

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

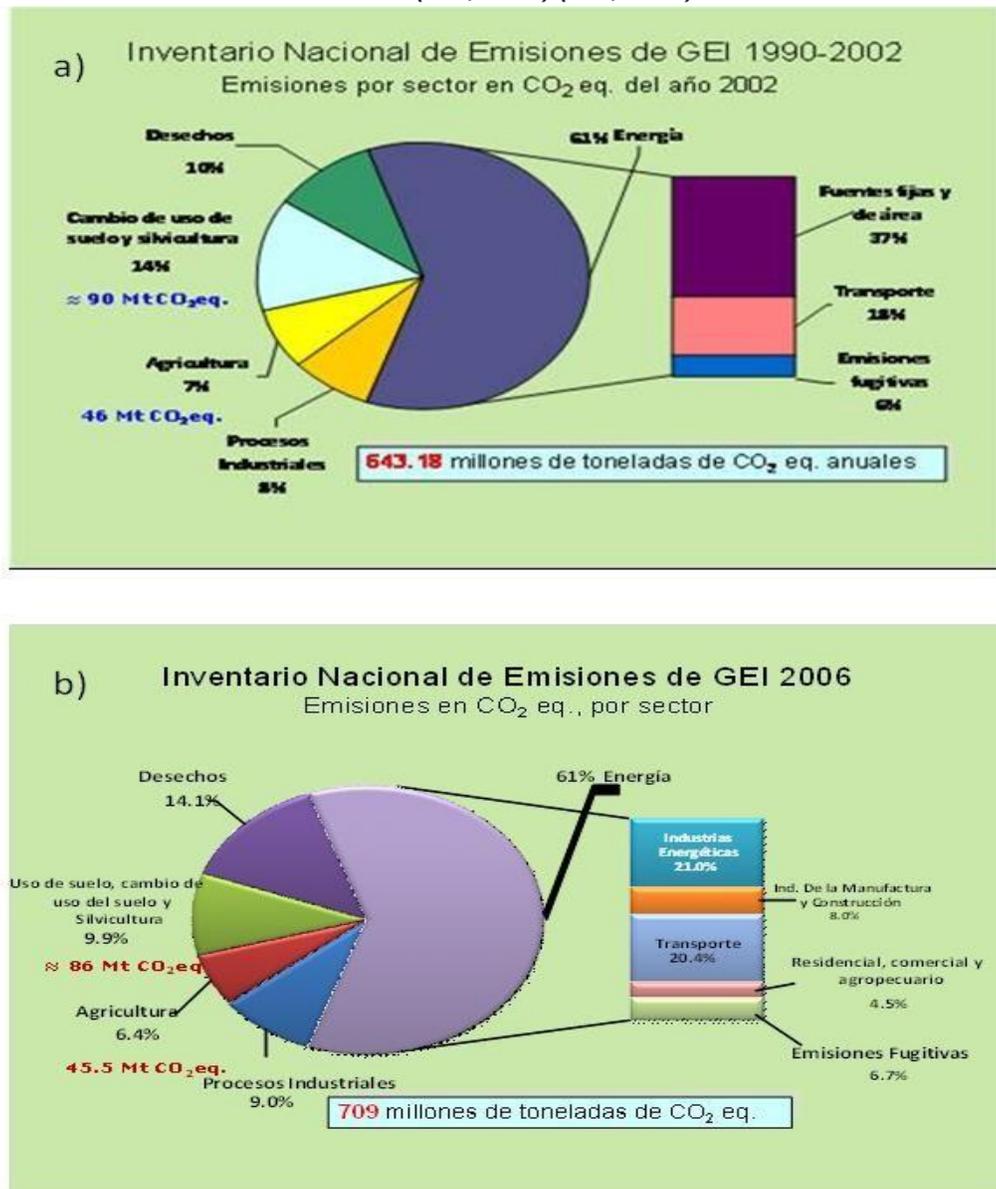
Para el año 2000, las emisiones producidas por todos los países del mundo, es decir; las emisiones globales, fueron de alrededor de 46 mil millones de toneladas de CO₂ equivalente (WRI, 2008), tomando en cuenta los 6 gases de efecto invernadero regulados por el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas ante el Cambio Climático (CMNUCC): CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆, y las emisiones procedentes del cambio de uso de suelo. México contribuyó aproximadamente con el 1.5% de las emisiones, ubicándose en la posición número 12 entre los 25 países que emiten más Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera.

Para dar cumplimiento a lo establecido por la CMNUCC, México debe realizar un inventario nacional de las emisiones antropogénicas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los GEI e informarlo periódicamente. Esto, con el interés de detectar las mayores fuentes de emisión y poder actuar en consecuencia, ya que el país adquirió el compromiso de disminuir estas emisiones en 30% para el año 2020 y en un 50% para el 2050, por lo que es necesario sumar esfuerzos de todos los niveles de gobierno y de todos los mexicanos.

