



Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Estado de Querétaro, año base 2015

CONTRATO: OM/DA/426/2016

CONSULTORÍA EN INGENIERÍA DE PROYECTOS S DE RL

Tabla de contenido

Resumen Ejecutivo	6
1. Introducción	8
2. Descripción del área de estudio	9
2.1. Fisiografía e hidrografía.....	10
2.2. Condiciones Climáticas.....	10
2.3. Condiciones Socioeconómicas	11
3. Objetivo General:	15
3.1. Objetivos específicos:.....	15
4. Método de Cálculo	15
4.1. Método de Estimación	16
4.1.1. Estandarización y Validación de Información	16
4.1.2. Definir el nivel del inventario por categoría (Tier 1, Tier 2 o Tier 3)	16
4.1.3. Potenciales de calentamiento global	18
4.2. Balance de energía con LEAP	19
4.3. Estimación de la Incertidumbre	20
5. Resultados	22
ENERGÍA	23
Datos de Actividad	24
Metodología	32
Resultados	34
PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)	42
Procesos Industriales.....	43
Uso de productos	46
Resultados	47
AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA (AFOLU).....	49
Agricultura y Ganadería.....	50
Datos de actividad para Ganadería	51
Datos de actividad de Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO ₂ (Agricultura)	52
Cambio de uso de suelo	56

Resultados	57
DESECHOS	62
Datos de actividad para disposición de residuos sólidos urbanos	62
Datos de actividad para el tratamiento de aguas residuales	63
Resultados	63
BALANCE DE ENERGÍA CON LEAP Y SU PROYECCIÓN A 2030	66
ESTIMACION DE LA INICERTIDUMBRE	69
6. Conclusiones y recomendaciones	72
7. Referencias	75

Lista de tablas

Tabla 1. Emisiones de CO ₂ e en Mg/año para 2015 por sector para el Estado de Querétaro	7
Tabla 2. Municipios del estado de Querétaro	11
Tabla 3. Participación de las actividades económicas en el PIB estatal y nacional, 2015.....	12
Tabla 4. Nivel de cálculo del inventario por categoría y subcategoría	17
Tabla 5. Potenciales de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero.....	19
Tabla 6. Parámetros y valores utilizados para la línea base (2015- 2030)	20
Tabla 7. Inventario de Emisiones de GEI por categoría para el año 2015, para el Estado de Querétaro.....	22
Tabla 8. Consumo energético por tipo de combustible	24
Tabla 9. Consumo energético por sector	25
Tabla 10. Consumo energético para generación de electricidad.....	25
Tabla 11. Consumo energético para generación de energía por biogás.....	25
Tabla 12. Consumo energético por sector industrial manufacturero.....	26
Tabla 13. Consumo energético por municipio en TJ/año	29
Tabla 14. Consumo energético del subsector comercial por municipio	30
Tabla 15. Consumo energético del subsector residencial por municipio	31
Tabla 16. Consumo energético del subsector agropecuario por municipio	31
Tabla 17. Factores de emisión (Kg / TJ).....	33
Tabla 18. Poder calorífico de los combustibles utilizados.....	34
Tabla 19. Emisiones de GEI en Mg/año por subcategoría	34
Tabla 20. Emisiones de GEI en Mg/año por municipio	35
Tabla 21. Emisiones de CO ₂ e por municipio y subcategoría en toneladas anuales.....	37
Tabla 22. Emisiones de GEI por consumo de combustibles de los diferentes sectores industriales (t/año)	37
Tabla 23. Emisiones de GEI por subcategoría de transporte en toneladas anuales	39
Tabla 24. Emisiones de GEI (Mg/año), por Tipo de Vehículo	40
Tabla 25. Emisiones de GEI por subcategoría en toneladas anuales	41
Tabla 26. Factores de emisión por el consumo de sustancias carbonatadas	45
Tabla 27. Factores de emisión para la producción de alimentos.....	46
Tabla 28. Emisiones por municipio y tipo de contaminante	47
Tabla 29. Distribución de la población por municipio.....	51
Tabla 30. Aplicación de cal por municipio.....	52
Tabla 31. Datos sobre aplicación de Urea de por municipio	53
Tabla 32. Cantidad de fertilizante aplicado por municipio	54
Tabla 33. Información sobre siembra/cosecha de trigo y maíz	55
Tabla 34. Información incendios forestales y pastizales en 2015.....	56
Tabla 35. Resultados en Ton /año por municipio	57
Tabla 36. Emisiones de CO ₂ e por municipio de la subcategoría agricultura para Querétaro, 2015 (ton/año)	58
Tabla 37. Emisiones totales de CO ₂ por municipio en 2015 para Querétaro (Gg/año)	60

Tabla 38. Disposición de residuos sólidos urbanos	63
Tabla 39. Plantas de tratamiento de aguas residuales en la entidad	63
Tabla 40. Emisiones totales de la categoría de Desechos toneladas/año	63
Tabla 41. Balance de combustible SENER- LEAP Querétaro 2015 (PJ).....	66
Tabla 42. Demanda de energía en PJ, para línea base obtenido con LEAP (2015-2030) en el estado de Querétaro	66
Tabla 43. Información sobre generación eléctrica para la central eléctrica El Sauz.....	67
Tabla 44. Curva de carga del sistema para El Sauz por horas para 2015	67
Tabla 45. Emisiones de CO ₂ , CH ₄ y N ₂ O para el estado de Querétaro calculados con LEAP para el sector eléctrico (2015 – 2030) (miles de ton/año).....	67
Tabla 46. Emisiones de CO ₂ equivalente por subsector del sector energía para Querétaro (2015 – 2030)	68
Tabla 47. Estimación por sector de la incertidumbre y la incertidumbre combinada.	70

