ICLEI
Gobiernos Locales por la Sustentabilidad
Secretariado para México, Centroamérica y el Caribe

CHIHUAHUA
Juntos, una mejor ciudad
GOBIERNO MUNICIPAL 2018-2021

PACMUN
Plan de Acción Climática Municipal®



Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)

Municipio de Chihuahua 2019

H. AYUNTAMIENTO de CHIHUAHUA

2018 – 2021

MTRA. MARIA EUGENIA CAMPOS GALVAN
Presidenta Municipal Constitucional

ING. GABRIEL MARTIN VALDEZ JUAREZ
Director de Desarrollo Urbano y Ecología

ING. DIANA GONZALEZ LOPEZ
Subdirectora de Ecología

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO MUNICIPIO DE CHIHUAHUA 2019

Primera edición: noviembre de 2019
H. Ayuntamiento de Chihuahua
Av. Independencia 209, Centro.
C.P. 31000 Chihuahua, Chih.

"Este documento se redacta en masculino genérico, pero considera la perspectiva de género."

Queda prohibida su reproducción parcial o total sin la previa autorización del H. Ayuntamiento de Chihuahua.

Responsables de la elaboración:

Coordinador Técnico del Proyecto:
M. C. Danielle Yvette Arias Hogg

Consultor participante:
Ing. Francisco Javier Martínez Rizo

Apoyo técnico:
M. en I. Paulina Soto (ICLEI)

INDICE de CONTENIDO

		Pág.
1.	INTRODUCCION	01
2.	METODOLOGIA	05
3.	CATEGORIAS PRINCIPALES DE EMISIONES DE GEI	06
4.	INVENTARIO DE GEI DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA	15
5.	ANALISIS POR CATEGORIA	17
	5.1 Energía	
	5.2 Procesos Industriales y Uso de Productos	
	5.3 Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra	
	5.4 Desechos	
6.	IDENTIFICACION DE FUENTES CLAVE	28
7.	CONSIDERACIONES FINALES	31
A.	FUENTES DE INFORMACION Y REFERENCIAS	33
B.	AGRADECIMIENTOS	34
C.	GLOSARIO	36

1. INTRODUCCIÓN

El incremento potencial en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, dan origen al problema del calentamiento global y con ello al cambio climático.

Con el fin de evitar que la temperatura promedio de la Tierra aumente más de 2°C durante este siglo, y como parte de los compromisos adquiridos por México en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, se comprometió a reducir el 22 % de sus emisiones de gases de efecto invernadero al 2030 y 51 % respecto a sus emisiones de carbono negro. La reducción de gases de efecto invernadero, se conseguirá a través del compromiso de los diferentes sectores participantes, de acuerdo con las metas siguientes: transporte 18 %, generación eléctrica 31 %, residencial y comercial 18 %, petróleo y gas 14 %, industria 5 %, agricultura y ganadería 8 % y residuos 28 %.

Para lograr el cumplimiento de esos objetivos, se debe conocer el porcentaje total de las emisiones, lo cual se logrará con la elaboración del inventario de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Un informe que resulta de una serie de cálculos mediante los que se determinan las fuentes de emisiones de GEI, los tipos y cantidad de gases emitidos. Su importancia radica en ser el instrumento base que permite al municipio conocer qué tipo de emisiones se generan en su territorio y de qué sectores.

El inventario de GEI a nivel municipal, es componente fundamental del Plan de Acción Climática Municipal® (PACMUN®).

Gases de Efecto Invernadero

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son definidos por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) como:

> *"los gases integrantes de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera, y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), metano (CH_4), y ozono (O_3) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además, existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO_2, N_2O, y CH_4, el*

Protocolo de Kioto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC).”

Los GEI tienen un potencial de calentamiento global (PCG) que se define como “*el forzamiento radiactivo acumulado de las emisiones de una masa unitaria de gas en relación con un gas de referencia (CO_2), considerando tanto los efectos directos como de los indirectos, en un horizonte de tiempo especificado”* (IPCC 1996).

Para medir el potencial de calentamiento global (PCG) el gas de referencia es el dióxido de carbono. Con base en lo anterior, a continuación, se presentan los principales GEI definidos por el IPCC con su Potencial de Calentamiento Global convertidos a CO_2 eq.

Gas de Efecto Invernadero	Valor de PCG (5º Informe de Evaluación del IPCC)	Gas de Efecto Invernadero	Valor de PCG (5º Informe de Evaluación del IPCC)
Dióxido de carbono (CO_2)	1	HFC-134 ($C_2H_2F_4$)	1,120
Metano (CH_4)	28	HFC-134ª (CH_2FCF_3)	1,300
Óxido nitroso (N_2O)	265	HFC-143 ($C_2H_3F_3$)	328
Hexafloruro de azufre (SF_6)	23,500	HFC-143 a ($C_2H_3F_3$)	4,800
Tetrafluoruro de carbono (CF_4)	6,630	HFC-152 a ($C_2H_4F_2$)	138
Hexafluoroetano (C_2F_6)	11,100	HFC-227ea (C_3HF_7)	3,350
HFC-23 (CHF_3)	12,400	HFC-236fa ($C_3H_2F_6$)	8,060
HFC-32 (CH_2F_2)	677	HFC-245ca($C_3H_3F_5$)	716
HFC-41 (CH_3F)	116	Trifluoruro de nitrógeno (NF_3)	16,100
HFC-125 (C_2HF_5)	3,170		

(5º Informe de Evaluación, IPCC)

Para poder implementar medidas efectivas para la reducción de GEI, es necesario medir cuál es la situación actual en la emisión de GEI en el área que se desea analizar. Es por ello que se elabora un inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Para elaborar el cálculo de las emisiones de GEI emitidas para la elaboración de un inventario de GEI, actualmente se agrupan en las siguientes cuatro categorías definidas por el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y presentadas en el documento Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero:

- Energía.
- Procesos Industriales y Uso de Productos.
- Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra (AFOLU por sus siglas en inglés).
- Desechos.

Para elaborar el inventario de emisiones GEI, es necesario tener claros los siguientes conceptos:

1. **Datos de actividad:** Información respecto de la magnitud de las actividades humanas que dan lugar a las emisiones o absorciones que se producen durante un periodo determinado.

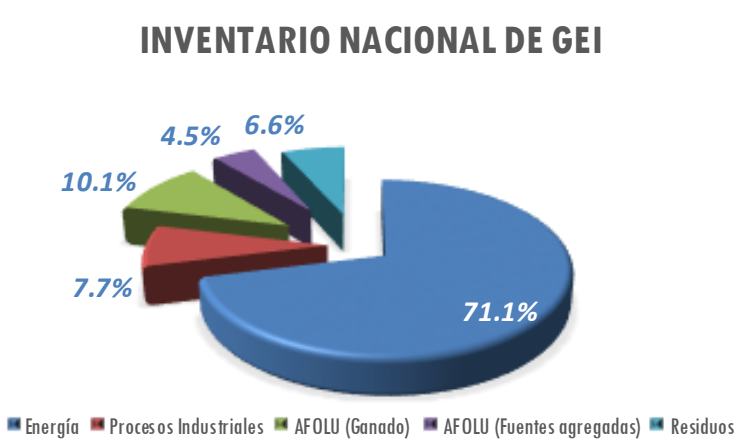
2. **Año base:** Es el año para el cual se realiza el inventario de emisiones de GEI. Para efectos del inventario del PACMUN® Chihuahua 2019, se definió el 2015 como año base para la solicitud, búsqueda de información y cálculos.

3. **Factor de emisión:** Es el coeficiente que permite que una actividad se pueda expresar en GEI, es decir para cada actividad (energía, industria, ganadería, transporte, etc.) existe un coeficiente que al aplicarlo, dará su equivalencia en términos de GEI. Los factores de emisión empleados para este cálculo son los establecidos por el Grupo Intergubernamenteal de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) definidos en el documento *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

4. **Garantía de calidad:** Las actividades de garantía de la calidad comprenden un sistema planificado de procedimientos de revisión a cargo de personal que no participa directamente en el proceso de compilación y preparación de los inventarios. En relación a esto, para el Inventario GEI Chihuahua, se llevaron a cabo revisiones por parte de consultores expertos en el tema, representantes de la Dirección de Desarrollo Urbano y Ecología del municipio de Chihuahua, así como la revisión y validación por parte del ICLEI Gobiernos Locales por la Sustentabilidad.

5. **Categoría principal de fuentes claves:** Es aquella categoría que tiene prioridad en el sistema del inventario porque su estimación influye en gran medida en el inventario total de GEI, respecto al nivel absoluto de emisiones, la tendencia de las emisiones o ambas. Para el presente inventario de emisiones GEI, las categorías utilizadas son las cuatro definidas en les Directrices del IPCC 2006 y que se indicaron con anterioridad: Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos, Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, y Desechos.

Con base en lo anterior, en el siguiente gráfico se presentan los resultados del **Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015** [1], realizado con base en las Directrices del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático en su edición 2006, a fin de cumplir con los estándares internacionales más actualizados y con los lineamientos de la Ley General de Cambio Climático.



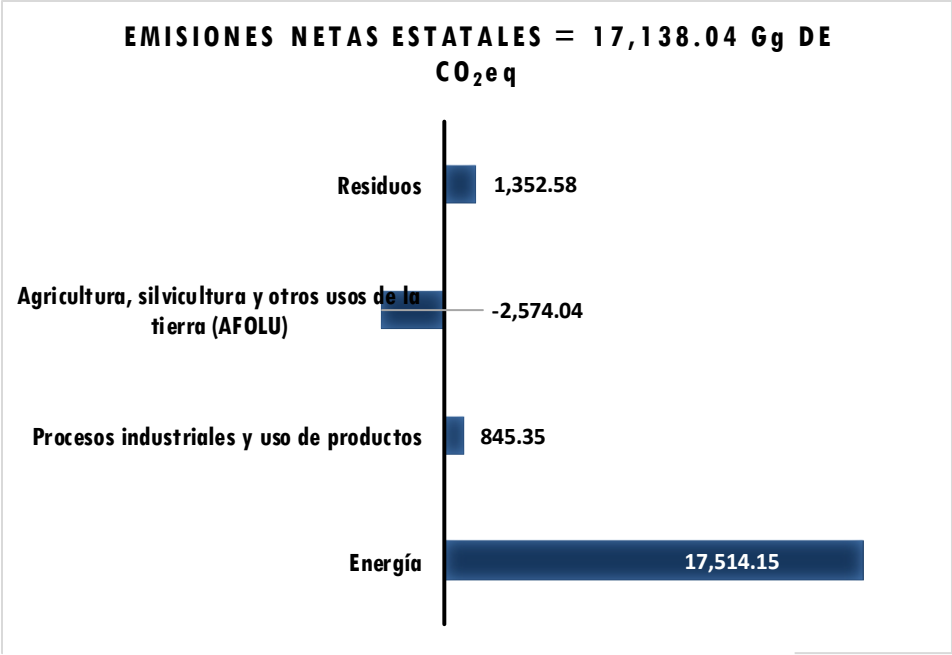
Emisiones Totales de Gg de $CO_2eq = 699,564.3$

(6a Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2018)

De igual manera, es importante incluir a continuación datos de emisiones netas estatales del **Inventario de Gases de Efecto Invernadero en el Estado de Chihuahua** tomando como año base el 2015, publicado en el 2019.

Cabe resaltar que en la fuente Tierra, existe una generación de GEI negativa, debido a la existencia en el estado de Chihuahua de un gran territorio de tierras forestales y praderas, generando con ello un sumidero de carbono bastante significativo representando un total de 12,741.69 Gg de CO_2 eq.

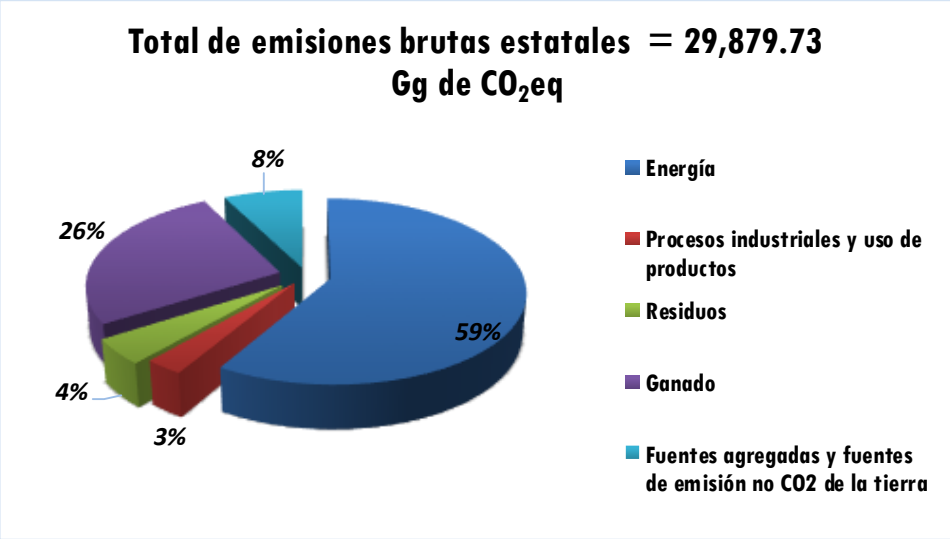
Si se consideraran únicamente las emisiones brutas estatales, es decir, todas aquellas fuentes de generación de emisiones de GEI (sin incluir Tierra), el



(Programa Estatal de Cambio Climático Chihuahua 2019)

[1] Comprende las estimaciones de las emisiones por fuentes y sumideros para el periodo 1990-2015

total de emisiones GEI es de 29,879.73 Gg de CO_2 eq, mostrando la distribución de la contribución por fuente en la siguiente gráfica:



Con el fin de seguir los pasos de los esfuerzos nacional, estatal, así como de otros gobiernos locales alrededor del mundo, se presenta en el presente documento el Inventario de Gases de Efecto Invernadero del Municipio de Chihuahua elaborado durante el año 2019 con información definida para el año base 2015.

