México. Elaborado por Editorial del Congreso del Estado de Hidalgo-UAEH. México, 2021. Pp146.

Magaña, V. (2005). “Informe Final del proyecto. Elaboración de la Estrategia de Implementación del Programa de Modelación del Clima”. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Autónoma de México. México.

Magaña, V. y Gay, C. (2012). Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, social y económicos. Estudios realizados para el Instituto Nacional de Ecología por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Manual de ciudadanía ambiental global. Cambio climático.

Mendenhall, W. (2008). “Estadística Matemática con Aplicaciones”. Edit, CENGAGE Learning. Estados Unidos.

MMA. (2010). Género y cambio climático en México: en donde está el debate. Mujer y Medio Ambiente, A.C.

Molina, Mario. (2013). “Cambio Climático: ¿Qué es el cambio climático?” visto en <http://centromariomolina.org/cambio-climatico/temas/educacion-en-cambioclimatico/>. (10 de mayo de 2016).

Muños, G. (2014). Reflexiones sobre las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en el sector agropecuario. El Colegio de la Frontera Norte. Tijuana, Baja California.

Negrete, M. y Salazar, H. (1986). “Zonas metropolitanas en México, 1980”, Estudios Demográficos y Urbanos, vol. 1, núm. 1<, pp. 97-124.

Oliver, L. (2013). La corrupción burocrática en México; Pachuca de Soto, Hidalgo como estudios de caso. Tesis de maestría no publicada. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

ONU-REDD (2013). Sistema Nacional de Monitoreo Forestal en el Contexto REDD. UN-RED Programme. Ortiz, B. y Vázquez L. (2010). Gestión Pública transversal ante el cambio climático y conceptos en materia de detección y atribución. Instituto Nacional de Ecología, México, DF.

PEACCH (2013). Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.

Sobrino, J. (2003a). "Competitividad de las ciudades en México", México, El Colegio De México.

Sobrino, J. (2003b). "Urbanización y localización de las actividades económicas en la región centro del país, 1980-1998", en Sociológica, año 18, número 51, enero-abril de 2003, UAM, México, pp.99-127.

Stern, C. (1979). Las migraciones rural-urbanas, Serie: Cuadernos del CES, No. 2, COLMEX.

Tuirán, R. (2000). "Tendencias Recientes de la movilidad territorial en algunas zonas metropolitanas de México", en La situación demográfica de México, CONAPO, México, 145-158.

Tuirán, R.; Partida V. y Ávila J. (2000). "Las causas de la migración hacia Estados Unidos" en Rodolfo Tuirán (coord.) Migración México Estados Unidos. Presente y futuro, CONAPO, México, 2000, pp. 29-34.