Lista de figuras

Figura 1. Porcentajes de contribución para CO ₂ e en el estado de Querétaro	6
Figura 2. Distribución de emisiones de CO ₂ e a nivel municipal en el estado de Querétaro.....	7
Figura 3. Mapa del Estado de Querétaro	9
Figura 4. Población total del Estado de Querétaro (1900 - 2015)	11
Figura 5. PIB del Estado de Querétaro, 2014.	12
Figura 6. Subsectores más importantes de las Industrias manufactureras en Querétaro, 2015.	13
Figura 7. Consumo de petrolíferos en el Estado de Querétaro 1996-2016	13
Figura 8. Consumo de gas licuado de petróleo en el Estado de Querétaro 2006-2015	14
Figura 9. Usuarios y consumo de energía eléctrica en el Estado de Querétaro 2002-2016	14
Figura 10. Estructura general de un análisis de incertidumbre genérico	21
Figura 11. Contribución porcentual por categoría de CO ₂ e en el Estado de Querétaro.....	22
Figura 12. Subcategorías del sector Energía	23
Figura 13. Distribución en porcentaje por categoría vehicular en el estado de Querétaro 2015	28
Figura 14. Distribución por año modelo de la flota vehicular del estado de Querétaro 2015	28
Figura 15. Distribución de la flota vehicular por tipo de combustible en Querétaro en 2015	29
Figura 16. Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO ₂ procedentes de fuentes de combustión	32
Figura 17. Contribución de las emisiones de CO ₂ e por subcategoría	35
Figura 18. Distribución de las emisiones de CO ₂ e a nivel municipal del sector energía	36
Figura 19. Contribución porcentual de las emisiones de CO ₂ e por subcategoría y municipio	36
Figura 20. Contribución porcentual de las emisiones de CO ₂ e por sector industrial manufacturero	38
Figura 21. Contribución porcentual de las emisiones de CO ₂ e por sector industrial manufacturero	38
Figura 22. Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), municipio y tipo de medio de transporte	39
Figura 23. Emisiones de CO ₂ e (Mg/año), por tipo de vehículo	40
Figura 24. Emisiones de CO ₂ e (Gg/año), municipio y sector.....	41
Figura 25. Subcategorías del sector procesos industriales y uso de productos.....	42
Figura 26. Emisiones de CO ₂ e, por subcategoría	48
Figura 27. Distribución de las emisiones de CO ₂ e a nivel municipal del sector IPPU	48
Figura 28. Subcategorías del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.....	49
Figura 29. Proceso general de estimación de emisiones	57
Figura 30. Emisiones de CO ₂ e por la subcategoría de ganadería.....	58
Figura 31. Emisiones por el subsector agricultura en el estado de Querétaro.....	59
Figura 32. Emisiones y absorciones de GEI (t CO ₂ e) por la categoría de USCUS.....	61
Figura 33. Distribución de las emisiones de CO ₂ e a nivel municipal de sector AFOLU	61
Figura 34. Subcategorías incluidas en este sector	62
Figura 35 Emisiones de CO ₂ e por municipio Gg/año	64
Figura 36 Distribución de las emisiones de CO ₂ e a nivel municipal del sector Desechos.....	65
Figura 37 Aporte porcentual de las diferentes subcategorías a la emisión total de CO ₂ e.....	65

Resumen Ejecutivo

El cambio climático es un fenómeno que consiste en el aumento de la temperatura superficial del planeta debido al aumento en la concentración de ciertos contaminantes atmosféricos, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI), para lo cual se utilizan herramientas de diagnóstico que nos apoyen y den a conocer las fuentes que generan estos contaminantes, en México se utilizan instrumentos como el PEACC (Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático), para el desarrollo y diseño de políticas públicas sustentables y para acciones relacionadas en materia de cambio climático, en el orden de gobierno estatal y municipal.

La principal herramienta o la base de los PEACC es el inventario estatal de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) el cual contiene las emisiones de estos gases de los sistemas naturales y humanos de interés para el Estado, por lo cual el estado de Querétaro desarrolla para el presente trabajo el Inventario de emisiones de GEI con año base 2015.

El inventario de emisiones de GEI está desarrollado mediante las directrices de IPCC 2006, para los sectores de energía, procesos industriales y uso de productos (IPPU), AFOLU (uso de productos, ganadería, agricultura, cambio de uso de suelo) y desechos.

Cada sector esta desagregado por subsector para los cuales y de acuerdo a la información obtenida del Estado se calcula mediante el nivel 1, 2 o 3 de las metodologías IPCC 2006 y 1996.

Los resultados fueron obtenidos dependiendo de cada sector y subsector para gases de efecto invernadero (CO₂, N₂O, CH₄), los resultados a continuación se presentan como CO₂ equivalente en el caso de los GEI; la Figura 1 muestra los porcentajes de contribución de cada uno de los sectores en el inventario de emisión de GEI para Querétaro. Las emisiones totales fueron 19,442,869.41 Mg/año de CO₂ equivalente para 2015 en el Estado de Querétaro.

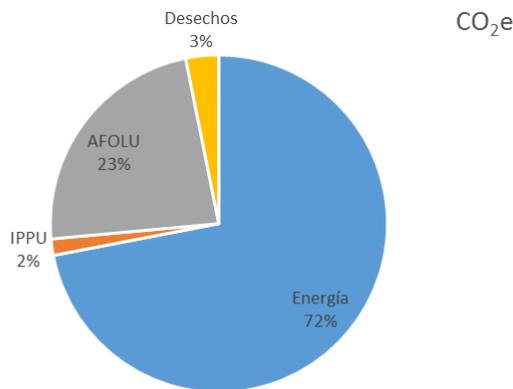


Figura 1. Porcentajes de contribución para CO₂e en el estado de Querétaro

El sector de Energía es el que aporta la mayor cantidad de CO₂e con un 72%, seguido del sector AFOLU con un 23%.

Los resultados del Inventario de GEI, muestra los sectores con mayor contribución de GEI, en los cuales se pueden implementar acciones de mitigación a mediano y largo plazo.

En la tabla 1 se presentan las emisiones de CO₂e por sector.

Tabla 1. Emisiones de CO₂e en Mg/año para 2015 por sector para el Estado de Querétaro

Categoría	2015
Energía	13,994,820.55
IPPU	305,488.11
AFOLU	4,527,879.80
Desechos	614,680.96
Estatal	19,442,869.41

La Figura 2 muestra la distribución de las emisiones de CO₂e a nivel municipal en el estado de Querétaro, donde los municipios con mayores emisiones fueron Querétaro, San Juan del Río, Pedro Escobedo y El Marqués.

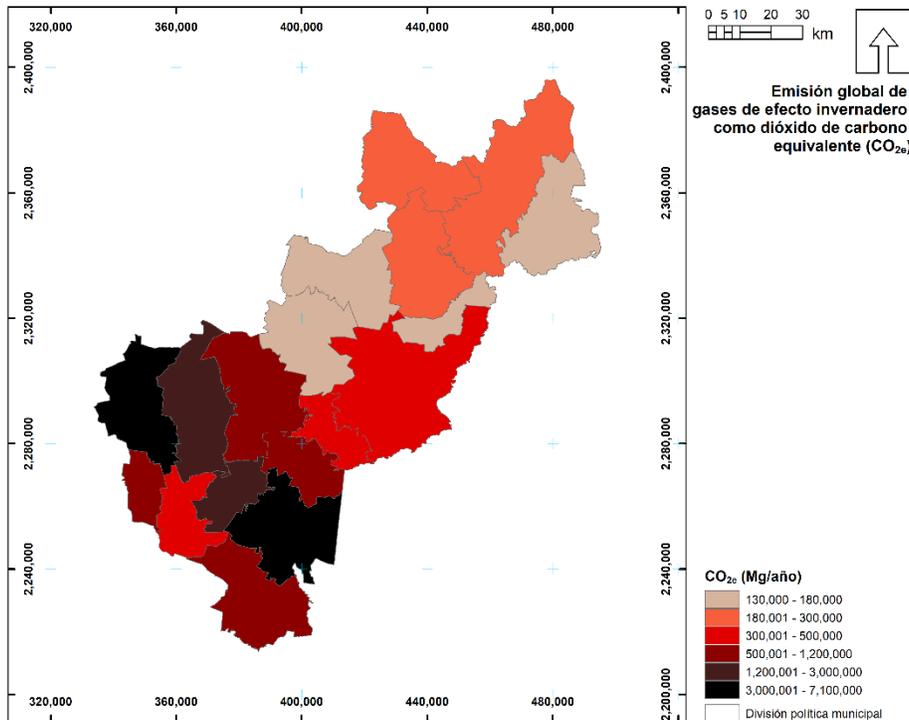


Figura 2. Distribución de emisiones de CO₂e a nivel municipal en el estado de Querétaro

Una de las consideraciones realizadas para el presente trabajo es el cálculo de la incertidumbre para cada subsector y sector involucrado, esto fue realizado mediante el método 1 que se describe en las directrices de IPCC 2006, se estima que el inventario tiene una incertidumbre combinada global de 8.86%.