El primer paso para tomar medidas consiste en el diagnóstico de la situación de las emisiones y la detección de las Fuentes más importantes. La primera comunicación presentada por México al Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) contiene el inventario de GEI del país desde 1990 hasta 2002 (INE, 2002). De este trabajo surgen las primeras investigaciones acerca de las determinaciones de los factores de emisión de las Fuentes presentes en el país, en las condiciones nacionales y esto ayudo a la disminución de incertidumbres

en los cálculos realizados. Posteriormente se realizó un informe que recoge las emisiones hasta el año 2006 que presentó un mayor nivel de precisión en los estimados (INE, 2006). Los resultados de los informes nacionales se muestran en la figura 1 (a y b). En éstas aparecen los totales de emisiones anuales además de las contribuciones por sector. Como es usual, el sector energético es el que más contribuye.

FIGURA 1. Emisiones de GEI en México. a) Año 2002. b) Año 2006. Fuente: INEGI (INE, 2002) (INE, 2006).



Fuente: PEACCH (2013-2016).

Como se observa de ambas figuras, las emisiones tienden a aumentar en todo el país, de 648 millones de toneladas anuales como promedio hasta el 2002 a 709 millones de toneladas en el año 2006. El aumento es lo esperado debido al desarrollo industrial y al crecimiento de la población, sin haber introducido medidas mitigadoras para estas emisiones en los años evaluados.

El sector de mayor emisión es el que corresponde a la categoría energía ya que en ésta se encuentran todas las emisiones debidas a la quema de combustibles. En esta categoría la industria generadora de energía eléctrica y el transporte tienen un gran aporte al total de emisiones, cercanas a un 20% en cada caso. Esta situación es similar en ambos gráficos. El tercer mayor aporte de emisiones a nivel nacional lo constituyen los desechos, con un 10% en el periodo hasta el 2002 y un 14% en el 2006. Es conocido que la generación de desechos va en aumento, lo cual es debido principalmente al aumento de población, pero también al fomento del consumismo, que lleva a un desarrollo no sustentable. La generación de emisiones por la industria de la manufactura también tiene un lugar preponderante, en especial la industria del cemento y la industria química.

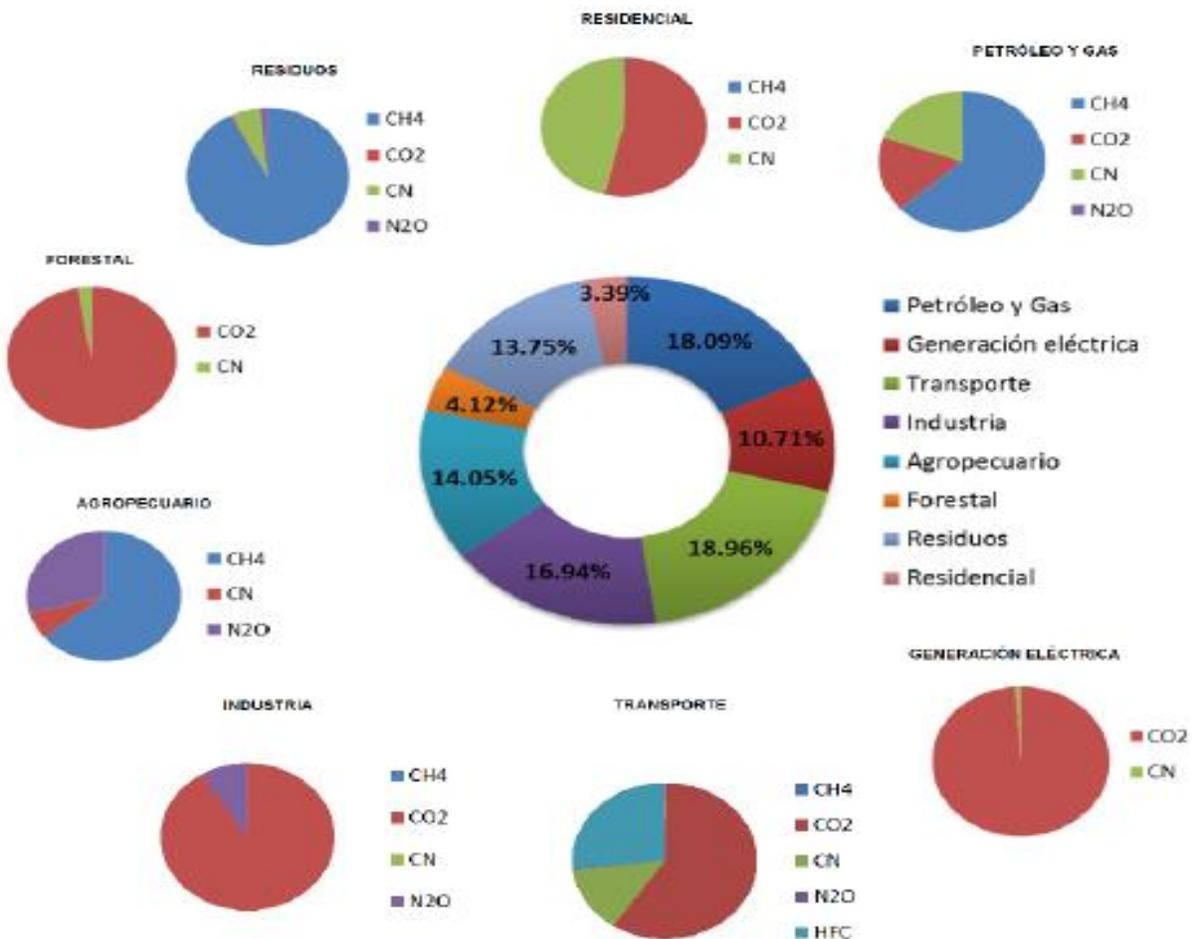
En la más reciente actualización del Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero se estimó que México emitió alrededor de 643.2 millones de toneladas de CO₂ con respecto al 2002. El 61% de estas emisiones derivaron de la quema de combustibles fósiles para la generación y uso de la energía en el sector transporte, residencial, industrial y comercial; el 14% se atribuyen a la destrucción de cobertura vegetal, principalmente de bosques y selvas; el 10% a la descomposición de materia orgánica en rellenos sanitarios y aguas residuales; 8% a la elaboración de ciertos productos industriales, y 7% por actividades agropecuarias, principalmente ganaderas (SEMARNAT, 2013).