2. METODOLOGÍA

Existen diversas metodologías para la elaboración de un inventario de emisiones de GEI, sin embargo, la utilizada para la elaboración del inventario del PACMUN® de Chihuahua, es el establecido por el IPCC. Como se mencionó previamente, la metodología está basada en las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Dichas Directrices han sido mejoradas y adaptadas a través del tiempo. El PACMUN® Chihuahua elaborado en el año 2015 se basó en las Directrices de 1996.

Las Directrices de 2006 constituyen el último paso de la creación del IPCC de directrices sobre inventarios para las estimaciones nacionales de los GEI. En opinión de los autores, brindan las mejores metodologías por defecto de amplia aplicación y, como tales, resultan adecuadas para su uso mundial en la compilación de los inventarios nacionales de GEI. También son útiles en estimaciones basadas en proyectos de definición más limitada, como es el caso del municipio de Chihuahua, aunque se les debe utilizar con precaución, para garantizar que incluyan correctamente solo las emisiones y absorciones comprendidas dentro de los límites del sistema.

A diferencia de las Directrices 1996, las *Directrices del IPCC de 2006* presentan la Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra en un solo volumen, en vez de en dos volúmenes que incluyan a la agricultura, por un lado, y al cambio del uso de la tierra y a la silvicultura, por el otro. Ello facilita una mejor integración

de la información sobre el patrón de uso de la tierra y debe facilitar la utilización más coherente de los datos de la actividad (por ejemplo, la aplicación de fertilizantes), que afecta tanto a la agricultura como a otros usos de la tierra, y así reduce o evita la posibilidad del cálculo doble u omisiones de GEI.

Las Directrices del IPCC de 2006 incluyen, por primera vez, métodos para estimar las emisiones de la captura y el almacenamiento del CO_2, de modo que el efecto de estas tecnologías sobre la reducción general de las emisiones puede reflejarse correctamente en los inventarios de GEI.

3. CATEGORIAS PRINCIPALES DE EMISIONES DE GEI

Las categorías para la elaboración de un inventario de emisiones de GEI que identifica el IPCC en las Directrices 2006, se describen a continuación:

Energía:

Para la mayoría de las economías en el mundo, los sistemas de energía se basan en la combustión de los combustibles fósiles. Durante la combustión, el carbono y el hidrógeno de los combustibles fósiles se convierten principalmente en dióxido de carbono (CO_2) y agua (H_2O), que liberan la energía química del combustible en forma de calor. En general, se utiliza este calor directamente o (con cierta pérdida por conversión) para producir energía mecánica, muchas veces para generar electricidad o para el transporte.

El sector energético suele ser el más importante de los inventarios de emisiones de GEI y, comúnmente, aporta más del 90 % de las emisiones de CO_2 y 75 % del total de las emisiones de GEI de los países desarrollados. El CO_2 normalmente representa el 95 % de las emisiones del sector energético, mientras que el metano y el óxido nitroso son responsables del porcentaje restante. La combustión estacionaria normalmente representa un 70 % de las emisiones de GEI del sector energético. Alrededor de la mitad de estas emisiones se relaciona con la combustión de las industrias de la energía, principalmente de las centrales eléctricas y las refinerías. La combustión móvil (el tránsito terrestre y otro) provoca alrededor de un tercio de las emisiones del sector energético.

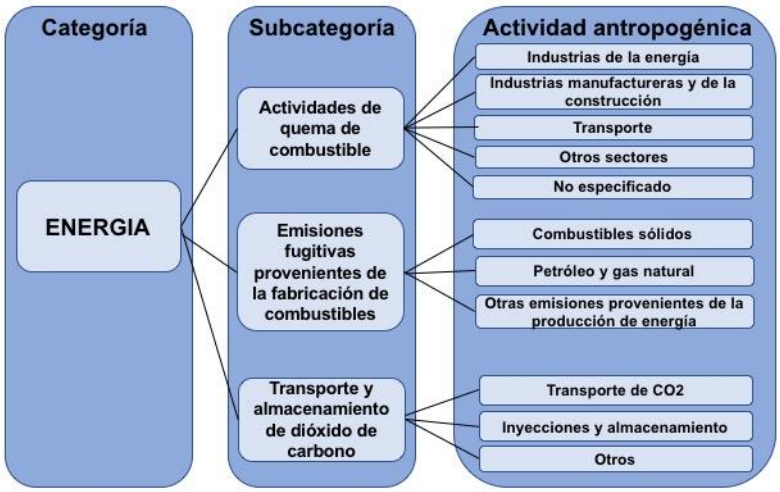
La categoría del sector energético comprende, principalmente:

- la exploración y explotación de las fuentes primarias de energía;
- la conversión de las fuentes primarias de energía en formas más utilizables en refinerías y centrales eléctricas;
- la transmisión y distribución de los combustibles;
- el uso de combustibles en aplicaciones estacionarias y móviles.

Las emisiones surgen de estas actividades por combustión y como emisiones fugitivas, o por escape sin combustión.

Para los fines del inventario, la quema del combustible puede definirse como la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato. El propósito de esta definición es separar la quema de combustibles para utilizaciones diferenciadas y productivas de la energía del calor liberado a través del uso de hidrocarburos en las reacciones químicas de los procesos industriales, o del uso de hidrocarburos como productos industriales.

La categoría de energía dentro de un inventario de GEI tiene la estructura que se ilustra en el siguiente diagrama. Para el caso del municipio de Chihuahua, la subcategoría Industrias de la Energía es una parte bastante significativa para la categoría de energía y para el inventario en GEI. Esto ya que el municipio de Chihuahua cuenta con la planta generadora de electricidad de ciclo combinado que opera la CFE dentro del territorio municipal.



(Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero)

Para el caso del inventario del municipio de Chihuahua aplica únicamente la subcategoría de Actividades de quema de combustibles, ya que en el municipio no se fabrican combustibles, ni se presentan actividades de transporte y almacenamiento de CO_2.

Procesos Industriales y Uso de Productos

En esta categoría se abordan las emisiones de GEI provocadas por los procesos industriales, por el uso de GEI en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles. Es decir, se integra por las emisiones de GEI como subproducto de la fabricación de un material y que no están directamente relacionados con la quema de combustibles fósiles, ya que estas se contabilizan en la categoría de energía. Asimismo, incluye la actividad de uso de solventes, que incluye principalmente a las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM), como consecuencia del

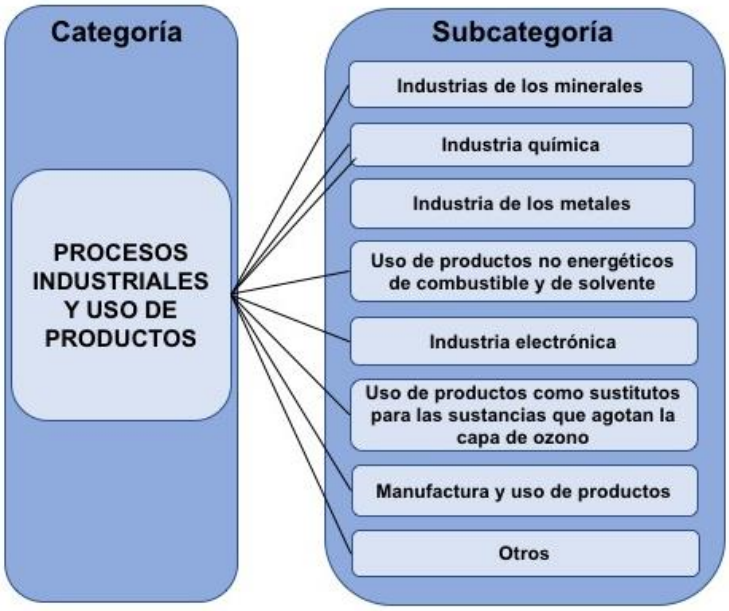
uso de solventes. Las emisiones de CO_2 y N_2O por el uso de productos también se incluyen, sin embargo, no aplican en la elaboración del presente inventario de GEI.

Las emisiones de GEI son producidas por una gran variedad de actividades industriales. Las principales fuentes de emisión son las descargas provenientes de los procesos industriales que transforman materias por medios químicos o físicos (por ejemplo, los altos hornos de la industria del hierro y el acero, el amoníaco y otros productos químicos fabricados a partir de combustibles fósiles utilizados como sustancia química intermedia y la industria del cemento, estos son ejemplos notorios de procesos industriales que liberan cantidades significativas de CO_2). Durante estos procesos puede producirse una gran variedad de GEI, incluidos el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Además, con frecuencia se utilizan los GEI en productos tales como refrigeradores, espumas o latas de aerosol. Por ejemplo, se usan los HFC como alternativa a las sustancias que agotan la capa de ozono en variados tipos de aplicaciones de productos. De igual manera, se emplean el hexafluoruro de azufre (SF_6) y el óxido nitroso (N_2O) en una serie de productos utilizados por la industria (p. ej., el SF_6 utilizado en las instalaciones eléctricas y el N_2O utilizado como propulsor en los productos de aerosol, principalmente en la industria de la alimentación) o por los consumidores finales (p. ej., el SF_6 utilizado en el calzado deportivo y el N_2O utilizado durante los procedimientos de anestesia). Una característica notable del uso de estos productos es que en casi todos los casos puede transcurrir un tiempo significativo entre la fabricación del producto y la liberación del gas de efecto invernadero. El retardo puede variar desde pocas semanas (p. ej., las latas de aerosol) hasta varios decenios, como es el caso de las espumas rígidas. En el caso de algunas aplicaciones (p. ej., la refrigeración), una fracción de los GEI utilizados en los productos puede ser recuperada al final del período de vida del producto y ser reciclada o destruida. Además, varios otros GEI fluorados pueden ser utilizados en procesos especiales como la fabricación de semiconductores.

Los usos no energéticos de los combustibles fósiles comprenden su aplicación como sustancias para la alimentación a procesos, reductores y productos no energéticos en los cuales sus propiedades físicas son utilizadas directamente en vez de ser quemados con propósitos energéticos.

En el diagrama al margen se presenta la categoría de Procesos Industriales y Uso de Productos con sus respectivas subcategorías definidas en las Directrices del IPCC 2006.

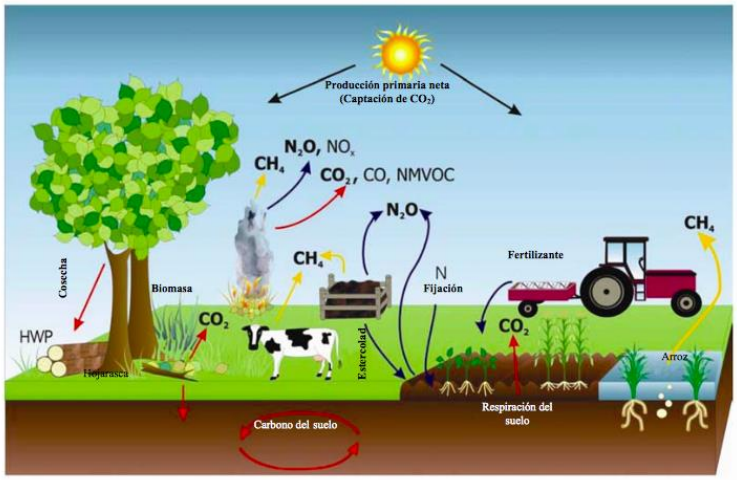


(Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero)

Para el cálculo de emisiones de GEI en el presente inventario del municipio de Chihuahua, se incluyeron las subcategorías de Industrias de los minerales y la de Otros que integró la industria de papel, cartón, productos de madera, alimentos y bebidas. Para el resto de las subcategorías o no aplicó o no fue posible encontrar la información a nivel municipal.

Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra

Los GEI que son mayor motivo de preocupación son el CO_2, el N_2O y el CH_4. Los flujos de CO_2 entre la atmósfera y los ecosistemas se controlan fundamentalmente por captación, mediante la fotosíntesis de las plantas, y por liberación, a través de la respiración, la descomposición y la combustión de materia orgánica. Emiten N_2O fundamentalmente los ecosistemas como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación, mientras que se emite el CH_4 mediante metalogénesis en condiciones anaeróbicas en suelos y depósitos de estiércol, a través de la fermentación entérica y durante la combustión incompleta durante el quemado de materia orgánica. Otros gases que resultan de la combustión y de los suelos son el NO_x, el NH_3, el COVDM y el CO, porque son precursores de la formación de GEI en la atmósfera. La formación de GEI a partir de gases precursores se considera una emisión indirecta. Las emisiones indirectas se asocian también con la lixiviación o el escurrimiento de compuestos de nitrógeno, en particular las pérdidas de NO_3 de los suelos, algunos de los cuales pueden, después, convertirse en N_2O por desnitrificación. Todos estos procesos se reflejan en el siguiente diagrama:



(Principales fuentes de emisión/absorciones de GEI y procesos en ecosistemas gestionados, Directrices del IPCC de 2006)

A continuación, se describen los procesos de emisión y absorción del Sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra para las existencias y procesos de los principales ecosistemas, organizados por sus componentes:

Biomasa: La biomasa vegetal constituye el principal medio de absorción de CO_2 de la atmósfera. Hay grandes cantidades de CO_2 que se transfieren entre la atmósfera y los ecosistemas terrestres, fundamentalmente a través de la fotosíntesis y de la respiración. A la captación de CO_2 a través de la fotosíntesis se la llama producción primaria bruta. Alrededor de la mitad de esto es lo que respiran las plantas y que vuelve a la atmósfera, mientras que el resto constituye la producción primaria neta, que es el total de producción de biomasa y de materia orgánica muerta en un año.