Se realizó el balance de energía con el modelo LEAP (Long-range energy alternatives planning system) para el Estado de Querétaro, haciendo una proyección de las emisiones por el sector energía para el año 2030.

1. Introducción

El calentamiento global es un fenómeno que consiste en el aumento de la temperatura superficial del planeta debido al aumento en la concentración de ciertos contaminantes atmosféricos, llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) tales como bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC's), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), gases controlados por el Protocolo de Kioto. Cuando este desequilibrio atmosférico es de origen antropogénico, es decir procedentes de las actividades del ser humano tales como el uso y obtención de energía, industria, uso y explotación de los recursos naturales, toma una importancia relevante en las cuestiones socioeconómicas y de desarrollo de los países, ya que las consecuencias de este cambio climático compromete la sustentabilidad de los ecosistemas.

En el contexto de cambio climático, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define emisiones, como la liberación de gases y compuestos de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera, en una zona y un período de tiempo específicos, que pueden darse de manera natural o por producto de actividades humanas.

Entre las que se incluyen la combustión de combustibles fósiles para producción de energía, la deforestación y los cambios en el uso de las tierras que tienen como resultado un incremento neto de emisiones, o las emisiones derivadas de procesos naturales que afectan las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Un compromiso de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es "Elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes, de conformidad con el Artículo 12, inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes" (Artículo 4, texto de la Convención).

La Ley General de Cambio Climático define al Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero como el documento que contiene la estimación de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros en México.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) actualizó el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero; obteniendo que en México, las emisiones totales de GEI en 2013 sin incluir las absorciones por las permanencias del sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (USCUSS) fueron de 665,304.92 Gg de CO₂e; derivados de CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y SF₆.

Las emisiones netas, al incluir las absorciones por permanencias, fueron de 492,307.31 Gg de CO₂e. Los sectores del inventario son: generación eléctrica (19.0% de las emisiones totales); petróleo y gas (12.1%); fuentes móviles de autotransporte y no carreteras (26.2%); industria (17.3%); agropecuario (12.0%); uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (USCUSS) (4.9%); residuos, residencial y comercial (3.9%).

El gobierno del estado de Querétaro en conjunto con la Universidad Autónoma de Querétaro en el año 2010 realizaron el Inventario estatal de gases de efecto invernadero año base 2005, como parte del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático; entre los resultados más importantes destacan; que el 32% de las emisiones de GEI en el Estado fueron generadas por el transporte, el 19% por el sector energía, otro 19% por el cambio de uso de suelo, el 18% por el sector residuos, el 11% por el sector agropecuario y el 1% por procesos industriales.

2. Descripción del área de estudio

El Estado de Querétaro se localiza en el centro del territorio nacional, cuenta con una extensión territorial de 11,687.69 km², el 0.6% de la superficie del país; tiene 18 municipios y su capital es Santiago de Querétaro (Figura 3).

Sus coordenadas geográficas son: al norte 21°40'12", al sur 20°00'54" de latitud norte; al este 99°02'35", al oeste 100°35'48" de longitud oeste. Al norte colinda con Guanajuato y San Luis Potosí; al este con San Luis Potosí e Hidalgo; al sur con Hidalgo, México y Michoacán de Ocampo; al oeste con Guanajuato (INEGI, 2015).

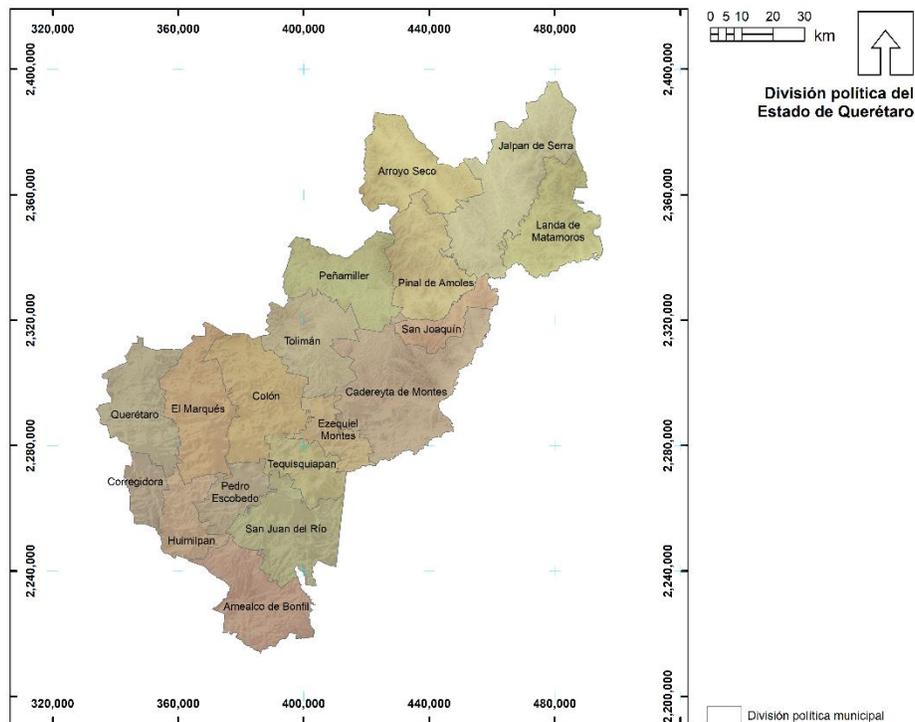


Figura 3. Mapa del Estado de Querétaro

2.1. Fisiografía e hidrografía

En el estado de Querétaro, se encuentran representadas tres provincias fisiográficas del país, el Eje Neovolcánico, la Mesa del Centro y la Sierra Madre Oriental, cuyas superficies corresponden a 49.53, 13.75 y 36.66 % respectivamente (INEGI, 2015).