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

- Carbono (CO₂): es consecuencia del transporte, los servicios públicos (electricidad, gas y petróleo, entre otros) y la producción industrial.

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

GRÁFICA 1. Línea base de emisiones: Compuesto y Gases de Efecto Invernadero GEI, MtCO_{2e} (PCG20).



Fuente: SEMARNAT, DGPCC (2013).

TABLA 1. Emisiones de compuestos y GEI en 2012.

SECTOR	PCG 100 GEI (MtCO₂e)	PCG20 GEI (MtCO₂e)	PCG 100 CN (MtCO₂e)	PCG20 CN (MtCO₂e)
Transporte	205.2	206.9	3.2	11.5
Petróleo y gas	81.8	171.5	11.5	41.0
Industria	125.9	152.4	1.2	4.3
Agropecuario	101.4	181.5	3.4	11.9
Residuos	48.5	139.8	2.2	7.9
Generación eléctrica	135.5	135.9	0.0	0.1
Forestal	59.6	59.6	0.8	2.9
Residencial	59.6	25.7	6.2	22.0
Total	783.5	1,073.3	28.5	101.6

Fuente: Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018.

TABLA 2. Emisiones de compuestos y GEI proyección al 2020.

SECTOR	PCG 100 GEI (MtCO₂e)	PCG20 GEI (MtCO₂e)	PCG 100 CN (MtCO₂e)	PCG20 CN (MtCO₂e)
Transporte	272.2	273.3	3.9	13.8
Petróleo y gas	111.9	228.8	12.8	45.4
Industria	191.5	228.4	1.6	5.7
Agropecuario	111.1	198.8	3.7	13.2
Residuos	72.0	199.6	2.4	8.7
Generación eléctrica	161.7	162.2	0.0	0.0
Forestal	59.6	59.6	0.8	2.9
Residencial	29.3	29.3	6.2	22.1
Total	1,009.3	1,380.2	31.4	111.8

Fuente: Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018.

Para el Estado de Hidalgo, el inventario considera las emisiones de GEI procedentes de las siguientes fuentes principales:

1 Emisiones de CO₂ provenientes de la quema de combustibles fósiles y de la producción de combustibles secundarios dentro de los sectores industriales, transporte, agrícola, residencial, institucional y de servicios.

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

El Inventario estatal de emisiones de GEI de Hidalgo comprende las estimaciones de las emisiones por fuente y sumidero para el año 2005 (año base). Se realizó conforme a lo establecido por el Gobierno Federal, y orientado por el Instituto Nacional de Ecología (INE)¹, para realizar el próximo inventario Nacional de forma desagregada, por cada Estado de país.

Este inventario de GEI se realiza por primera vez en Hidalgo y va dirigido a los gases que tienen la característica de aumentar el efecto invernadero en el planeta. El potencial de calentamiento atmosférico de los gases reseñados proviene de la captura que ejercen sobre la radiación infrarroja reflejada por la Tierra de la radiación recibida del Sol. El incremento sostenido de las concentraciones de estos gases en la atmósfera desde el inicio de la revolución industrial y, especialmente, la aceleración