El sector AFOLU se ve influenciado por el uso y la gestión de la tierra a través de una diversidad de actividades antropogénicas como la deforestación, la forestación, la fertilización, la irrigación, las cosechas y la elección de especies. Por ejemplo, la cosecha de árboles reduce las existencias en la biomasa de la tierra. Sin embargo, la madera recolectada merece atención adicional porque parte del carbono puede quedar almacenado en los productos de madera en uso y en sumideros durante años o siglos. Es así que parte del carbono que se extrae del ecosistema se libera rápidamente a la atmósfera, mientras que parte se transfiere a otras existencias en las que las emisiones se demoran.

En ecosistemas no-forestales (es decir, tierras de cultivo, pastizales), la biomasa está formada por una vegetación no-forestal, perenne y anual, lo que constituye una parte mucho menor de las existencias totales de carbono del ecosistema que en las tierras forestales. La biomasa no-forestal tiene una rotación anual o de cada pocos años y, por ende, las existencias de carbono netas en la biomasa pueden permanecer casi constantes, aunque pueden reducirse con el tiempo si hay una degradación de la tierra. Los administradores de la tierra pueden emplear el fuego como herramienta de manejo de pastizales y bosques o puede haber incendios arrasadores que quemen tierras gestionadas, particularmente forestales, lo que conduce a pérdidas significativas de carbono de la biomasa. Los incendios no sólo devuelven CO_2 a la atmósfera mediante la combustión de la biomasa, sino que también emiten otros GEI incluyendo, directa o indirectamente, CH_4, N_2O, COVDM, NO_x y CO.

Materia orgánica muerta: En algún momento, la mayor parte de la biomasa contenida en el material vegetal vivo se transfiere a depósitos de materia orgánica muerta (p. ej. madera muerta y hojarasca). Parte de la materia orgánica muerta se descompone rápidamente y devuelve el carbono a la atmósfera, pero hay una parte retenida durante meses hasta años o décadas. El uso y el manejo de las tierras repercuten sobre las existencias de carbono en la materia orgánica muerta al tener su efecto sobre la velocidad de descomposición y sobre el ingreso de detrito fresco. Las pérdidas debidas al quemado de materia orgánica muerta incluyen emisiones de CO_2, N_2O, CH_4, NO_x, COVDM y CO.

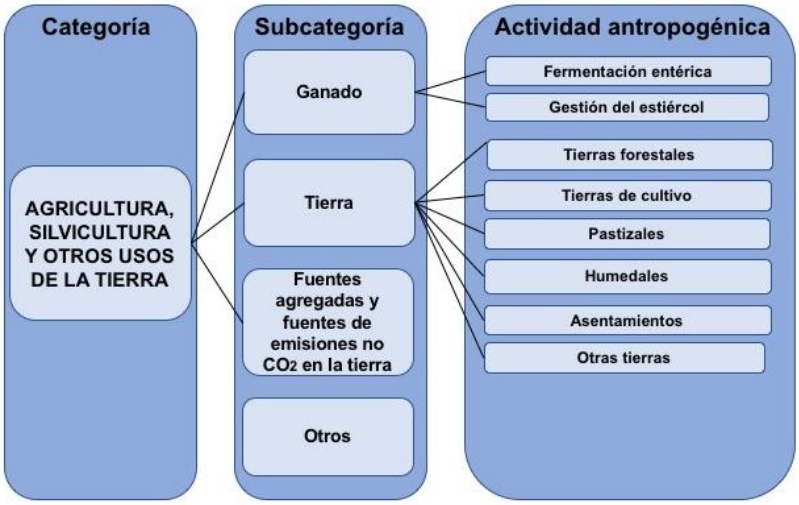
Suelo: A medida que se fragmenta y se descompone, la materia orgánica muerta se transforma en materia orgánica del suelo. Ésta incluye una gran variedad de materiales que difieren significativamente en cuanto a su tiempo de permanencia en el suelo. Parte de este material está integrado por compuestos inestables que los organismos microbianos descomponen fácilmente, y devuelven el carbono a la atmósfera. Sin embargo, parte del carbono orgánico del suelo se convierte en compuestos recalcitrantes que se descomponen muy lentamente y que, por ende, pueden permanecer en el suelo durante décadas, siglos o más tiempo. Después de los incendios, se producen pequeñas cantidades del llamado «carbono negro», que constituyen una fracción de carbono casi inerte con tiempos de rotación que pueden extenderse hasta milenios.

Las existencias de carbono orgánico se ven influenciadas por las actividades de gestión y manejo de la tierra que afectan la velocidad de formación de hojarasca y de pérdida de materia orgánica del suelo. Según las interacciones con anteriores usos de la tierra, el clima y las propiedades del suelo, los cambios en las prácticas de gestión pueden producir incrementos o reducciones en las existencias de carbono en el suelo. En general, los cambios en las existencias de carbono inducidos por el manejo se manifiestan una vez transcurrido un período de varios años o de unas pocas décadas, hasta que las existencias de carbono del suelo alcanzan un nuevo equilibrio. Además de la influencia de las actividades humanas, la variabilidad del clima y otros factores ambientales afectan la dinámica del carbono en el suelo.

Hay ciertas prácticas en el manejo del suelo que tienen un impacto sobre las emisiones de GEI que va más allá de un simple cambio en las existencias de carbono. Por ejemplo, el encalado se emplea para reducir la acidez del suelo y mejorar la productividad de las plantas, pero es también una fuente directa de emisiones de CO_2. Específicamente, el encalado transfiere carbono de la corteza de la tierra a la atmósfera cuando se elimina el carbonato de calcio de los depósitos de piedra caliza y de dolomita y se aplica a los suelos en los que el ión carbonato evoluciona a CO_2.

El agregado de nitrógeno es práctica común para incrementar la materia orgánica y los rendimientos de los cultivos, incluidos la aplicación de fertilizantes sintéticos de nitrógeno (N) y abono orgánico (p. ej. estiércol), particularmente en tierras de cultivo y pastizales. Este incremento en la disponibilidad de N del suelo aumenta las emisiones de N_2O de los suelos como subproducto de la nitrificación y la desnitrificación. Los agregados de nitrógeno (en estiércol y orina) por parte de los animales de pastoreo también estimula las emisiones de N_2O. De manera similar, los cambios de uso de la tierra realzan las emisiones de N_2O si están asociados con una elevada descomposición de la materia orgánica del suelo y con la subsiguiente desmineralización del nitrógeno, como sucede cuando se inician cultivos en humedales, bosques o pastizales.

Ganado: Los sistemas de producción animal, y en particular los de rumiantes, pueden constituir fuentes significativas de emisiones de GEI. Por ejemplo, la fermentación entérica que se produce en los sistemas digestivos de los rumiantes lleva a la producción y emisión de CH_4. Las decisiones de gestión tomadas respecto de la eliminación y el almacenamiento de estiércol afectan a las emisiones de CH_4 y de N_2O, los que se forman durante la descomposición del estiércol como subproductos de la metanogénesis y de la nitrificación/desnitrificación, respectivamente. Más aun, las pérdidas por volatilización de NH_3 y NO_x de los sistemas de gestión del estiércol y de los suelos conducen a emisiones indirectas de GEI. Con base en lo anterior, en el diagrama se presenta la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra con sus respectivas subcategorías y actividades relacionadas.



(Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero)

Para el cálculo o estimación de emisiones GEI en esta categoría, en el tema de Uso de la Tierra es determinante poder disponer de registros de información geográfica y estadística de los últimos treinta años, condición mediante la que es posible hablar de cambios en el uso del suelo, cambios (generalmente disminución) de la masa vegetal existente e implicaciones de ello en la actividad físico-química de los suelos en función del grado de exposición de estos a las condiciones características de la intemperie. Tal condición es, desafortunadamente, imposible de satisfacer por el momento, en los términos y condiciones que la tecnología autorizada para este efecto establece (cartas edafológicas y de uso del suelo escala 1:50,000). Se requiere también información relacionada con el abandono de tierras de cultivo (desde 20 años atrás), así como la relativa al consumo de leña, que, al igual que la del clima e incendios forestales, éstas últimas si existentes para la elaboración del presente inventario de GEI.

Para la elaboración de los cálculos para la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra del municipio de Chihuahua, se consideró la información del inventario ganadero, cultivos, incendios forestales y usos de la tierra durante el 2015.

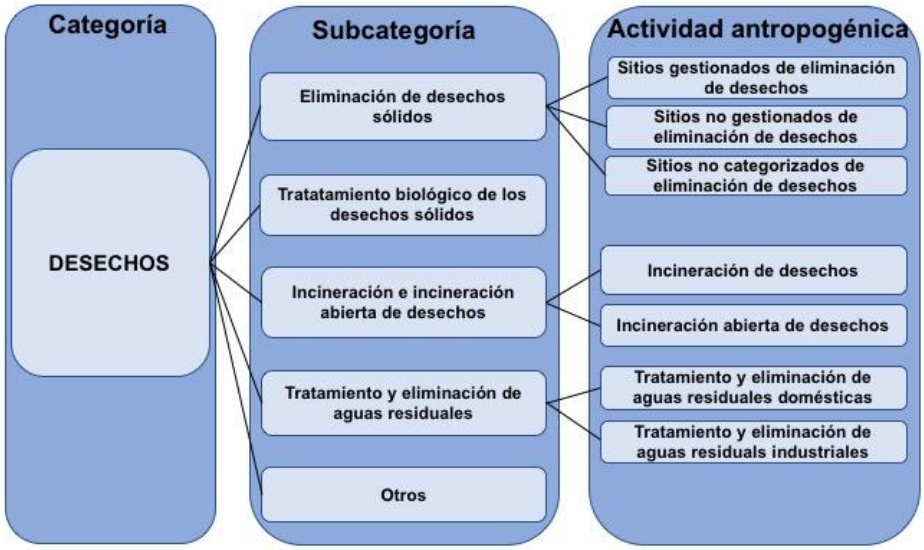
Desechos

En esta categoría se estiman las emisiones de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) procedentes de las siguientes actividades:

- Eliminación de desechos sólidos,
- Tratamiento biológico de los desechos sólidos,

- Incineración e incineración abierta de desechos,
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

En el siguiente diagrama se presenta la categoría de desechos con sus respectivas subcategorías y actividades:



(Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero)

En el caso del municipio de Chihuahua, aplican únicamente la eliminación de desechos sólidos por el sitio gestionado de eliminación de desechos del relleno sanitario de Chihuahua; así como el tratamiento y eliminación de aguas residuales por las dos plantas de tratamiento de aguas ubicadas en el municipio de Chihuahua.

Normalmente, las emisiones de CH_4 procedentes de los sitios de eliminación de desechos sólidos son la mayor fuente de emisiones de GEI del Sector Desechos. Las emisiones de CH_4 procedentes del tratamiento y la eliminación de aguas residuales son importantes también.

El tratamiento y la eliminación de los desechos sólidos municipales, industriales y otros producen cantidades significativas de metano (CH_4). Además del CH_4, los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS) producen también dióxido de carbono biogénico (CO_2) y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), así como cantidades más pequeñas de óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO). Según datos del IPCC, el CH_4 producido en los SEDS contribuye con aproximadamente un 3 a un 4 % de las emisiones de GEI antropogénicas mundiales anuales.

En muchos países industrializados, la gestión de los desechos ha cambiado mucho en la última década. Se han introducido políticas de minimización, reciclado y/o reutilización de los desechos para reducir la cantidad de desechos generados y se implementan de manera creciente prácticas de gestión alternativas para la eliminación de los desechos sólidos en la tierra y reducir los impactos ambientales de esta gestión.

También, hoy es más común la recuperación de gas de vertedero (biogas) como una medida de reducción de las emisiones de CH_4 generadas por los SEDS.

En lo que se refiere al tratamiento y eliminación de aguas residuales, las aguas residuales pueden ser una fuente de metano (CH_4) cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de óxido nitroso (N_2O).

Las aguas residuales se originan en una variedad de fuentes domésticas, comerciales e industriales y pueden tratarse in situ (no recolectadas), transferirse por alcantarillado a una instalación central (recolectadas), o eliminarse sin tratamiento en las cercanías o por medio de desagües. Se entiende por aguas residuales domésticas (o aguas servidas) los residuos de aguas utilizadas en los hogares, mientras que las aguas residuales industriales derivan exclusivamente de las prácticas industriales.[2] Los sistemas de tratamiento y eliminación pueden variar de forma abrupta de un país a otro. Los sistemas de tratamiento y eliminación pueden diferir también entre los usuarios urbanos y rurales, así como entre los usuarios urbanos de alto nivel de ingresos y los de bajo nivel de ingresos.