El Eje Neovolcánico, está ubicado en el centro y en el sur de la entidad. Se caracteriza por poseer un paisaje volcánico y geomorfológicamente presenta contrastes entre los cerros y mesetas situados entre los 2 y 3 mil msnm y los valles que se localizan entre los mil 800 y mil 900 metros de altitud.

La provincia de la Mesa del Centro se ubica en las zonas centro y occidente del Estado; se caracteriza por formas geológicas alineadas de norte a sur, las cuales integran una serie de mesetas con altitudes que promedian los 2 mil msnm, con algunos cerros que pueden sobrepasar los 3 mil metros de altitud.

Y la Sierra Madre Oriental, también conocida en la entidad como Sierra Gorda, se ubica en el nororiente de Querétaro.

Esta zona se caracteriza por una topografía abrupta, configurada por cordilleras alargadas y valles con una alineación preponderante noreste al suroeste y yuxtaposición de elevaciones superiores a los 3 mil metros de altitud, con depresiones de 900 msnm. Las diferencias de altitud y clima permiten el desarrollo de zonas boscosas y selva mediana.

2.2. Condiciones Climáticas

El Estado es muy montañoso, notablemente en la Sierra Gorda Queretana, parte de la Sierra Madre Oriental. El área entre las dos (los Valles y el Semidesierto) está compuesto por numerosos valles y usualmente cerros pequeños. El municipio con asentamientos más elevados es Amealco de Bonfil a 2,620 m; y el que tiene asentamientos más bajos es Jalpan de Serra a 760 m. Las localidades con más de 100 mil habitantes: Santiago de Querétaro y San Juan del Río están situados a 1,820 y 1,920 msnm respectivamente. Querétaro tiene una altitud media de 1,900 metros sobre el nivel del mar.

Querétaro cuenta con una variedad de climas, debido principalmente a su altitud; de acuerdo al INEGI (2012) el más extenso es el semiseco templado con el 37.3% de la superficie estatal, seguido del templado semihúmedo con lluvias en verano (23.1%), el semicálido subhúmedo con lluvias en verano (21.5%), el semiseco semicálido (9.1%), el seco semicálido con 4.1% y otros tipos de clima con el 4.9%.

La temperatura y precipitación media anual, también varía de manera importante de una región a otra, donde la región con mayor temperatura y precipitación está en Jalpan con 23.8°C y 835.7 mm de agua. La capital del Estado tiene una temperatura promedio anual de 18.9°C y una precipitación promedio anual de 556.0 mm de agua. San Juan del Río 17.5°C de temperatura promedio anual y una precipitación de 555.7 mm de agua.

2.3. Condiciones Socioeconómicas

De acuerdo al INEGI en la Encuesta Intercensal 2015 la población en el Estado de Querétaro fue de 2,038,372 habitantes; esta población equivale al 1.7% del total de la población del país (Tabla 2). El 72.87% de la población se ubica en 4 municipios: Querétaro, San Juan del Río, Corregidora y El Marqués.

Tabla 2. Municipios del estado de Querétaro

Clave	Municipio	Población 2015	Clave	Municipio	Población 2015
1	Amealco de Bonfil	61,259	10	Landa de Matamoros	17,947
2	Pinal de Amoles	25,623	11	El Marqués	156,275
3	Arroyo Seco	13,307	12	Pedro Escobedo	68,313
4	Cadereyta de Montes	69,549	13	Peñamiller	20,144
5	Colón	62,667	14	Querétaro	878,931
6	Corregidora	181,684	15	San Joaquín	9,480
7	Ezequiel Montes	40,572	16	San Juan del Río	268,408
8	Huimilpan	38,295	17	Tequisquiapan	70,742
9	Jalpan de Serra	26,902	18	Tolimán	28,274

En el 2015 en el Estado de Querétaro 70% de la población era urbana y 30% rural; con una densidad de población a nivel estatal de 174 personas por km², lo que la coloca en la octava entidad a nivel nacional.

Los censos realizados de 1900 a 2010, así como la Encuesta intercensal en 2015 muestran el crecimiento de la población en el Estado de Querétaro (Figura 4).

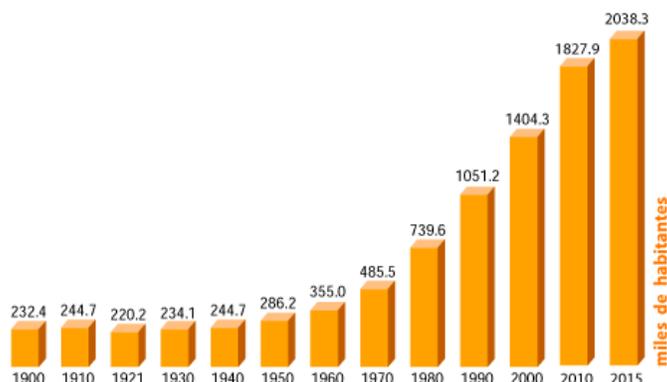


Figura 4. Población total del Estado de Querétaro (1900 - 2015)

Fuente: INEGI, 2016

En el 2015 de acuerdo al INEGI, en Querétaro había 533,457 viviendas particulares; el 83.1% disponen de agua entubada dentro de la vivienda, el 99.1% de las viviendas cuentan con energía eléctrica y el 81.4% de los ocupantes de las viviendas disponen de drenaje conectado a la red pública. Asimismo, la Encuesta Intercensal 2015 indica que el 8.5% de las viviendas en el Estado usan leña o carbón como combustible para cocinar (INEGI, 2016).

En 2015, el Producto Interno Bruto (PIB) del Estado de Querétaro fue de 402,829 millones de pesos corrientes, con lo que aportó 2.35% al PIB nacional. En ese mismo año el sector terciario constituyó con el 52.71% del PIB estatal, por debajo del promedio nacional (63.81%), así como el sector primario (agropecuario, por ejemplo) contribuye con el 2.39% ubicándose también por debajo del nacional (3.36%); en contraste el sector secundario (industria), contribuye con el 44.90% del PIB estatal, porcentaje mayor al promedio nacional (32.83%), (Figura 5).

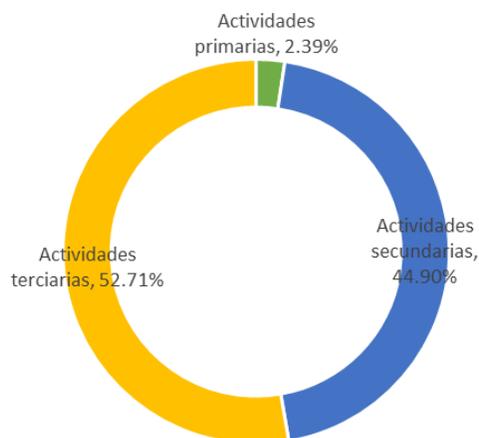


Figura 5. PIB del Estado de Querétaro, 2014.

Fuente: INEGI, 2017

A nivel de actividad económica, en 2015, las siete actividades económicas más importantes en el Estado generaron 82.52% de la actividad económica en Querétaro.