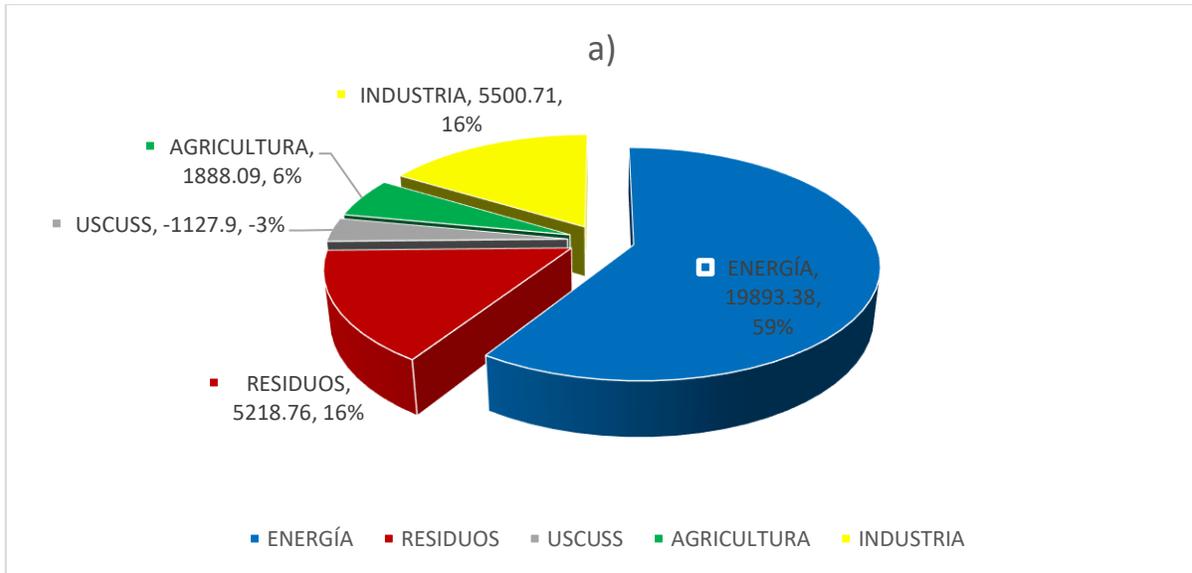
¹ Reformado actualmente a Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

de las concentraciones en los últimos 50 años, debido a las actividades humanas, es lo que sitúa la limitación y reducción de las emisiones antropogénicas de estos gases como objetivo instrumental para conseguir la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a unos niveles que no impliquen efecto en el calentamiento global atmosférico atribuible a las actividades humanas. Además, el inventario calcula la captura de CO₂ debida a la presencia de bosques y otro tipo de vegetación leñosa y la recuperación de áreas abandonadas.

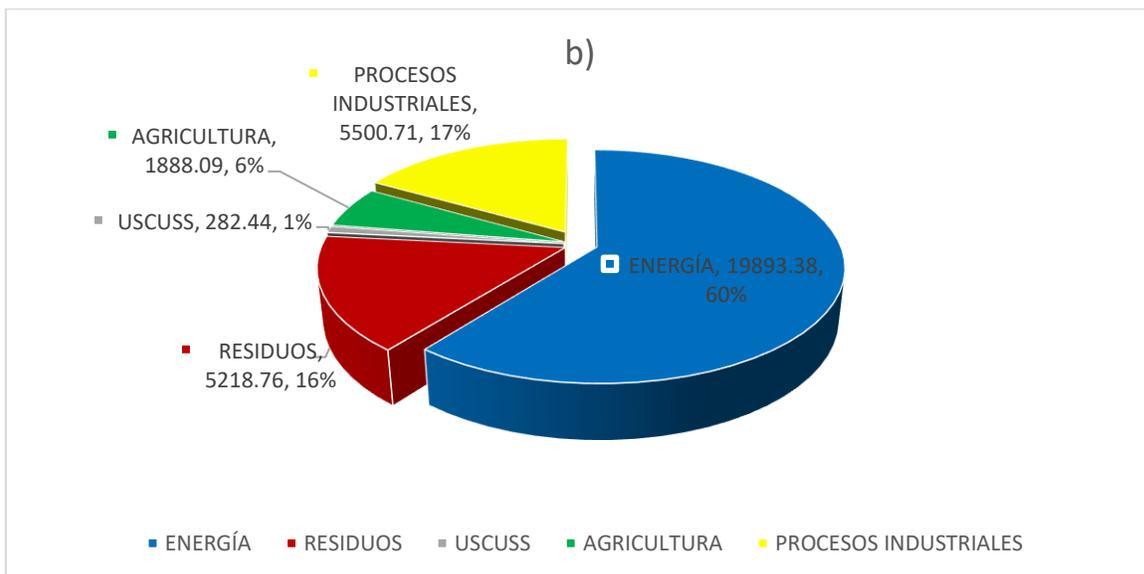
Las emisiones totales de GEI del Estado de Hidalgo en el año 2005 se calcularon mediante la metodología del ICCP 1996, resultando un total de emisiones de 32,783.38 Gg de CO₂eq y una captura de 1,134.20 Gg de CO₂ por lo cual se estima una emisión neta de 31,373.05 Gg CO₂eq. Las gráficas 2 y 3 muestran la importancia del aporte de cada gas y categoría. La categoría Energía es la mayor emisora para todos los gases, excepto el caso del metano que es más generado por la categoría Desechos, y de la emisión de COVDM y HCFC por la categoría Procesos Industriales. Por no poseer el factor de conversión, sólo se consideran el metano, el óxido nitroso y el Genetrón 142b (1-cloro-1,1-difluoroetano), junto con el CO₂ que es el principal gas emitido.