Las cloacas pueden ser abiertas o cerradas (alcantarillas). En las áreas urbanas de los países en desarrollo y de algunos países desarrollados, los sistemas de alcantarillado pueden consistir en redes de canales abiertos, canaletas y zanjas, a los que se denomina cloacas o alcantarillados abiertos. En la mayoría de los países desarrollados y en las zonas urbanas de alto nivel de ingresos de otros países, los alcantarillados en general son cerrados y subterráneos. Se considera que las aguas residuales de los alcantarillados cerrados subterráneos no constituyen una fuente importante de emisiones de CH_4. En los alcantarillados abiertos, el caso de las aguas servidas es diferente, pues están expuestas al calentamiento por el sol y las cloacas pueden estancarse, lo que permite el desarrollo de condiciones anaeróbicas con emisión de CH_4.

Los métodos de tratamiento de aguas residuales más difundidos en los países desarrollados son las instalaciones centralizadas para el tratamiento aeróbico de estas aguas y las lagunas para aguas residuales, tanto domésticas como industriales. Para evitar las altas tarifas del derecho a descargar aguas residuales o para cumplir con las exigencias reglamentarias, muchas de las grandes plantas industriales dan un tratamiento previo a sus aguas residuales antes de liberarlas en los sistemas de alcantarillado; que es lo que sucede con varias empresas en el municipio de Chihuahua.

[2] Debido al hecho de que la metodología se basa en un criterio de cuantificación por persona, las emisiones provenientes de las aguas residuales comerciales se estiman como parte de las aguas servidas domésticas. Las aguas residuales municipales son una mezcla de aguas servidas domésticas,aguas residuales comerciales e industriales no peligrosas, tratadas en plantas de tratamiento de aguas residuales.

4. INVENTARIO DE GEI DEL MUNICIPIO DE CHIHUAHUA

Como se presentó anteriormente, el inventario de emisiones de GEI para el municipio de Chihuahua se estimó en concordancia con las Directrices del IPCC en su versión revisada 2006 (Directrices IPCC, 2006). Asimismo, las estimaciones para el inventario fueron elaboradas con el apoyo, revisión y validación por parte del ICLEI-Gobierno Locales por la Sustentabilidad, Secretariado para México, Centroamérica y el Caribe.

A continuación, se presenta una tabla resumen con las categorías y gases de efecto invernadero reportados que sirvieron de base para la elaboración del inventario de GEI del municipio de Chihuahua, elaborado con año base 2015.

Categorías calculadas en el inventario de GEI del municipio de Chihuahua y GEI reportados

Categoría definida por el IPCC y calculada para PACMUN® Chihuahua	Año Base	Gases de Efecto Invernadero reportados
Energía	2015	CO_2, CH_4, N_2O
Procesos Industriales y Uso de Productos	2015	CO_2, CH_4, NO_2, CO, NOx, COVDM, SO_2, HFC, SF_6
Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra	2015	CO_2, CH_4, N_2O
Desechos	2015	CO_2, CH_4, N_2O

Las estimaciones del presente inventario de GEI para el municipio de Chihuahua se realizaron con las metodologías de nivel 1, lo cual implica que los datos de actividad no cuentan con un alto nivel de desagregación y además, para su cálculo, se ocuparon los factores por defecto por parte del IPCC en las *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

Asimismo, se indica que los procesos para la solicitud de información se llevaron a cabo en tiempo y forma a través de diferentes medios a dependencias de gobierno y empresas involucradas en las categorías del inventario de GEI. La respuesta con la información requerida para la elaboración del presente inventario, en algunos casos fue nula, incompleta o incongruente, razón por la que existe además un rango de error en la estimación de emisiones de GEI en el municipio. Sin embargo, es importante resaltar que a diferencia del inventario de GEI del municipio de Chihuahua elaborado en el 2015 con año base 2010, la participación en dar respuesta por parte de las diferentes dependencias de gobierno y representantes del sector privado fue mayor y mejor. Por esta razón, se espera que para futuras actualizaciones del inventario de GEI del municipio de Chihuahua la respuesta de las diferentes empresas privadas e instituciones públicas sea más completa, congruente y oportuna debido al conocimiento de instrumentos de planeación municipal como lo es el PACMUN® Chihuahua.

En lo que se refiere a las estimaciones de emisiones GEI en la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, se indica que conforme a la metodología diseñada para la elaboración de un PACMUN® y con base en las directrices del IPCC 2006, es importante asegurarse de que los métodos de adquisición de datos sean fiables, estén metodológicamente bien documentados, sean oportunos, de la escala adecuada y provengan de fuentes fiables y la disponibilidad de registros históricos del uso a que se han destinado los suelos del municipio de Chihuahua, en las últimas dos décadas. Por lo anterior, para las estimaciones de GEI de esta categoría, se manifiesta una importante carencia de información y a la vez, de una gran área de oportunidad para la formulación y correspondiente implementación de proyectos para complementarla en un futuro cercano.

Sin embargo, para las estimaciones de la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, se integró información relevante del año 2015 sobre inventario ganadero, cultivos y métodos de fertilización, usos de suelo e incendios forestales del municipio de Chihuahua.

De cualquier manera, aún con las limitaciones mencionadas en párrafos anteriores, con base en la información recolectada y analizada, las emisiones de GEI en toneladas de unidades equivalentes de dióxido de carbono para el municipio de Chihuahua en el año 2015 se estima fueron de:

11,599,140 t de CO_2 eq.

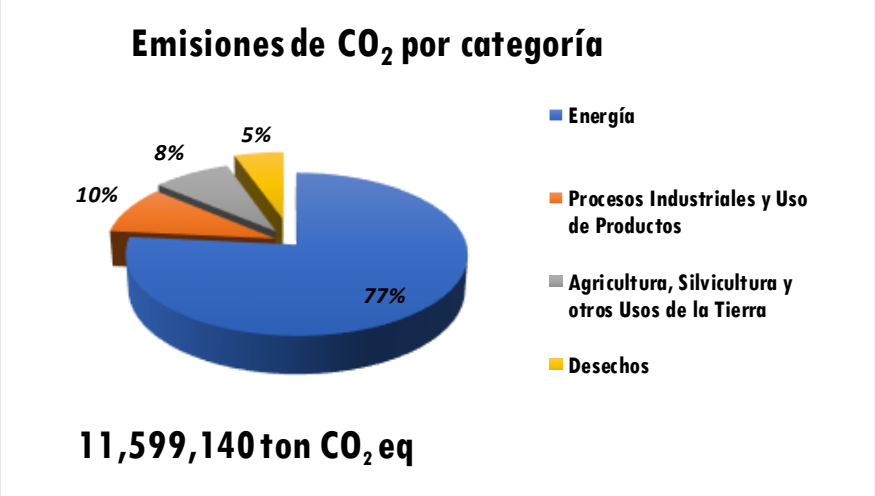
La mayor contribución a las emisiones totales proviene de la categoría de ***Energía***, que anualmente aporta en promedio el 77 % de las emisiones totales. Para dicho sector se consideran los consumos de combustibles tales como gas natural, gas LP, gasolina magna y premium, diésel, turbosina y carbón utilizados en el municipio de Chihuahua en el 2015. Todos ellos evaluados como fuentes estacionarias y móviles distribuidos en los sectores: industrial, transporte, comercial, público, residencial y agropecuario.

Asimismo, es importante resaltar que el municipio de Chihuahua cuenta con la planta generadora de energía propiedad de la CFE Central de Ciclo Combinado, la cual, en el 2015 generó un total de 4,489,388 MWh, utilizando como combustible 930,184,206 m^3 de gas natural. Esto impactó en el inventario de GEI con la generación de más de 1,959,840 t de CO_2 eq. cifra que, en números relativos, representa el 16.9 % de las emisiones totales en el municipio.

Las contribuciones de GEI de las cuatro categorías analizadas para la elaboración del presente inventario se detallan en el cuadro que se presenta a continuación, en donde se aprecian de manera objetiva, los porcentajes de participación de cada una de ellas.

Emisiones de CO_2 por categoría del inventario de GEI 2019

Categoría	Ton. CO_2 eq	%
Energía	8,877,130	*77*
Procesos Industriales y Uso de Productos	1,114,370	*10*
Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra	979,090	*8*
Desechos	628,550	*5*
TOTAL	**11,599,140**	***100***



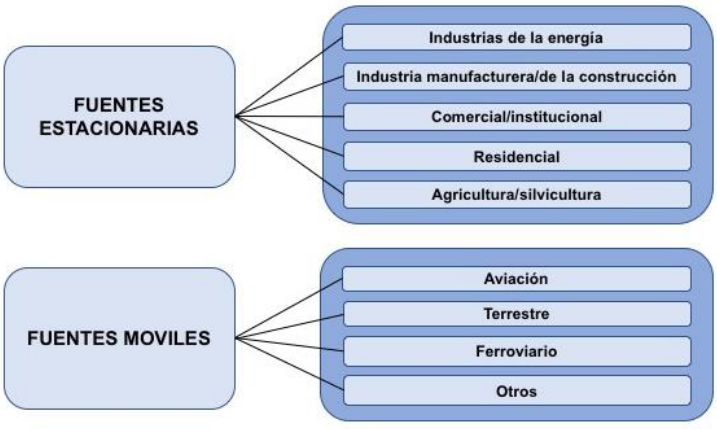
Nótese que el sector ***Energía*** es en el que ocurre la mayor emisión de GEI, esto debido principalmente a las subcategorias de *Industrias de la energía*, correspondiente a la planta de ciclo combinado de la CFE, y *Transporte*. Las tres categorías restantes son, en realidad, menos significativas en cuanto a la generación de GEI, los valores de sus emisiones en su conjunto suman el 23 % del total.

A continuación se presenta a mayor detalle el análisis para cada una de las categorías del inventario de GEI del municipio de Chihuahua elaborado en 2019 con las bases de la información proporcionada, consideraciones, tablas y gráficos de las emisiones estimadas con año base del 2015.

5. ANÁLISIS POR CATEGORIA

5.1 Energía:

Las emisiones de GEI en la categoría de energía están asociadas al consumo de combustibles fósiles en el municipio de Chihuahua provenientes de fuentes estacionarias o fijas y fuentes móviles en el año 2015. A continuación, se muestra la clasificación de dichas fuentes utilizadas para la elaboración del presente inventario de GEI, con base en las Directrices del IPCC 2006:



El proceso de búsqueda de información se llevó a cabo por diferentes medios. En primer lugar, por conducto público oficial INFOMEX Federal y Estatal; mediante oficios con las diferentes dependencias de gobierno federal y estatal relacionadas con el tema; de manera directa mediante solicitud escrita y/o entrevistas por parte del equipo técnico, realizadas a representantes del sector energía.

Las instituciones que manejan, distribuyen y/o consumen combustibles dentro del área del municipio de Chihuahua son principalmente PEMEX Logística y CFE en su Planta de Ciclo Combinado. Asimismo, la información proporcionada vía INFOMEX por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) fue de mucha utilidad para la elaboración del inventario de GEI en esta categoría de energía.

Para el caso específico de la venta y distribución de los combustibles fósiles en el municipio de Chihuahua (diésel, gasolina Magna y Premium, turbosina), referente a la subcategoría de *Actividades de quema de combustible*, dicha información fue proporcionada de manera global por PEMEX Logística y su información se refiere al total de combustibles distribuidos en el municipio de Chihuahua durante el 2015 a través de su Terminal de Almacenamiento y Despacho (TAD) sin distinguir consumos por sector. Sin embargo, a través de una entrevista telefónica con al Asesor Comercial TAD Chihuahua se aclaró que de esta TAD se distribuyen el total de los combustibles reportados al municipio de Chihuahua, y que la turbosina es utilizada para el sector transporte aviación.

En lo que se refiere al diésel, del total reportado por PEMEX Logística, se hizo la desagregación por sector con base en la proporción de consumo final energético por sector presentado en el Balance Nacional de Energía 2015.

Para el gas natural y gas LP, la información fue obtenida por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) a través del portal de INFOMEX.

La información proporcionada de gas natural, abarca la distribución de la zona geográfica de Chihuahua, que incluye los centros de población de Chihuahua, Cuauhtémoc, Delicias y Meoqui. Con la finalidad de desagregar del total solo lo correspondiente al municipio de Chihuahua, se utilizaron los inventarios de población existente en cada una de estas poblaciones, conforme lo que indica el Censo de Población y Vivienda 2015, con base en los cuales se realizó una estimación del total de gas natural distribuido sólo en el municipio de Chihuahua, aplicando el criterio de proporcionalidad correspondiente.

Respecto al gas LP, la información obtenida corresponde a la proporcionada por la CRE, a través de su Unidad de Transparencia. Dicha información abarca la distribución de gas LP en el municipio de Chihuahua desagregada en los sectores residencial, agrícola, industrial, comercial/servicios y transporte.

En la categoría de energía, se incluye la subcategoría de *Industrias de la energía*, en donde aplica al municipio de Chihuahua por la operación de la planta de la CFE Central de Ciclo Combinado Chihuahua. Para la obtención de la información, se realizó una entrevista con el Superintendente de dicha planta

quien proporcionó la información correspondiente al consumo de gas natural para la producción de energía eléctrica posteriormente vía correo electrónico.