En la Tabla 3 se presenta la estructura económica por las principales actividades económicas en Querétaro comparándola con la nacional en valores corrientes; se observa que las industrias manufactureras tienen la participación más alta en el PIB local, lo cual denota la vocación productiva del Estado. Destacan también, con una participación en el PIB estatal mayor que en el nacional, los sectores comercio y construcción.

Tabla 3. Participación de las actividades económicas en el PIB estatal y nacional, 2015.

Actividad económica	% Estatal	% Nacional
Industrias manufactureras	29.99	18.87
Comercio	19.58	17.44
Construcción	12.71	7.65
Servicios inmobiliarios	8.34	11.66
Transporte, correos y almacenamiento	5.94	6.56
Servicios educativos	3.23	4.43
Actividades del gobierno	2.73	4.44
Otros	17.48	28.96

Fuente: INEGI, 2017

En la Figura 6, se presentan los subsectores más importantes de la industria manufacturera en el Estado en 2015.



Figura 6. Subsectores más importantes de las Industrias manufactureras en Querétaro, 2015.

Fuente: INEGI, 2017

El crecimiento promedio anual de la economía estatal, en términos reales, fue de 7.84% de 2003 a 2015, por lo cual ocupó el primer lugar entre las 32 entidades federativas del país.

De acuerdo a las estadísticas de SENER, se reporta que en los últimos 20 años (1996-2016) ha habido un crecimiento en las ventas de petrolíferos en el Estado de Querétaro, en el caso de las gasolinas han aumentado en un 90%, y en el caso del diésel, un 27% (Ver Figura 7).

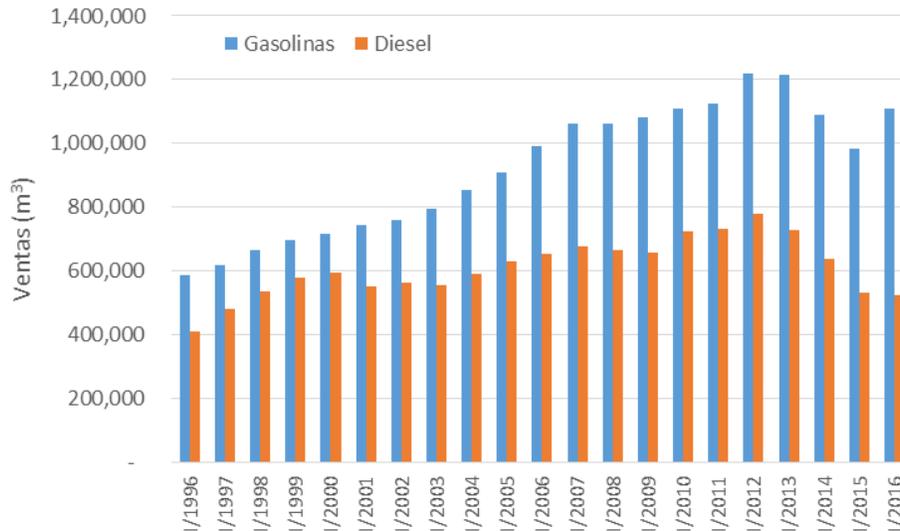


Figura 7. Consumo de petrolíferos en el Estado de Querétaro 1996-2016

Fuente: Elaboración propia con información de SIE, 2017.

El consumo de gas licuado de petróleo en la Entidad de acuerdo a las ventas reportadas por las estadísticas de SENER en los últimos 10 años había tenido una fluctuación promedio constante, decreciendo en los últimos años (Figura 8).

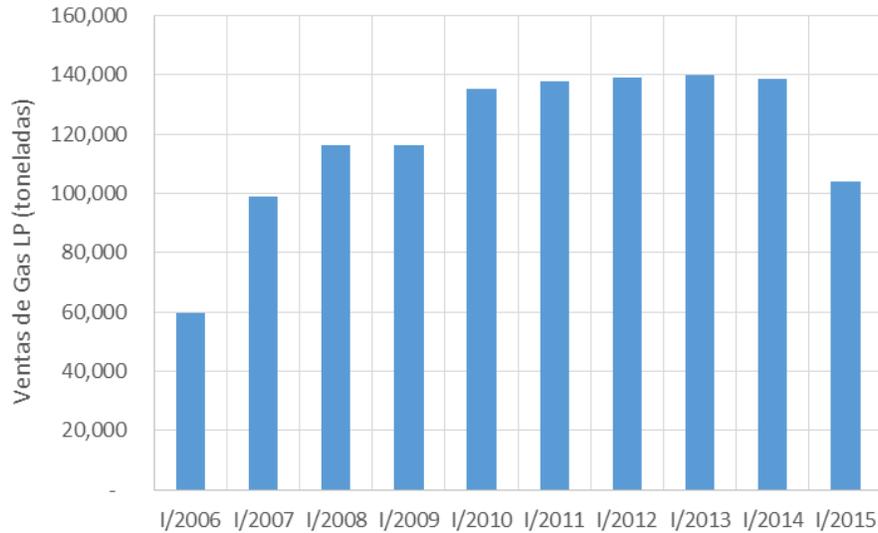


Figura 8. Consumo de gas licuado de petróleo en el Estado de Querétaro 2006-2015

Fuente: Elaboración propia con información de SIE, 2017.

En el caso de la energía eléctrica en la Entidad el número de usuarios de energía eléctrica han aumentado en un 100.3% en los últimos 15 años (2002 a 2016); y su consumo se ha incrementado en un 62.15% en el mismo periodo (Figura 9).

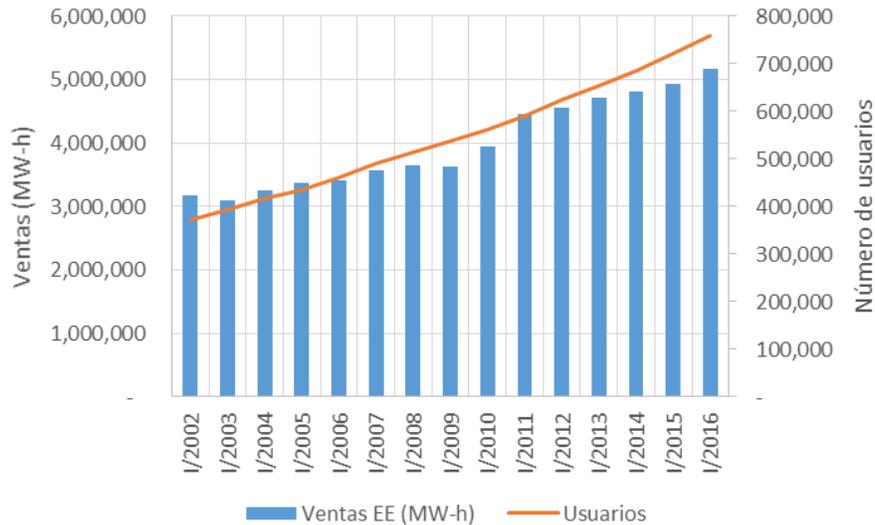


Figura 9. Usuarios y consumo de energía eléctrica en el Estado de Querétaro 2002-2016

Fuente: Elaboración propia con información de SIE, 2017.