Las emisiones mayores provienen de la categoría Energía con un 65.2%, especialmente de la industria generadora de energía eléctrica y de la industria del cemento. Al respecto, un aspecto interesante es el hecho de que las emisiones de metano por Desechos superan las que provienen de los Procesos Industriales. Las emisiones de las aguas residuales industriales tienen un peso importante así como las provenientes de la presa Endhó. No obstante, los COVDM son muy elevados en los Procesos Industriales y no aparecen reflejados en esta gráfica por no disponer de los factores de calentamiento global. Los bosques del Estado constituyen un sumidero importante de CO₂ que corresponde a un 3.7% del total.

GRÁFICA 1. Emisiones netas de GEI del Estado de Hidalgo por categoría (Ggeq. CO₂): a) considera la captura de CO₂ y; b) no considera la captura de CO₂.



Fuente: IEGEIH, 2012.



Fuente: IEGEIH, 2012.

En la tabla 3 se destacan las fuentes de jurisdicción estatal y el resto pertenecen a empresas de carácter federal, muchas de ellas paraestatales y transnacionales. Se recomienda tener en cuenta esta jerarquización para la toma de decisiones en el PEACCH, si bien la mayoría de las emisiones más importantes son federales.

TABLA 3. Categorías de fuentes en las emisiones de GEI en el Estado de Hidalgo en el año 2005, expresados en Gg, eq. CO₂. En azul, las emisiones de competencia estatal.

	Subcategoría (Categoría)	CO ₂ equivalentes	Total Acumulado	% acumulado
1	Combustibles quemados en la Industria Generadora de Electricidad (Energía)	7,342.58	7,342.58	22.40
2	Producción de Cemento (Procesos Industriales)	3,710.84	11,053.42	33.72
3	Combustibles quemados en la Industria del cemento y la cal (Energía)	3,011.01	14,064.43	42.90
4	Combustibles quemados en la Industria Química (Energía)	2,708.98	16,773.41	51.16
5	Transporte vial (Energía)	2,671.57	19,444.98	59.31
6	Aguas residuales industriales (Residuos)	2,526.09	21,971.07	67.02
7	Combustibles quemados en la Industria Refinación de petróleo (Energía)	2,262.82	24,233.89	73.92
8	Fermentación entérica y manejo del estiércol del ganado (Agricultura)	1,239.63	25,473.52	77.70
9	Presa Endhó (Residuos)	1,102.02	26,575.54	81.06
10	Transporte aéreo (Energía)	1,022.48	27,598.02	84.18
11	Residuos sólidos (Residuos)	962.43	28,560.45	87.12
12	Emisiones de HCFC por industria de espumas (Procesos Industriales)	864	29,424.45	89.75
13	Producción de Mn, Ferreoaleaciones (Procesos Industriales)	462.71	29,887.16	91.17
14	Aguas Municipales (Residuos)	406.99	30,294.15	92.41
15	Combustibles quemados en la Industria Minero metalúrgica (Energía)	309.2	30,603.35	93.35
16	Emisiones indirectas de suelos (Agricultura)	285.2	30,888.55	94.22
17	Producción de cal (Procesos Industriales)	280.75	31,169.30	95.08
18	Emisiones directas de suelos (Agricultura)	248	31,417.30	95.83
19	Cambio de uso de suelo (USCUS)	202.85	31,620.15	96.45
20	Metano por fugas (Energía)	183.91	31,804.06	97.01
21	Presa Requena (Residuos)	158.85	31,962.91	97.50
22	Uso de Caliza (Procesos Industriales)	138.19	32,101.10	97.92
23	Manejo del estiércol	115.26	32,216.36	98.27
24	Alimentos y bebidas (Procesos Industriales)	92.74	32,309.10	98.55
25	Industria del papel (Procesos Industriales)	76.81	32,385.91	98.79
26	Quema de Biomasa (Procesos Industriales)	73.29	32,459.20	99.01
27	Industria textil (Procesos Industriales)	62.27	32,521.47	99.20
28	N ₂ O por excretas en aguas residuales del estado	62	32,583.47	99.39
29	Transporte ferroviario (Energía)	48.91	32,632.38	99.54
30	N ₂ O por quema de combustibles (Energía)	46.5	32,678.88	99.68
31	Uso de carbonatos (Procesos Industriales)	39.16	32,718.04	99.80
32	Metano por quema de combustibles (Energía)	26.88	32,744.92	99.88
33	Gas LP por el sector residencial/comercial (Energía)	25.55	32,770.47	99.96
34	Metano por quema de bosques (USCUSS)	6.3	32,776.77	99.98
35	Metano por pavimentación (Procesos Industriales)	2.52	32,779.29	99.99
36	Mantenimiento refrigeración Freón 22 (Procesos Industriales)	2.47	32,781.76	100.00
37	Consumo de gas LP en agricultura (Energía)	1.08	32,782.84	100.00
38	Industria transformación de la madera (Procesos Industriales)	0.09	32,782.93	100.00
39	Metano por aguas tratadas del estado (Residuos)	0.39	32,783.32	100.00

Fuente: Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Hidalgo 2013-2016.