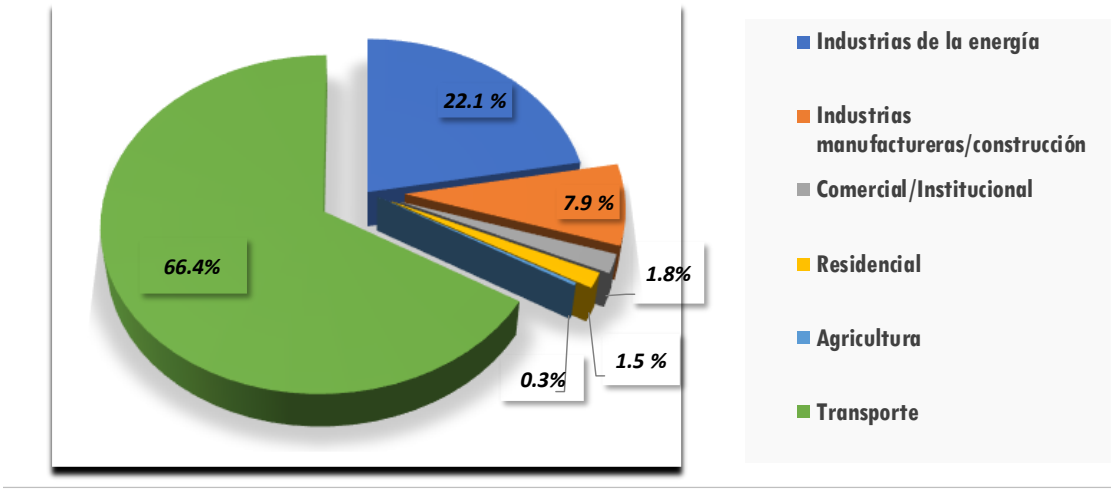
Por otro lado, se incluye en el presente inventario GEI, el consumo de carbón utilizado para la producción de cemento dentro del municipio de Chihuahua.

A partir de los consumos de los combustibles mencionados en las fuentes estacionarias como móviles de los sectores residencial, comercial, público, transporte, industrial y agropecuario se procedió a elaborar la estimación de las emisiones de GEI, tomando en cuenta los factores de emisión establecidos en las Directrices IPCC 2006 y el método de referencia arrojó un resultado de **8,877,130 t de CO_2 eq**. conforme lo que se detalla en el siguiente cuadro y se ilustra con el correspondiente gráfico.

Emisiones de GEI en el sector ENERGÍA

Sector	t de CO_2 eq.	%
Industrias de la energía	1,959,840	*22*
Industrias manufactureras/construcción	699,890	*8*
Comercial/institucional	163,650	*2*
Residencial	134,260	*2*
Agricultura	25,470	*0.3*
Transporte	5,894,020	*66*
TOTAL	**8,877,130**	***100***

Emisiones GEI categoría Energía



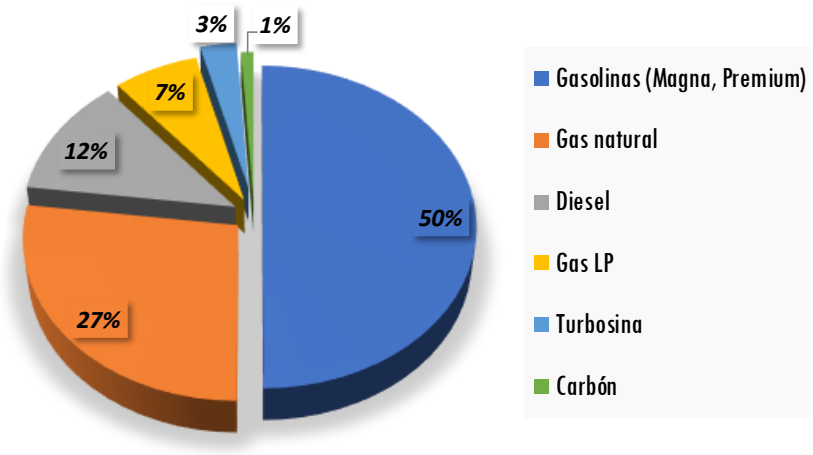
Los diferentes tipos de gasolina y el gas natural son los combustibles más significativos en la generación de GEI en el área del municipio de Chihuahua, sumando entre ambos más del 77 % de las emisiones totales. Le siguen las que se generan por la combustión de diésel con el 12 %; las correspondientes a la

combustión de gas LP son poco significativas y las que genera la turbosina y carbón, son apenas perceptibles. Los siguientes tabla y gráfico presentan, a mayor detalle esta información:

Participación en t de CO_2 eq. por tipo de combustible

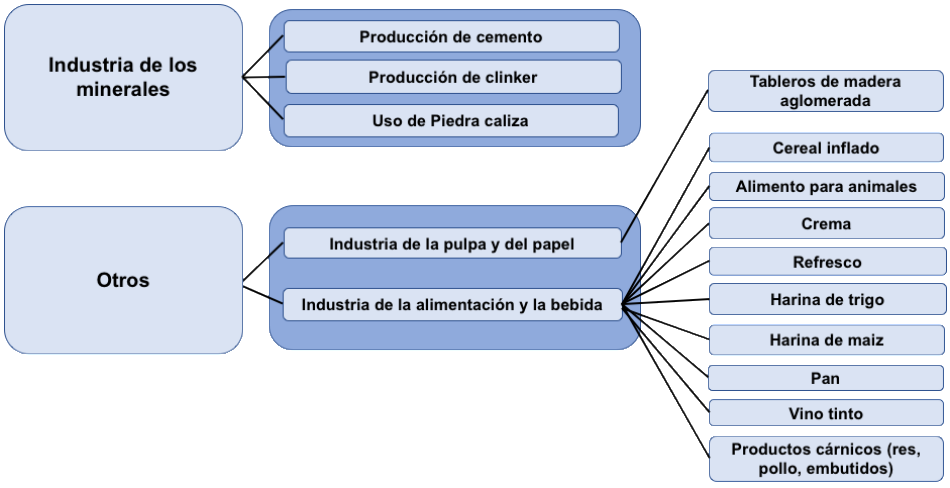
Tipo de combustible	Ton. de CO_2 eq	%
Gasolinas (Magna, Premium)	4,390,720	*50*
Gas natural	2,396,200	*27*
Diésel	1,045,560	*12*
Gas LP	580,530	*7*
Turbosina	294,120	*3*
Carbón	170,000	*1*
TOTAL	**8,877,130**	***100***

% de emisiones de CO_2 por combustible



5.2 Procesos Industriales y Uso de Productos

En la categoría de Procesos Industriales y Uso de Productos en el municipio de Chihuahua se consideran las emisiones generadas específicamente en la producción y uso de minerales, algunos procesos como la producción de papel, cartón, madera aglomerada, así como, la producción en los sectores



de alimentos y bebidas, incluyendo su procesamiento y transformación. En la imagen que en la parte superior se incluye, se muestra la clasificación de las fuentes de información utilizadas para la elaboración del presente inventario de GEI en la categoría de Procesos Industriales y Uso de Productos.

Basados en la metodología para las estimaciones de emisiones de GEI en esta categoría, en el municipio de Chihuahua se reportan valores relativamente bajos, comparado con otros municipios del país, debido a que en el área geográfica no existen, de manera significativa, actividades enfocadas a la producción de metales, industria química, ni otros que específicamente demanden y/o generen GEI en sus procesos de producción. En lo que se refiere al uso de productos, por el momento no se cuenta con información que englobe a nivel municipal el uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes, ni uso de productos dañinos para la capa de ozono, ni de otros productos como los utilizados para las aplicaciones médicas.

Como parte de la subcategoría de *Industria de los minerales*, es importante resaltar que en el área del municipio se localizan grandes empresas dedicadas al procesamiento y transformación de minerales como lo es la industria del cemento y de productos cerámicos. Para la elaboración del presente inventario de GEI, se obtuvo información de la industria cementera que opera en el municipio de Chihuahua para el cálculo de emisiones generadas en esta categoría. Sin embargo, no fue posible obtener información de la industria de productos cerámicos.

En lo que respecta a la subcategoría *Otros*, la industria de elaboración de papel, cartón y fabricación de madera aglomerada, fue muy amplia la participación de las empresas representantes en el municipio de Chihuahua con información referente a su producción.

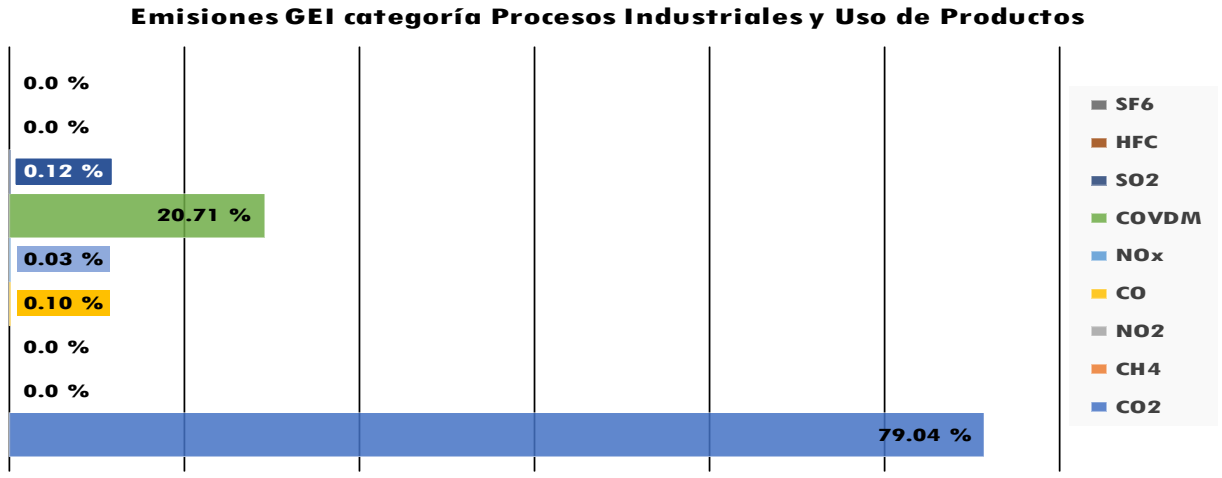
De igual manera, ocurrió con algunas empresas del giro alimentos y bebidas, quienes para este inventario de GEI tuvieron buena participación, y por ende, se obtuvo información relevante sobre su producción de manera completa y oportuna.

Con base en la información proporcionada en tiempo y forma por las empresas de los giros antes mencionados para la elaboración del presente inventario de GEI, se muestran en el cuadro al margen, las emisiones GEI calculadas para la categoría de Procesos Industriales y Uso de Productos para el área del municipio de Chihuahua durante el año 2015 siendo un total de **1,114,367 t de CO_2**

De igual manera, para las estimaciones de la categoría de Procesos Industriales y Uso de Productos, se cuantificaron otros GEI mencionados en la tabla al calce y el gráfico de la página siguiente:

Emisiones de GEI en Gg, generadas por los sectores industriales que proporcionaron información:

Sector industrial participante	CO_2	CH_4	NO_2	CO	NO_x	COVDM	SO_2	HFC	SF_6
Cemento, papel, madera aglomerada, alimentos y bebidas	1,114.37	0	0	1.39	0.37	292.04	1.74	0	0



Como se puede observar, en el presente inventario de GEI se integra la estimación de más gases de efecto invernadero, específicamente Metano (CH_4), Dióxido de Nitrógeno (NO_2), Hidrofluorocarbonos (HFC), Hexafloruro de Azufre (SF_6). Sin embargo, debido a que los procesos industriales evaluados en el presente inventario de GEI del municipio de Chihuahua no liberan este tipo de GEI, los valores se presentan en ceros.

5.3 Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra

Las actividades agrícolas, ganaderas y de uso de suelo contribuyen directamente a la emisión de GEI a través de una serie de procesos previamente mencionados. Sin embargo, dada la naturaleza altamente variable de las emisiones agrícolas y el uso del suelo que atraviesa diversas áreas geográficas, las emisiones de GEI procedentes de la Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, se encuentran entre las categorías más complejas para la contabilidad de GEI.

Para las estimaciones del inventario de GEI en la categoría Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, los países utilizan varios métodos para obtener los datos, que incluyen censos anuales, sondeos periódicos y detección remota. Sin embargo, con base en la información disponible, generada y proporcionada para el cálculo de GEI en esta categoría para el municipio de Chihuahua, los cálculos se basaron en el Nivel 1 definido en las directrices del IPCC haciendo uso de valores por defecto.

En el municipio no se cuenta con información detallada sobre la naturaleza de las conversiones entre los usos de la tierra, por lo que solo se identificó la superficie total de cada categoría individual de uso de la tierra dentro de una región. Debido a ello, los resultados de las estimaciones presentan un rango de error considerable que varía según la naturaleza de la fuente de los datos obtenidos. Esto en ocasiones se presenta como errores en los resultados de los censos de usos de tierras, y diferencias en la definición entre los organismos involucrados en el tema referente a usos de tierras, zonas ecológicas y climas, por lo que los factores de emisión elegidos pueden variar.

La subcategoría *Ganado* contribuye a la emisión de gas metano (CH_4), esto debido a la fermentación entérica y las excretas de los animales. Estas últimas son también fuente de óxido nitroso (N_2O). Las emisiones procedentes de la fermentación entérica consisten en el gas metano producido en los sistemas digestivos de los rumiantes y, en menor medida, de los no rumiantes. La cantidad de emisiones emitida varía por tipo de animal, naturaleza, cantidad y digestibilidad del alimento consumido y con el nivel de producción.