3. Objetivo General:

Desarrollar el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Querétaro, año base 2015; como una herramienta útil para la toma de decisiones, la investigación científica y la identificación de oportunidades para la mitigación de los impactos generados tanto en la entidad como su contribución a nivel global.

3.1. Objetivos específicos:

- 1) Elaborar el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero para el Estado de Querétaro año base 2015.
- 2) Obtener una resolución del inventario a nivel municipal.
- 3) Inventariar las categorías compatibles con el inventario nacional de emisiones de GEI.
- 4) Generar el balance de energía con el modelo LEAP para el estado de Querétaro.
- 5) Realizar el cálculo de la incertidumbre del inventario y un análisis de sensibilidad.

4. Método de Cálculo

Se realizó el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero para las cuatro categorías consideradas por IPCC 2006:

- 1) Energía (generación, industria, transporte, residencial comercial y agricultura).
- 2) Proceso industriales y uso de productos (IPPU) (producción y uso de minerales, producción de metales, industria química, algunos procesos como producción de papel, alimentos y bebidas, y finalmente, en la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre).
- 3) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU).
- 4) Desechos (disposición de los residuos sólidos municipales y el manejo, tratamiento de las aguas residuales municipales e industriales, e incineración de residuos).

Los gases de efecto invernadero que se estimaron son los incluidos en el ANEXO A del Protocolo de Kioto:

1. Bióxido de carbono (CO₂)
2. Metano (CH₄)
3. Óxido Nitroso (N₂O)
4. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
5. Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM)
6. Halocarbonos (HFC, PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Así como el bióxido de carbono equivalente (CO₂eq).

4.1. Método de Estimación

La metodología utilizada fue la del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) 2006 y 1996 para los precursores de ozono en el sector de procesos industriales, el abordaje metodológico simple más común consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominado datos de la actividad o AD, del inglés Activity Data) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria, se los denomina factores de emisión (EF, del inglés, Emission Factors). Por consiguiente, la ecuación básica es:

$$Emisiones = AD \times EF \quad \text{Ecuación 1}$$

4.1.1. Estandarización y Validación de Información

Con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Sustentable, se obtuvo la información necesaria para el desarrollo del proyecto, a través de solicitudes de información a las dependencias e instituciones correspondientes, además de la obtención de información oficial disponible en internet útil para el proyecto.

La información recopilada se estandarizó a formato Excel, para conformar una base de datos por categoría, posteriormente se verificó la transcripción de información y se procedió a realizar la validación de unidades así como contrastándolos con la fuente original. En el caso del consumo de energía se tuvieron múltiples fuentes de información para una misma subcategoría, por lo que se consideró la más desagregada y completa para cada tipo de combustible.

4.1.2. Definir el nivel del inventario por categoría (Tier 1, Tier 2 o Tier 3)

De acuerdo a las características y cantidad de la información obtenida para el cálculo del inventario de emisiones de GEI se determinó por categoría y subcategoría el nivel del inventario (Tabla 4).

Un nivel representa un nivel de complejidad metodológica. En general, se presentan tres niveles. El Nivel 1 es el método básico (tier 1), el Nivel 2 el intermedio (tier 2), y el Nivel 3 es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos (tier 3). A veces se denominan los niveles 2 y 3 métodos de nivel superior y se los suele considerar más exactos.

Para el caso en específico del sector transporte, por su importancia en el Estado se realizó un levantamiento de información a través de encuestas, recorridos viales y toma de videos para obtener el dato de actividad, y con ello tener un nivel de información Tier 3; así como se utilizó el modelo MOVES 2014, para un mayor nivel de desagregación en el análisis.

Además de acuerdo a la información disponible se realizó el levantamiento de información a través de encuestas del sector ladrillero.

Tabla 4. Nivel de cálculo del inventario por categoría y subcategoría

Categoría	Subcategoría	Fuente	Metodología	Nivel	Factor de Emisión	Dato de actividad
Energía	1A1 Industrias de la energía	1A1ai Generación de electricidad	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		1A1aiii Plantas generadoras de energía	IPCC 2006	2	IPCC 2006	
	1A2 Industrias manufactureras y de la construcción	Automotriz	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Celulosa y papel	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Industria de alimentos y bebidas	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Industria del plástico y hule	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Industria Metalmecánica	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Industria textil	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Química	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Vidrio	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
		Producción de ladrillo	Base a FE nacionales	3	Medidos en hornos ladrilleros en México	Encuesta
		Otras industrias	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	COA
	1A3 Transporte	1A3a Aviación civil	IPCC 2006	1	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	SCT
		1A3b Transporte terrestre	MOVES	3	MOVES	Encuestas
		1A3c Ferrocarriles	IPCC 2006	1	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	SCT
	1A4 Otros sectores	1A4a Comercial / Institucional	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	SENER, CRE
		1Ab Residencial	IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	SENER, CRE
1A4c Agricultura/Silvicultura		IPCC 2006	2	CO ₂ Nacional, otros IPCC-2006	SENER, CRE	
Procesos industriales y uso de productos (IPPU)	2A Industria de los minerales	2A2 Producción de cal	IPCC 2006	1	default	COA
		2A3 Producción de vidrio	IPCC 2006	2	default	COA
		2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	IPCC 1996	1	default	COA
	2C Industria de los metales	2C1 Producción de hierro y acero	IPCC 2006	1	default	COA
	2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	2F1 Refrigeración y aire acondicionado	IPCC 2006	1	default	COA
	2G Manufactura y utilización de otros productos	2G2 SF6 y PFC de otros usos de productos	IPCC 2006	1	Reportado por el industrial	COA
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)	3A Ganadería	3A1 Fermentación entérica	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
		3A2 Gestión del estiércol	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
	3B Tierra	Tierras convertidas a tierras forestales	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR

Categoría	Subcategoría	Fuente	Metodología	Nivel	Factor de Emisión	Dato de actividad
		Tierras convertidas a Pastizales	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
		Tierras convertidas a Asentamientos	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
		Tierras convertidas a tierras Agrícolas	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
		Tierras convertidas a otras tierras	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
	Permanencias	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
		Pastizales que permanecen como pastizales	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
		Tierras Agrícolas que permanecen como tierras Agrícolas	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR
	3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 de la tierra	3C1 Emisiones de GHG por quema de biomasa	IPCC 2006	2	Nacional	CONAFOR
		3C2 Encalado	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
		3C3 Aplicación de urea	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
		3C4 Emisiones directas de N2O de los suelos gestionados	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
		3C5 Emisiones indirectas de N2O de los suelos gestionados	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
		3C6 Emisiones indirectas de N2O resultantes de la gestión del estiércol	IPCC 2006	1	default	SAGARPA
Desechos	4A Eliminación de desechos sólidos	Disposición final de RSU	Modelo Mexicano de Biogás	3	FE del modelo	Características específicas de los SDF (SEDESU)
	4C Incineración e incineración abierta de desechos	Quema de residuos a cielo abierto	IPCC 2006	1	default	INEGI
	4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Aguas Residuales Municipales (tratadas)	IPCC 2006	2	Nacional	CONAGUA
		Aguas Residuales Municipales (sin tratar)	IPCC 2006	2	Nacional	CONAGUA
		Aguas Residuales Industriales (tratadas)	IPCC 2006	1	default	Industrial