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

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

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

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

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

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

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

Breve descripción general de las metodologías y las fuentes de datos utilizadas.

La metodología utilizada correspondió a la revisada por el PICC en 1996 (IPCC, 1996). Se siguió la Guía de las Buenas Prácticas y Manejo de Incertidumbre del IPCC, lo mismo que los estándares ISO 690 (International Organization for Standardization, 2010), ISO 10444 (International Organization for Standardization, 1994), ISO 5966 (Grey Literature International Steering Committee, 2007) para la elaboración de informes, referencias y clasificación de documentos. Varios de los expertos nacionales que contribuyeron a presente informe, aplicaron lo orientado en (IPCC, 2000) para su revisión.

Con el desarrollo de la Internet y la modernización del sector público en México mucha de la información necesaria para la realización del actual inventario fue obtenida directamente de los portales de varias secretarías de Estado y dependencias federales. Un listado de las instituciones y dependencias más importantes se muestran en: SCT: sitio web (IMT, 2007), (IMT, 2000), (SCT, 2005); SENER: sitio web y página del SIE.

Informes y prospectivas energéticas (SENER, 2010), (SENER, 2006), (SENER, 2006), (NOM, 2010), (NOM, 2006), (SENER, 2010); PEMEX: refinería. Oficinas y páginas web (PEMEX, 2006), (PEMEX, 2006); SEMARNATH: documentos rectores del Estado (HGO, 2005-2011), (HGO, 2009), (HGO, 2002), (SEMARNAT, 2005); SEMARNAT: delegación Hidalgo (SEMARNAT, 2010), (SEMARNAT, 2005); INEGI: delegación Hidalgo (INEGI, 1990-2007), sitio web (INEGI, 2006), Depto. de Geografía y Cartografía (INEGI, 1990-2007); SAGARPA: SIAP(SIAP, 2005), (SAGARPA, 2005),

(CONAPESCA/SAGARPA, 2005); SGM: sitio web (SE, 2007); INE: Base de datos (SEMARNAT, 2005); CONAGUA Informes publicados (CONAGUA, 2005), (SEMARNAT, 2008) y CEEA Informes técnicos (CEEA, 2011-2016); SEDECO: Anuarios estadísticos de producción por entidad federativa (GOBFED, 2012), (HGO, 2005-2011), (HGO, 2011-2016); CONAFOR: se consultaron varios documentos, programas, anuarios estadísticos y prospectivas de varios sectores nacionales y estatales (CEEA, 2011-2016), (GOBFED, 2012), (HGO, 2005-2011), (HGO, 2011-2016), (Scheele). También se consultaron publicaciones específicas según el tipo de categoría (Arvizu Fernández J. L., 2007), (Arvizu-Fernández, 2008), (Miranda Torres, 2004), (Doorn, 1997), (Metcalf, 1966), (Montelongo R, 2008), (SEMARNAT, 1996), (Sotomayor Garza Claudia, 1996), (Vignote Peña & Martínez Rojas, 2005), (Zamora Campos, 2007), (López Locía & Valencia Manso, 2001).

Descripción e interpretación de las emisiones por tipo de gas en unidades equivalentes de CO₂: Fuentes de emisión.