La producción de metano es parte de los procesos digestivos normales de los animales. Durante la digestión, los microorganismos presentes en el aparato digestivo fermentan el alimento consumido por el animal. Este proceso es conocido como fermentación entérica y produce metano como un subproducto, que puede ser exhalado o eructado por el animal.

Por otro lado, el manejo de las excretas del ganado produce emisiones de metano y óxido nitroso. El metano se produce mediante la descomposición anaeróbica del estiércol, mientras que el óxido nitroso se forma como parte del ciclo del nitrógeno, a través de la desnitrificación del nitrógeno orgánico presente en el estiércol y en la orina del ganado.

Cuando el estiércol se dispone en sistemas que propician condiciones anaeróbicas (ejemplo: en forma líquida en lagunas, tanques o fosas), la descomposición de la materia tiende a producir metano; mientras que cuando éste se almacena de manera sólida en pilas o estercoleros o queda depositado sobre las pasturas y las áreas de pastoreo, tiende a descomponerse aeróbicamente y produce muy poco o nada de metano. Asimismo, la temperatura y humedad influyen en el desarrollo de las bacterias responsables de su formación.

La composición del estiércol, que depende de la dieta de los animales, también afecta la cantidad de metano producido, cuanto mayor es el contenido energético y la digestibilidad del alimento, mayor es el potencial de emisión del metano.

Entre las especies ganaderas consideradas para el presente inventario de GEI del municipio de Chihuahua se consideraron: becerros, burros y mulas, caballos y yeguas, caprinos, novillos, ovinos, toros, vacas y vaquillas. La información considerada para las estimaciones de GEI del sector pecuario sobre el número de cabezas de dichas especies ganaderas fue proporcionada por la Dirección de Desarrollo Rural del municipio de Chihuahua y por la Dirección de Fomento Agropecuario del Departamento de Ganadería de la Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado de Chihuahua.

En lo que se refiere a la subcategoría, *Uso de la Tierra*, el IPCC la divide en seis categorías: tierras forestales, tierras de cultivo, pradera, humedales, asentamientos, y otros. Las emisiones y absorciones de CO_2 se basan en los cambios en las existencias de carbono (C) en los ecosistemas y se estiman para cada subcategoría de uso del suelo. Esto incluye tanto el suelo restante en una categoría de uso del suelo como el suelo convertido para otro uso. Las existencias de C consisten en biomasa aérea y subterránea, materia orgánica muerta (madera muerta y hojarasca), y materia orgánica del suelo. Para efectos del cálculo de

emisiones GEI, los suelos permanecen en la misma categoría si no se ha producido un cambio de su uso en los últimos 20 años.

En lo que se refiere a las actividades agrícolas, las emisiones GEI se calculan dentro de la subcategoría de *Uso de la Tierra* como tierras de cultivo. Dichas emisiones de GEI se producen como consecuencia de los cultivos fijadores de nitrógeno, entre los que destacan en el municipio de Chihuahua el cultivo de alfalfa de la que se registra una superficie de poco más de 3,404 hectáreas (17 % de la superficie total sembrada en el 2015). Cuando estas pasturas son enterradas, debido a la periódica renovación de los cultivos, también se provocan procesos que llevan a la emisión de óxido nitroso (N_2O).

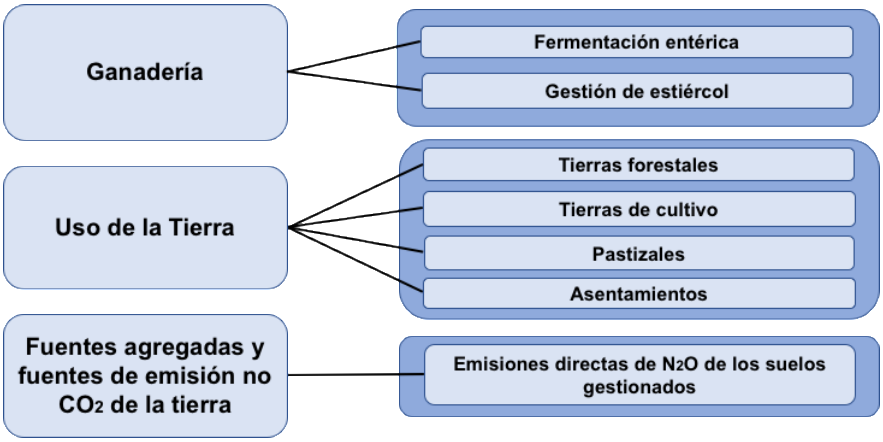
La información sobre cultivos existentes en el municipio de Chihuahua (año 2015) en las modalidades de Riego y Temporal, superficies sembradas y cosechadas, producción y método de fertilización, fue proporcionada por el Departamento de Agricultura de la Secretaría de Desarrollo Rural de Gobierno del Estado de Chihuahua.

Sobre la fuente de emisión o sumidero relacionado con Usos de la Tierra, para las estimaciones del inventario de GEI se integró información de las actividades de agricultura como tierras de cultivo, así como los usos de suelo en el municipio de Chihuahua que incluyen tierras forestales, pastizales, asentamientos y otras tierras. La información sobre las áreas de dichos usos de la tierra fue proporcionada por el Departamento de Evaluación y Estadística de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua.

Por otro lado, con la información proporcionada sobre cultivos y los factores de emisión definidos por el IPCC en las Directrices 2006, se realizaron las estimaciones de la subcategoría *Emisión directa de N_2O proveniente de suelos gestionados* del año 2015 tomando como base los fertilizantes sintéticos nitrogenados y nitrógeno como parte de los residuos de cultivos.

Con base en las directrices del IPCC 2006, la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, como se ha mencionado anteriormente, está compuesto por las emisiones provenientes de actividades agrícolas, pecuarias, uso y gestión de suelos del municipio de Chihuahua. Esto a diferencia de las Directrices del IPCC 1996, en donde estaba separada la categoría de Agricultura de la categoría de Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura. Finalmente, los principales GEI que tales actividades emiten en la presente categoría del inventario de GEI, son metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y dióxido de carbono (CO_2).

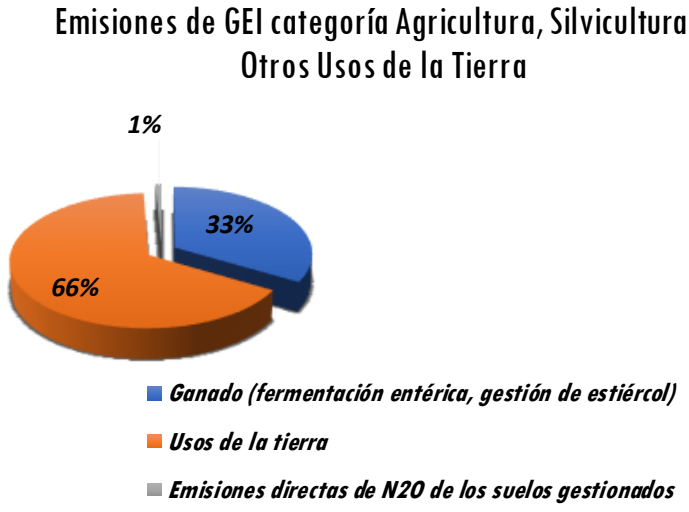
Para las estimaciones de la presente categoría en el inventario de GEI del municipio de Chihuahua, considerando las Directrices del IPCC 2006, y con base en la información obtenida, se incluyen las emisiones de GEI procedentes de las siguientes tres fuentes principales:



Con base en estas fuentes de emisión reportadas en la presente categoría de inventario, la contribución de la categoría Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra al inventario de GEI del municipio de Chihuahua es de **979,090 t de CO_2 eq**, que representa el 8 % del total del inventario de GEI municipal. A continuación, se puede observar la generación de GEI en esta categoría para el municipio de Chihuahua:

Emisiones por fuente para el sector Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra

Subcategoría	Toneladas			Ton CO_2 eq	%
	CO_2	CH_4	N_2O		
Ganado (fermentación entérica, gestión de estiércol)		9,769	203	327,210	*33*
Usos de la tierra (incluye tierras de cultivo)	644,762			644,762	*66*
Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados			27	7,118	*1*
TOTALES	**644,762**	**9,769**	**229**	**979,090**	***100***



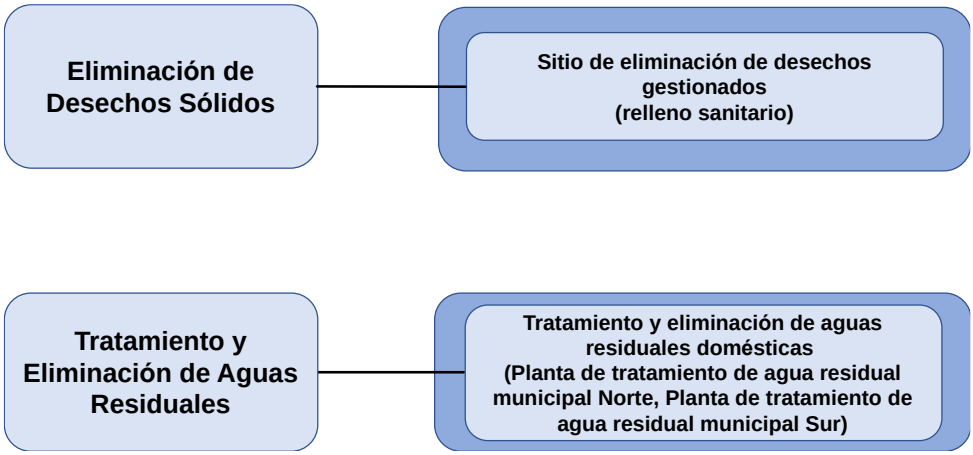
Como parte de la información obtenida para las estimaciones de GEI en la categoría Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra, se proporcionó además información importante sobre las emisiones de CO_2 generadas por los incendios forestales ocurridos en el municipio de Chihuahua en el 2015. Sobre esto último, se reportó que durante el 2015 se presentaron 9 incendios forestales sobre una superficie de 858.8 ha, que provocaron emisiones de 10,709.05 ppm de GEI, específicamente de CO_2 (información generada en el Centro Nacional de

Incendios Forestales de CONAFOR-Guadalajara Jal.). Asimismo, se informó que el combate realizado a tiempo por las brigadas rurales evitó la generación de 163,227.28 ppm de GEI. Dichas emisiones provienen de la afectación de vegetación de pino, táscate, encino, pastizal inducido y natural, matorral desértico micrófilo y rosetófilo. Esta información, por metodología de las Directrices del IPCC 2006, no fue considerada en las estimaciones de los GEI debido a que sólo se consideran las emisiones de la quema de biomasa para la gestión de suelos.

5.4 Desechos

La presente categoría del inventario de GEI para el municipio de Chihuahua incluye las emisiones de gas metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), procedentes de las dos subcategorías *Eliminación de residuos sólidos*, y *Tratamiento y eliminación de aguas residuales.* Para el caso del municipio de Chihuahua, no se consideran las otras dos subcategorías *Tratamiento biológico de los desechos sólidos, Incineración e incineración abierta de desechos*, ya que no existen este tipo de actividades en el municipio.

Para las estimaciones de la categoría Desechos en el inventario de GEI del municipio de Chihuahua, considerando las Directrices del IPCC 2006, y con base en la información obtenida, se incluyen a continuación las emisiones de GEI procedentes de las fuentes principales:



En esta parte del inventario de GEI se tomaron en cuenta los datos proporcionados por la Dirección de Servicios Públicos Municipales, dependencia que está a cargo de la gestión y manejo de los residuos sólidos municipales, incluyendo la operación del relleno sanitario del municipio de Chihuahua. Dicho relleno sanitario opera bajo las normas mexicanas existentes.

Para las estimaciones de emisión de GEI se reportó un total de 345,110 toneladas de residuos sólidos que ingresaron al relleno sanitario durante el año base 2015. Asimismo, se proporcionó el dato de generación de basura de 1.2 kg/hab/día.

Para efectos del cálculo de emisiones GEI se tomó en cuenta la siguiente composición de residuos sólidos municipales que llegan al relleno sanitario:

Tipo de Residuo	%
Desechos de alimentos	*38*
Desechos de jardines y parques	*7*
Papel	*16*
Madera	*1*
Textiles	*3*
Pañales desechables	*9*
Caucho y cuero	*1*
Construcción y demolición	*7*
Otros	*17*
TOTAL	***100***

Con esta composición de residuos, con los factores y fórmulas definidos en las directrices del IPCC 2006 para la estimación de emisiones provenientes de Sitios de Eliminación de Desechos Sólidos (SEDS), como es el caso del relleno sanitario del municipio de Chihuahua, se obtuvo como resultado una generación de 20,705 t de CH_4, lo que representa un total de **579,749 t CO_2 eq.**

Para efectos del presente inventario de GEI, no se incluyó la subcategoría de aguas residuales industriales debido a la poca respuesta y falta de información por parte de varias empresas que cuentan con planta tratadora de aguas residuales. Por esta razón, se consideró que como muchas de estas empresas después de tratar el agua reutilizan ésta en sus procesos o descargan al alcantarillado municipal, esta agua se integra al agua residual municipal que posteriormente es tratada en las dos plantas municipales tratadoras de agua residual.

Para la realización de los cálculos en esta parte del inventario se contó con información oportuna proporcionada por la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua (JMAS), quien proporcionó información sobre la operación de las plantas de tratamiento de aguas al norte y sur de la ciudad, así como diversos parámetros de operación y medición de dichas plantas.