4.1.3. Potenciales de calentamiento global

Para determinar las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se realizó mediante la cuantificación de CO₂, CH₄, N₂O, HCFC-141b, HCFC-22 y SF₆ emitidos tomando en consideración los potenciales de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) de cada uno de los gases de efecto invernadero para 100 años reportados en el 5to Informe del IPCC. En la Tabla 5 se muestran los GWP utilizados para el cálculo de las emisiones de CO₂ equivalente (CO₂e).

Tabla 5. Potenciales de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero

Gas	Potencial de calentamiento global a 100 años
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
HCFC-141b	725
HCFC-22	1,810
SF ₆	23,500

https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/es/tssts-2-5.html

4.2. Balance de energía con LEAP

En la parte del balance de energía del estado de Querétaro, se consideraron las fuentes de información de primera mano del Estado, complementando con información de otros medios como son el Balance Nacional de Energía 2015 (SENER, 2016), datos de INEGI, etc.; además de utilizar el modelo LEAP (Long-range energy alternatives planning system) el cual es una plataforma computacional diseñada para llevar a cabo una planeación energético-ambiental en forma integrada; por lo que será de gran utilidad para realizar el balance de energía en el Estado.

El modelo LEAP (Long- range Energy Alternatives Planning System) es un sistema de planeamiento de alternativas energéticas de largo plazo, con el cual se obtuvo la evolución del sistema energético tanto de oferta como de demanda. Este modelo evalúa el sistema energético total: demanda, recursos, oferta y el balance oferta – demanda, con el uso de este modelo se corroboró el balance de energía del Estado de Querétaro.

Para el estado de Querétaro se consideró el sector de energía en estas categorías de demanda

1. Residencial (rural y urbano)
2. Comercial y/o de servicios
3. Agricultura
4. Industrial (Industria de alimentos y bebidas, vidrio, Celulosa y papel, Química, Industria Textil, Industria Metalmeccánica, Industria de plásticos y hule, Automotriz, otras industrias y la industria de generación eléctrica)
5. Transporte (Zona Metropolitana de Querétaro, Zona Metropolitana de San Juan y el resto de municipios)

Para la generación de energía se considere la termoeléctrica de ciclo combinado El Sauz.

Con lo cual se necesitó de información específica como población, número de vehículos, número de hogares, proporción de viviendas urbanas y rurales entre otras, para el año base 2015 (Ver Anexo).

Se realizó una proyección del consumo energético al año 2030, en la Tabla 6 se muestra la información utilizada para la proyección, la cual fue calculada u obtenida de fuentes de información nacional o estatal.

Tabla 6. Parámetros y valores utilizados para la línea base (2015- 2030)

Parámetro	Proyección	Fuente
Número de habitantes (Población)	2,400,00 en 2030	CONAPO
Número de hogares	720,000 a 2030	CONAPO
Número de vehículos	Tasa de crecimiento (1.74%) a 2030	INEGI
Número de Establecimientos comerciales	Tasa de crecimiento (2.19%) a 2030	INEGI
Número de Unidades de Producción con Actividad Agropecuaria O Forestal con uso de Tractor	Tasa de crecimiento (1.4%) a 2030	INEGI
PIB	Tasa de crecimiento 1.1%	INEGI
Tamaño de hogares	3.8	INEGI
Porcentaje de viviendas con electricidad en zona urbana y rural en Querétaro	Para 2030se tendrá el 99% de hogares urbanos	El Colegio de México, 2010

4.3. Estimación de la Incertidumbre

La estimación de la incertidumbre es un paso esencial de un inventario de emisiones y absorciones de gases. Es fundamental contar con la estimación tanto de la tendencia, así como para componentes como los factores de emisión, los datos de la actividad y otros parámetros de estimación correspondientes a cada categoría.

El cálculo de la incertidumbre incluye métodos destinados a:

1. Determinar las incertidumbres en las variables individuales utilizadas en el inventario (p. ej., las estimaciones de emisiones procedentes de categorías específicas, factores de emisión, datos de la actividad, etc.);
2. Sumar las incertidumbres del componente al inventario total;
3. Determinar la incertidumbre en la tendencia;
4. Identificar fuentes significativas de incertidumbre en el inventario, para ayudar a priorizar la recopilación de datos y los esfuerzos destinados a mejorar el inventario.

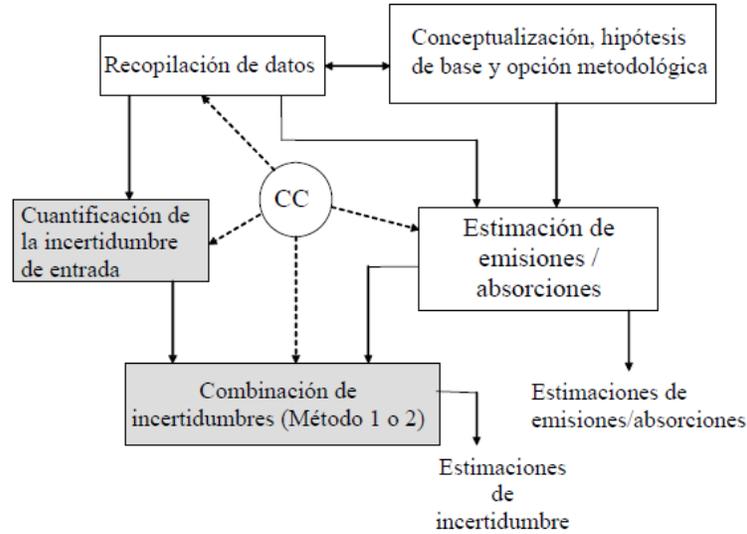


Figura 10. Estructura general de un análisis de incertidumbre genérico

Fuente: Figura 3.1 del Vol. 1 Capítulo e de Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero

Existen dos métodos para el análisis de la incertidumbre:

Método 1: estimación de incertidumbres por categoría con las Ecuaciones 2 y 3, mediante combinación simple de incertidumbres por categoría, para estimar la incertidumbre general para un año y la incertidumbre de la tendencia.