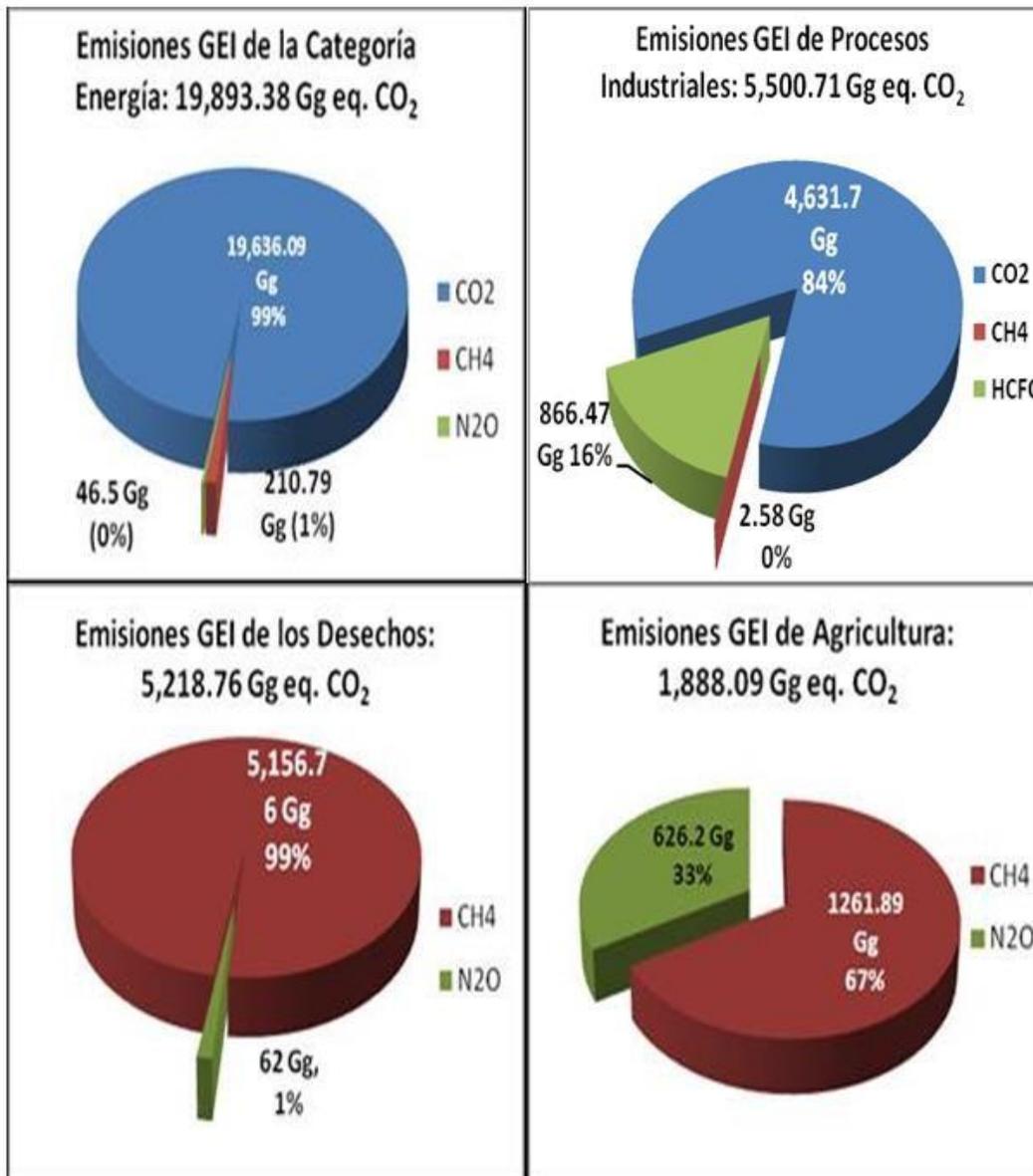
Para el cálculo de emisiones en las categorías Energía, Procesos Industriales, Agricultura y Desechos se obtuvo primeramente la información del Estado de Hidalgo sobre los valores de producciones industriales y uso de materias primas, consumo de combustibles, censos ganaderos y agrícolas, sistemas de riego, volúmenes de presas, datos del transporte y viviendas, censo de población.

Los resultados de todas las emisiones por gas y por categoría calculadas se muestran en la figura 2. Por no poseer el factor de conversión, sólo se consideran el metano, el óxido nitroso y el Freón 22 (HFC), junto con el CO₂ que es el principal gas emitido. El total de emisiones de estos cuatro gases compila un total neto de 30,504.12 Gg en unidades equivalentes de CO₂. En realidad, las emisiones totales, sin considerar los sumideros es de 31640.78 Gg eq., CO₂.

De manera similar a los resultados del inventario nacional, en el Estado de Hidalgo también se presenta la categoría Energía como la mayor fuente de emisiones de unidades equivalentes de CO₂, seguida de la categoría Desechos y Procesos Industriales. La emisión debida al cambio de uso de suelo y quema de bosques es

pequeña, pero se analiza aparte, ya que esta categoría es el sumidero de CO₂ del Estado, se consideran sus emisiones dentro del total del Estado.

Figura 2. Emisiones de GEI por cada categoría, en Gg eq. de CO₂. Nota: La categoría de USCUS emitte solamente un total de 276.14 Gg CO₂.



Fuente: IECEIH

El gas metano es debido principalmente a la categoría de Desechos, por las emisiones importantes de las aguas residuales industriales y los residuos sólidos municipales. En segundo lugar, la Agricultura aporta metano debido a la fermentación entérica del ganado y es la categoría que menos emisiones presenta. Sin embargo, presenta la mayor emisión de N₂O.