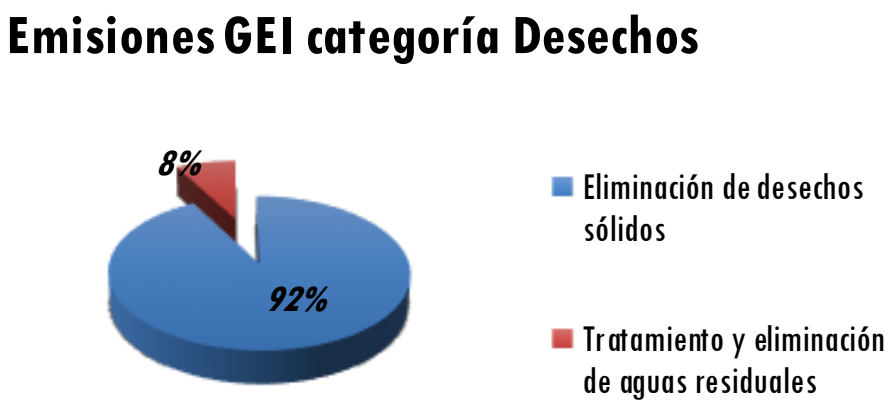
La ciudad de Chihuahua cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales secundario de tipo biológico en la modalidad de lodos activados, la planta Norte y la planta Sur. La planta de tratamiento Sur trata el 76 % y la planta de tratamiento Norte el 24 % del total de aguas residuales generadas en la ciudad de Chihuahua. La planta de tratamiento Sur trata un promedio de 1,300 lps y la planta tratadora Norte un promedio de 380 lps.

Las plantas municipales tratan los lodos generados durante el tratamiento por medio de digestión anaerobia. La planta tratadora Sur es la única planta que tiene tratamiento de lodos, donde se tratan un total de 3,300 m^3/día entre lodo secundario y primario. El 100 % de los lodos generados por las dos plantas se trata en la planta Sur. El destino de dichos lodos tratados es para uso en suelos agrícolas.

Con la información proporcionada e integrada en las hojas de cálculo basadas en las Directrices del IPCC 2006, se obtuvo una generación durante el 2015 de 940.3 t de gas metano (CH_4) y 84.8 t de óxido nitroso (N_2O). Esto en su conjunto equivale a una generación de **48,801 t de CO_2 eq.**

De manera resumida y tomando en cuenta las dos fuentes de emisión reportadas en la presente categoría del inventario, la contribución de la categoría de Desechos al inventario de GEI del municipio de Chihuahua es de **628,550 t de CO_2 eq**, que representa el 5 % del total del inventario de GEI municipal. En el siguiente gráfico, se puede observar la generación de GEI en la categoría de Desechos para el municipio de Chihuahua:

Subcategoría	Toneladas			%
	CH_4	N_2O	CO_2 eq	
Eliminación de desechos sólidos	20,705.0		579,749	92%
Tratamiento y eliminación de aguas residuales	940.3	84.8	48,801	8%
Totales	*21,645.3*	*84.8*	*628,550*	*100%*



6. IDENTIFICACION DE FUENTES CLAVE

Una categoría principal se refiere a aquella fuente o categoría de emisión que tiene una contribución sustancial al total del inventario de GEI, a la tendencia de las emisiones o a nivel de incertidumbre de los resultados.

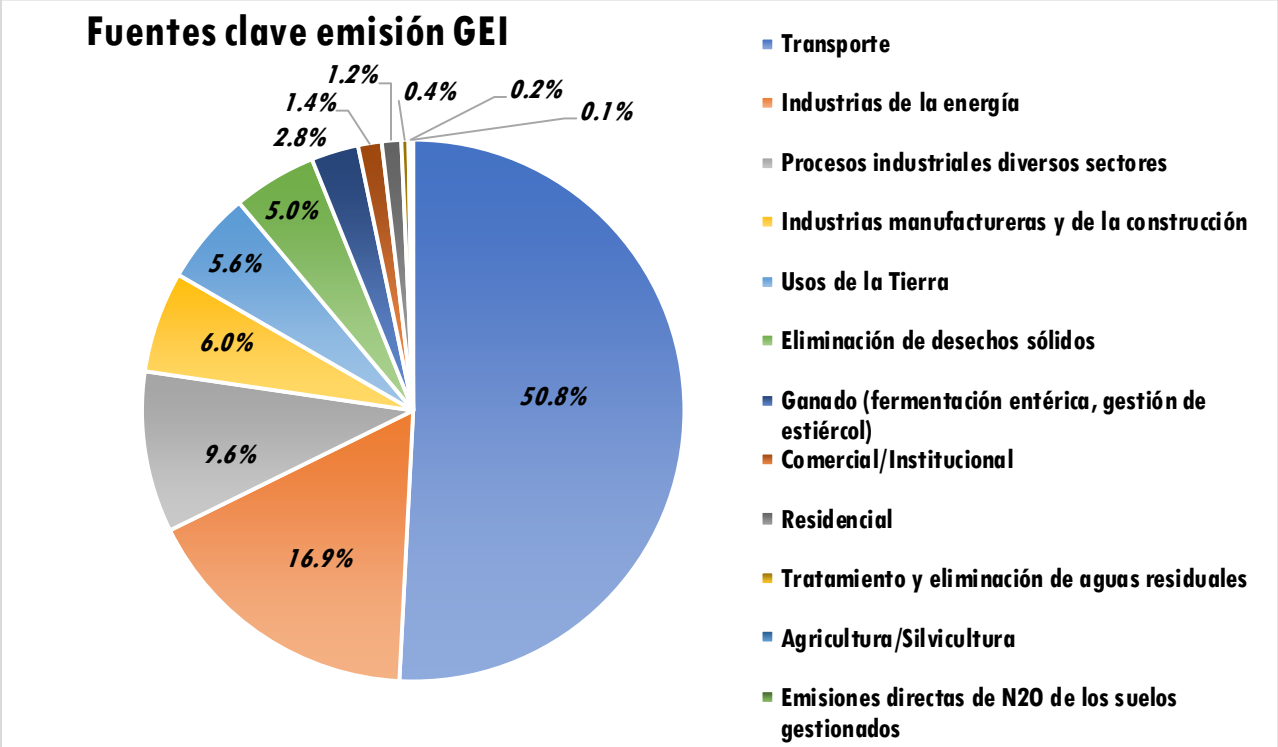
El análisis de categorías principales se realizó de acuerdo a las guías del IPCC. Se consideran categorías principales por contribución a aquellas que en conjunto aportan el 95 % de las emisiones totales municipales. Dicho análisis tiene como finalidades:

- Identificar a qué fuentes de emisión se deben destinar más recursos para la preparación del inventario municipal de GEI; así como aquellas en las que deba procurarse un método de mayor nivel, de tal manera que las estimaciones puedan ser más exactas.

- Identificar las categorías a las que deba darse mayor atención en cuanto al control y aseguramiento de la calidad, incluyendo una posible verificación de los resultados. Y, sobre todo,
- Identificar las categorías que deberán ser prioridad para incorporar medidas de mitigación al cambio climático.

Con el siguiente gráfico se ilustra la identificación de fuentes clave de emisión de GEI en el municipio de Chihuahua. Es importante resaltar que el consumo de combustible en el sector Transporte es la fuente que por sí sola genera poco más de 50.8 % de las emisiones globales en el municipio, estimadas en 5,894,020 toneladas de CO_2 eq. Le sigue la correspondiente a Industrias de la energía por la planta de CFE Central de Ciclo Combinado Chihuahua, a la cual le corresponde un 16.9 % de las emisiones. Con esta información, sobre el consumo de combustibles del sector Transporte e Industrias de la energía, se puede apreciar que generan el 67.7 % de las emisiones de GEI en el municipio de Chihuahua.

En la siguiente gráfica se pueden observar claramente las emisiones de GEI por actividad:



En la tabla que se incluye en la siguiente página, puede observarse información a detalle de las categorías, subcategorías, GEI emitidos por las fuentes clave, así como el porcentaje de GEI por fuente y categoría.

Categoría	Subcategoría (fuente clave)	Clave IPCC 2006	Toneladas de:				% del Total	Por categoria	Gg de CO_2eq
			CO_2	CH_4	N_2O	CO_2 eq.			
Energía	Industrias de la energía	1A1	1,957,942	35	3	1,959,840	16.90	77%	8,877.13
	Industrias manufactureras y de la construcción	1A2	697,852	30	5	699,890	6.03		
	Comercial/Institucional	1A4	163,016	18	1	163,650	1.41		
	Residencial	1A4	133,957	11	0	134,260	1.16		
	Agricultura/Silvicultura	1A4	25,362	3	0	25,470	0.22		
	Transporte	1A3	5,859,146	187	112	5,894,020	50.81		
Procesos Industriales y Uso de Productos	Procesos industriales diversos sectores	2	1,114,370			1,114,370	9.61	10%	1,114.37
AFOLU	Ganado (fermentación entérica, gestión de estiércol)	3A		9,769	203	327,210	2.82	8%	979.0898
	Usos de la Tierra	3B	644,762			644,762	5.56		
	Emisiones directas de N_2O de los suelos gestionados	3C4			27	7,118	0.06		
Desechos	Eliminación de desechos sólidos	4A		20,710		579,749	5.00	5%	628.55066
	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	4D		940	85	48,801	0.42		
	TOTALES		***10,596,406***	***31,704***	***435***	***11,599,140***	***100.0***	***100%***	**11,599.1405**

Es importante resaltar que el GEI que más se emite en el municipio de Chihuahua es el dióxido de carbono (CO_2), del cual conforme a la información obtenida se emitieron en el 2015 poco más de 10 millones 596 mil toneladas, cifra que en números relativos corresponde al 91 % del total emitido y tiene como fuentes todas las fuentes relativas a las categorías de energía y generación de energía, es decir, todas aquellas actividades en las que se queman combustibles fósiles; así como en la categoría de Procesos Industriales, específicamente la industria del cemento; y en la subcategoría de usos de la tierra por los procesos de degradación de biomasa y presencia de carbono. Le sigue el gas metano (CH_4) con apenas 31,704 toneladas las que convertidas a t de CO_2 equivalente representan 887,712 toneladas (8 %). La principal fuente de emisiones de este tipo de gas son los RSU, seguidos por la fermentación entérica del ganado doméstico, gestión de estiércol y las aguas residuales municipales.

Por último, se tienen las emisiones de GEI de óxido nitroso (N_2O), gas proveniente de la fuente de manejo de estiércol del ganado doméstico, así como en la emisión directa por tierras gestionados, es decir, emisiones que se generan por el uso de fertilizantes nitrogenados en la producción agrícola. De este tipo de gas se emiten un total de 435 toneladas que expresadas en t de CO_2 eq se convierten en 115,275 toneladas, representando sólo el 1 % de las emisiones totales de GEI en el municipio de Chihuahua durante el 2015.

7. CONSIDERACIONES FINALES

Las ciudades son uno de los factores que más contribuyen al cambio climático. De acuerdo con ONU-Hábitat, las ciudades consumen el 78 % de la energía mundial y producen más del 60 % de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, abarcan menos del 2 % de la superficie de la Tierra.

La enorme cantidad de personas que dependen de los combustibles fósiles, hace que la población urbana sea altamente vulnerable a los efectos del cambio climático. Asimismo, la poca cantidad de espacios verdes empeora el problema. De acuerdo a un informe del IPCC, la limitación del calentamiento global a 1.5 °C requerirá de una transición rápida y de gran alcance relacionada con el uso de energía, la tierra, espacios públicos e infraestructuras, como en el sector transporte y edificaciones, así como en los sistemas industriales.

El inventario de GEI para el municipio de Chihuahua es el resultado de una serie de cálculos que se llevaron a cabo para determinar los tipos de gas emitidos, las fuentes de emisiones de GEI y las cantidades que se emiten, todo ello con base en las Directrices 2006 del IPCC.

Para elaborar el presente inventario fue necesaria la participación con información precisa y oportuna por parte de diversas instituciones tanto públicas como privadas. De igual manera, el apoyo y soporte técnico por parte de ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad a través de la metodología para la elaboración de las estimaciones de cada categoría y fuentes de emisión fue fundamental, así como la validación de la información y resultados obtenidos.

Con base en lo reportado en el presente informe de Inventario de Gases de Efecto Invernadero del municipio de Chihuahua con año base de 2015, pueden observarse claramente las principales áreas de oportunidad que deberán de considerarse como prioritarias para el municipio de Chihuahua para enfocar esfuerzos y recursos para implementar medidas de mitigación al cambio climático y reducir dichas emisiones de GEI.

Como puede observarse en el inventario de GEI 2019 del municipio de Chihuahua, el sector energía es el que contribuye en gran medida a la generación de GEI. Es por ello que es prioritario enfocar esfuerzos en abordar dicho sector, a través de la implementación de medidas de mitigación enfocadas en el aprovechamiento de energías renovables y programas de eficiencia energética en todos los sectores de la sociedad.

De igual manera, es importante socializar y difundir los resultados del Inventario de GEI y del PACMUN® 2019 del municipio de Chihuahua para que sirvan de base para la realización de programas y proyectos en los sectores públicos, privados y sociales enfocados a la reducción de los efectos ante al cambio climático. Con ello, además es más posible que en futuras actualizaciones del PACMUN®-Inventario de

GEI- haya más participación e información más completa por parte de las instituciones y empresas involucradas.

Es importante además fortalecer los métodos de actualización periódica de datos en las diversas dependencias de gobierno involucradas con información necesaria para la actualización del inventario municipal de GEI, sobretodo en lo que se refiere a la categoría de Agricultura, Silvicultura y otros Usos de la Tierra. Con ello la información será más fiable, metodológicamente mejor documentada, oportuna, de la escala adecuada y, en su caso, cuente con la disponibilidad de registros históricos.

Es importante resaltar que después de la publicación del primer PACMUN® en el 2015 (que incluyó el primer inventario de GEI del municipio de Chihuahua), la modificación del Reglamento Municipal para la Protección del Medio Ambiente y Cambio Climático, la elaboración del presente inventario de GEI 2019, y la actualización del PACMUN® 2019, se han implementado varias acciones en el municipio que han contribuido y continúan contribuyendo a la reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, es aquí donde es importante enfatizar el seguimiento puntual y fortalecer aquellas acciones y cuantificar los beneficios económicos, sociales y ambientales resultado de su implementación.

Es fundamental integrar la agenda de cambio climático en todos los planes, programas y proyectos que lleve a cabo el municipio de Chihuahua, ya que finalmente mucho de lo que se hace en temas de mitigación y adaptación al cambio climático contribuye a tener un mejor Chihuahua.

A. FUENTES DE INFORMACIÓN Y REFERENCIAS

Dirección de Desarrollo Económico y Turístico-Gobierno del Estado de Chihuahua. (2019).- Análisis de la Estructura Económica y Social de la ciudad de Chihuahua. Pilares para el Desarrollo. Chihuahua, Chih.: DESEC, Plataforma de Inteligencia Competitiva, CODER.

IMPLAN.- Plan de Desarrollo Urbano del centro de población de Chihuahua visión 2014, Quinta Actualización PDU Visión 2040. Chihuahua, Chih. 2016

INECC. (2018).- INECC reitera su compromiso ante el Acuerdo de París con rutas de mitigación al cambio climático. 30 septiembre, 2019, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático Sitio web: https://www.gob.mx/inecc/prensa/inecc-reitera-su-compromiso-ante-el-acuerdo-de-paris-con-rutas-de-mitigacion-al-cambio-climatico

IPCC 2006.- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Publicado por: IGES, Japón.

IPCC, 2013.- Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M.Tignor, S.K.Allen, J. Boschung,A. Nauels,Y. Xia,V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

Naciones Unidas. (2019).- Las ciudades y la contaminación contribuyen al cambio climático. 15 octubre, 2019, de Naciones Unidas Sitio web: https://www.un.org/es/climatechange/cities-pollution.shtml

Secretaría de Energía.- *(*2016). Balance Nacional de Energía 2015. México: Subsecretaría de Planeación y Transición Energética.

Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (UACJ-SDUE) (2019).- Programa Estatal de Cambio Climático Chihuahua 2019. Chihuahua, México.

World Resources Institute-Grupo de Liderazgo de Ciudades contra el Cambio Climático C40-ICLEI. - Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto invernadero a Escala Comunitaria. Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades. ISBN: 978-1-56973-909-9. Estados unidos 2014.

B. AGRADECIMIENTOS

A continuación, se presenta una relación de todas las personas e instituciones a las que representan que contribuyeron a la elaboración del inventario de Gases de Efecto Invernadero para el municipio de Chihuahua 2019, con año base 2015. Dichas personas e instituciones proporcionaron la información solicitada de manera oportuna. Para ellos, un sincero agradecimiento por parte del equipo técnico para la elaboración del inventario de GEI y por parte del municipio de Chihuahua.

Muy especialmente se agradece el apoyo técnico brindado para la elaboración del presente inventario de GEI con la metodología basada en las Directrices del IPCC 2006 a:

ICLEI-Gobiernos Locales por la Sustentabilidad
Secretariado para México, Centroamérica y el Caribe

Asimismo, se agradece la participación con información valiosa y oportuna a las siguientes instituciones y representantes:

Dependencias Federales

PEMEX Transformación Industrial	Ing. Juan Antonio Ortiz Rivero
CFE Central de Ciclo Combinado Chihuahua	Ing. Emeterio Hernández Montano Lic. Hilda Hernández Blanco
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural	Ing. Rogelio Olvera García
Comisión Nacional del Agua	Dr. Kamel Athie Flores Ing. Jaime Alfredo Prado Ollervides M. en I. Rocio Salinas Prado
Comisión Reguladora de Energía	Lic. Susana Ivana Cazorla Espinoza C. Ana Sofia Fabián Rojas

Dependencias Estatales

Junta Municipal de Agua y Saneamiento	Lic. Roberto Lara Rocha Dr. Mario A. Olmos Márquez Lic. Luis Daniel Meza González Ing. Manuel Altes Cárdenas
Secretaria de Desarrollo Urbano y Ecología	Dr. Luis Felipe Siqueiros Falomir Ing. Francisco Gómez Licón Arq. Pervinca Esparza Rosas Ing. César Ismael Fierro Cárdenas
Secretaría de Desarrollo Rural	Ing. René Almeida Grajeda Ing. Refugio Luna García C. Ricardo Noe Márquez Portillo

Secretaría de Desarrollo Rural (Continúa)	Ing. Aldo Piceno Román Ing. Ricardo Ceseña C.P. Susana Olivia Grajeda Guevara C. Silvia Gomar Medina M.C. Cristina Fernández Pérez

Dependencias Municipales

Dirección de Servicios Públicos Municipales	Lic. Ricardo Martínez García Lic. José Alfredo Acosta Fuyivara Ing. Marco Isael Arteaga Carrasco
Dirección de Desarrollo Rural	Ing. Mauro Parada Muñoz M. A. Karla Guadalupe Trejo López

Sector empresarial

American Beef	Ing. Gerardo Dozal
Arca Continental	Ing. Ana María Valles Chávez
BioPappel	Ing. Luis Zamora
Bodegas Pinesque S.A. de C.V.	C. Gilberto Pinoncély Nitschmann
Grupo Cementos de Chihuahua	Ing. Héctor Raúl Leal Herrera
Grupo Harinas	Ing. Graciela Ramírez
Industrializadora de Cárnicos Strattega S.A. de C.V. (BAFAR)	Ing. Israel Díaz Heredia
MASISA Planta Chihuahua	Ing. Luis Jesús Saldaña Espino
Molinos Azteca S.A. de C.V. Planta Chihuahua	Ing. Carlos Orozco Chávez
Papelera de Chihuahua	Ing. Guillermo Mendoza Fernández Ing. Rubén López Lozoya
Productos Chachitos S.A. de C.V.	Lic. Antonio Heimpel Wisbrun
Quesería Chihuahuita S.A. de C.V.	Lic. Luis Oronoz Seijas Ing. Gabriel Zezati
Selecto Productos S.A. de C.V.	Lic. Rubén Ruiz C. Ligia Ruiz Sagarnaga
SABAMEX	Ing. Genaro Ochoa

De igual manera se agradece la información proporcionada por parte de las siguientes instituciones públicas a través del sistema Federal y Estatal de transparencia INFOMEX:

Comisión Reguladora de Energía	PEMEX
PEMEX LOGISTICA	PEMEX Transformación Industrial

C. GLOSARIO

Asentamientos: Esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte y los asentamientos humanos de cualquier tamaño, a menos que ya estén incluidos en otras categorías. Esto debe ser coherente con las definiciones nacionales.

Biomasa: Masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados. El material vegetal muerto se puede incluir como biomasa muerta. *Quema de biomasa* es la quema de vegetación viva y muerta.

Cambio climático: Variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo 1, define el cambio climático como "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales. Véanse también Cambio climático asegurado y Detección y atribución.

Carbono negro (u hollín): Pequeña partícula negra y el mayor componente del material particulado 2.5 (PM2. 5) que contamina el aire, el cual es emitido junto con otros contaminantes por la combustión incompleta de biomasa y combustibles fósiles.

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC): Fue adoptada en Nueva York el 9 de mayo de 1992 y rubricada ese mismo año en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro, por más de 150 países más la Comunidad Europea. Su objetivo último es "la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático". Contiene cláusulas que comprometen a todas las Partes. En virtud de la Convención, las Partes incluidas en el anexo I (todos los países de la OCDE y países de economía en transición) se proponen retornar, para el año 2000, a los niveles de emisión de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal que existían en 1990. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. En 1997 la CMNUCC incorporó el Protocolo de Kioto.

Dióxido de carbono (CO_2): Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos

industriales (por ejemplo, producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1.

Fotosíntesis: Proceso en virtud del cual las plantas incorporan *dióxido de carbono* del aire (o bicarbonato, en un medio acuático) para formar hidratos de carbono, liberando oxígeno. La fotosíntesis se manifiesta mediante diferentes decursos, que exhiben respuestas diferentes a las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera.

Fuente: Todo proceso, actividad o mecanismo que libera a la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de cualquiera de ellos.

Gases de Efecto Invernadero (GEI): Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógeno, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre. Además, la atmósfera contiene cierto número de gases de efecto invernadero enteramente antropógeno, como los halocarbonos u otras sustancias que contienen cloro y bromo, y contemplados en el Protocolo de Montreal. Además del CO_2, N_2O y CH_4, el Protocolo de Kioto contempla los gases de efecto invernadero hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Halocarbonos: Término colectivo que designa el grupo de especies orgánicas parcialmente halogenadas, al que pertenecen los clorofluorocarbonos (CFC), los hidroclorofluorocarbonos (HCFC), los hidrofluorocarbonos (HFC), los halones, el cloruro de metilo y el bromuro de metilo. Muchos de los halocarbonos tienen un potencial de calentamiento global elevado. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo intervienen también en el agotamiento de la capa de ozono.

Hexafluoruro de azufre (SF_6): Uno de los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kioto. Se utilizan bastante en la industria pesada para el aislamiento de equipos de alto voltaje y como ayuda para la fabricación de sistemas de enfriamiento de cables. Su Potencial de calentamiento mundial es 23,500.

Hidrofluorocarbonos (HFC): Unos de los seis gases de efecto invernadero que se intentan eliminar en el marco del Protocolo de Kioto. Se producen de manera comercial como sustituto de los clorofluorocarbonos. Los HFC se utilizan sobre todo en refrigeración y fabricación de semiconductores. Su Potencial de calentamiento mundial se encuentra en la gama de 1,300 a 11,700.

Metano (CH_4): Uno de los seis gases de efecto invernadero que el Protocolo de Kioto se propone reducir. Es el componente principal del gas natural, y está asociado a todos los

hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura. Su valor de PCG es de 28.

Mitigación: Intervención humana encaminada a reducir las fuentes o potenciar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Otras tierras: Esta categoría incluye el suelo desnudo, roca, hielo y todas aquellas zonas que no estén incluidas en ninguna de las otras cinco categorías. Permite que el total de las superficies de tierra identificadas coincida con la superficie nacional de la que se tienen datos.

Óxido nitroso (N_2O): Uno de los seis gases de efecto invernadero que el Protocolo de Kioto se propone reducir. La fuente antropógena principal de óxido nitroso es la agricultura (la gestión del suelo y del estiércol), pero hay también aportaciones importantes provenientes del tratamiento de aguas residuales, del quemado de combustibles fósiles y de los procesos industriales químicos. El óxido nitroso es también producido naturalmente por muy diversas fuentes biológicas presentes en el suelo y en el agua, y particularmente por la acción microbiana en los bosques tropicales húmedos. Su valor de PCG es de 265.

Pastizales: Esta categoría incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación boscosa y otra vegetación no herbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores umbrales utilizados en la categoría de tierras forestales. La categoría también incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvo-pastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.

Perfluorocarbonos (PFC): Se encuentran entre los seis gases de efecto invernadero que se intenta reducir en el marco del Protocolo de Kioto. Son subproductos de la fundición del aluminio y del enriquecimiento del uranio. También sustituyen a los clorofluorocarbonos en la fabricación de semiconductores. El Potencial de calentamiento mundial de los PFC es 6,500 - 9,200 veces superior al del dióxido de carbono.

Potencial de Calentamiento Global (PCG): Índice basado en las propiedades radiativas de los gases de efecto invernadero, que mide el forzamiento radiativo obtenido de los impulsos de emisión en la atmósfera actual, de una unidad de masa de cierto gas de efecto invernadero, integrado a lo largo de un plazo de tiempo dado, en comparación con el causado por el dióxido de carbono. El PCM representa el efecto conjunto del diferente período de permanencia de esos gases y de su eficacia relativa como causante de un forzamiento radiativo. El Protocolo de Kioto está basado en el PCM asociado a los impulsos de emisión en un período de 100 años.

Quema de combustible: Oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato.

Silvicultura: Desarrollo y cuidado de los bosques.

Tierra gestionada: Aquella en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales.

Tierras de cultivo: Esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agro-silvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales.

Tierras forestales: Esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario nacional de gases de efecto invernadero. También incluye los sistemas con una estructura de vegetación que actualmente se encuentra por debajo, pero que potencialmente podría alcanzar in situ los valores umbrales utilizados por un país para definir la categoría de tierras forestales.

INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
MUNICIPIO DE CHIHUAHUA 2019

Primera edición: noviembre de 2019
H. Ayuntamiento de Chihuahua
Av. Independencia 209, Centro.
C.P. 31000 Chihuahua, Chih.