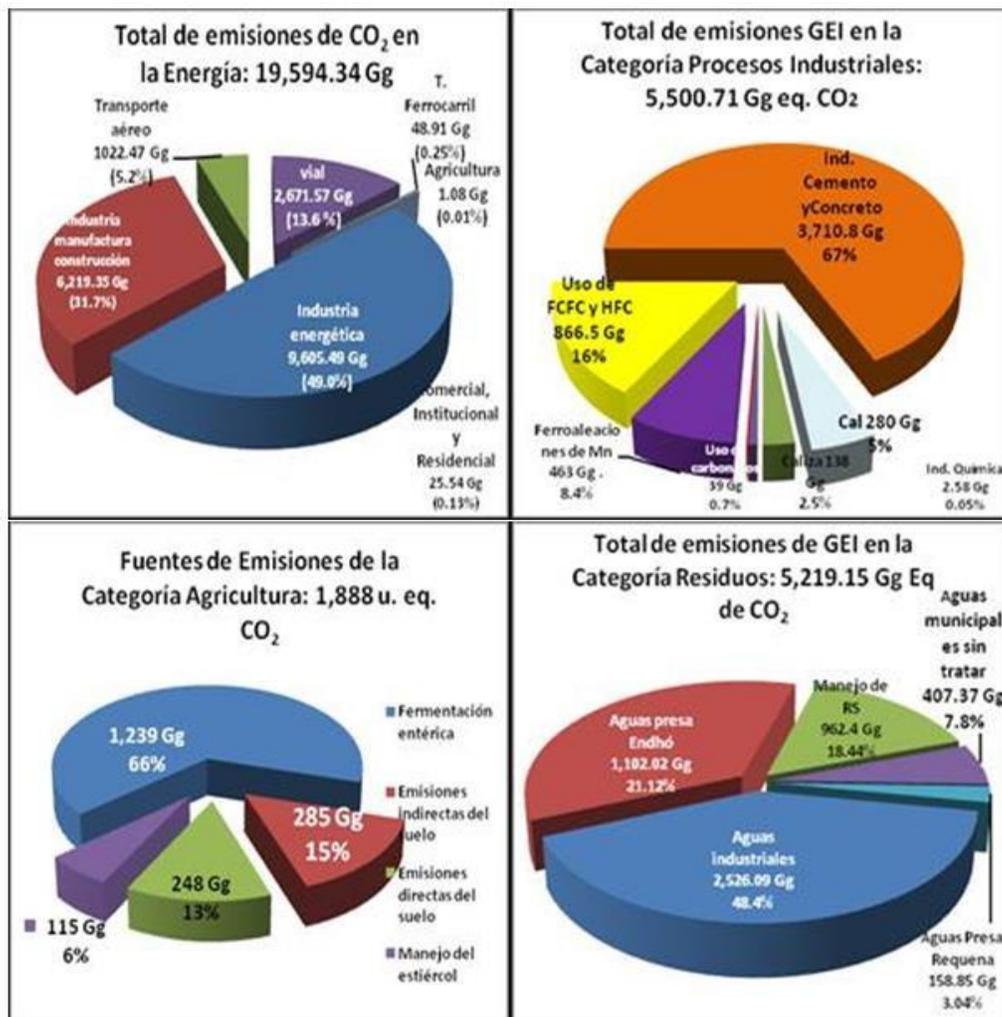
La figura 2 ilustra los resultados analizados, distribuidos por categorías y expresando el porcentaje de contribución de cada gas. Aparece el total de emisiones de cada categoría considerando solamente los gases en unidades equivalentes de CO₂. La categoría Energía aporta las dos terceras partes del total de emisiones del estado. Las categorías Procesos Industriales y Desechos tienen un aporte muy similar, si bien el tipo de gas predominante en cada caso es diferente. El metano y óxido nitroso presente en los desechos pueden ser recuperados para posterior utilización y el CO₂ predominante en los procesos industriales no.

Descripción e interpretación de las emisiones por cada categoría en unidades equivalentes de CO₂: Fuentes de emisión.

La figura 3 ilustra la distribución de los sectores dentro de cada categoría y expresando el porcentaje de contribución de cada uno. Aparece el total de emisiones de cada categoría considerando solamente los gases en unidades equivalentes de CO₂. Se precisan las contribuciones de cada sector. El aporte de la industria energética es el de mayor emisión en todo el inventario (9,605.49 Gg). El peso de la industria cementera es considerable tanto en la categoría Energía como por la de Procesos Industriales. Es un tipo de sector que emite CO₂ por quema de combustibles y por el propio proceso en grandes cantidades.

El transporte vial es otro sector importante a considerar, con emisiones de 2,671.57 Gg. Es típica la gran emisión de este sector en otros inventarios y por ello se valoran medidas para hacer vehículos más eficientes y cambios de tecnología hacia otras fuentes energéticas limpias. Se analiza aparte la categoría de USCUS.

Figura 3. Distribución por sectores y categorías de las emisiones de Gases Efecto Invernadero en el Estado de Hidalgo en el año 2005 en Gg eq., de CO₂.



Fuente: PEACCH (2013-2016).