Método 2: estimación de incertidumbres por categoría con el análisis de Monte Carlo, posterior a la utilización de las técnicas de Monte Carlo para estimar la incertidumbre general para un año y la incertidumbre de la tendencia.

$$U_{\text{total}} = \sqrt{U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2}$$

Ecuación 2 Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Multiplicación

$$U_{\text{total}} = \frac{\sqrt{(U_1 * x_1)^2 + (U_2 * x_2)^2 + \dots + (U_n * x_n)^2}}{|x_1 + x_2 + \dots + x_n|}$$

Ecuación 3 Combinación de Incertidumbres – Método 1 – Suma y Resta

Para el presente trabajo se utilizó el método uno para la estimación de la incertidumbre, no se calculó la incertidumbre de tendencia ya que no se cuenta con información de años anteriores.

5. Resultados

Los resultados del inventario de emisiones de GEI son presentados en la Tabla 7 para todas las categorías para el Estado de Querétaro, por municipio y a nivel estatal, con año base 2015. Las emisiones de CO₂e ascienden a 19,442,869 toneladas o megagramos (Mg) anuales.

Las emisiones se distribuyen por GEI en 15,751,531 toneladas de CO₂, 53,181 toneladas de CH₄, 1,234 toneladas de N₂O, 68 toneladas de HCFC-141b, 7 toneladas de HCFC-22 y 0.28 toneladas de SF₆.

Tabla 7. Inventario de Emisiones de GEI por categoría para el año 2015, para el Estado de Querétaro

Categoría / Subcategoría		CO ₂ e (toneladas)
Energía	Industrias de la energía	1,744,941
	Industrias manufactureras y de la construcción	2,446,489
	Transporte	9,053,070
	Otros sectores	750,320
IPPU	Industria de los minerales	235,160
	Industria de los metales	767
	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	62,902
	Manufactura y utilización de otros productos	6,660
AFOLU	Ganadería	775,945
	Tierra	2,033,531
	Permanencias	-646,460
	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	1,718,403
Desechos	Eliminación de desechos sólidos	359,199
	Incineración e incineración abierta de desechos	2,855
	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	252,627
Estatal		19,442,869

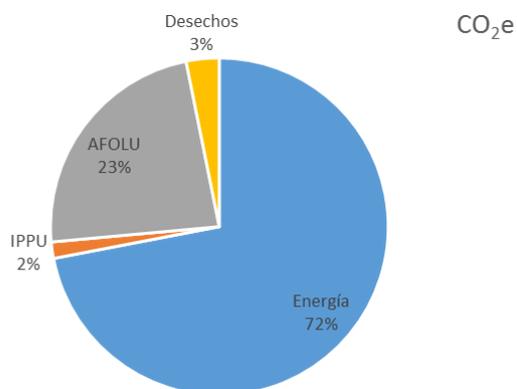


Figura 11. Contribución porcentual por categoría de CO₂e en el Estado de Querétaro

ENERGÍA

La categoría Energía, que es la más importante en la mayoría de los inventarios de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se subdivide en consumo de combustibles fósiles y en emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles y transporte y almacenamiento de CO₂.

Para los cálculos del inventario de emisiones de GEI del sector energía del Estado de Querétaro se obtuvo el consumo de energía para el año base 2015. De acuerdo con la metodología del IPCC 2006, la estimación de los inventarios puede ser en tres niveles de acuerdo al detalle de la información con que se cuenta; en este caso la mayoría de la metodología utilizada fue del Nivel 2, lo cual significa que la mayoría de la información de quema del combustible procede del consumo de combustibles en la entidad reportado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y del consumo reportado en las Cédulas de operación anual (COA) entregadas a la SEMARNAT y a la SEDESU; además de que los factores de emisión utilizados fueron los específicos para México de generación de CO₂ por tipo de combustible y los de defecto de IPCC para CH₄ y N₂O.

Las emisiones estimadas dentro de esta categoría consideran las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, calculadas a partir del consumo de combustibles fósiles así como el obtenido de fuentes de energía renovable como la leña, usado en la subcategoría residencial e industrial.

En el caso de fuentes móviles carreteras el nivel del inventario obtenido fue Tier 3, ya que se realizó utilizando un modelo para obtener los factores de emisión MOVES México.

Siguiendo la guía del IPCC 2006 se consideraron las siguientes subcategorías que incluyen la generación y uso de energía (Figura 12).

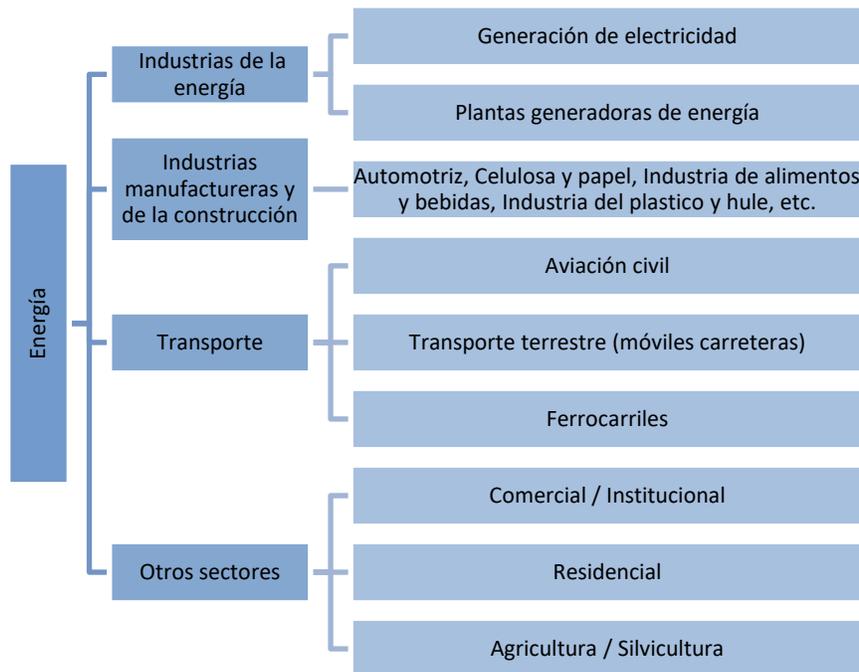


Figura 12. Subcategorías del sector Energía

Datos de Actividad

La información sobre el consumo de combustible en este sector para el estado de Querétaro en el 2015 se obtuvo, a través de la solicitud vía oficio a distintas instituciones como la Comisión Reguladora de Energía, la Comisión Federal de Electricidad, así como realizando estimaciones sobre consumo energético a partir de los datos reportados por la Secretaría de Energía (SENER) en el Balance Nacional de Energía 2015, del Sistema de Información Energética (SIE), Prospectivas de Gas L.P. 2016-2030, Prospectivas de Gas Natural 2016-2030, Prospectivas de petróleo crudo y petrolíferos 2016-2030 y las Cédulas de Operación Ambiental (COA) estatales y federales de la actividad industrial en el Estado del 2015 y 2013, respectivamente.

Partiendo del consumo de cada combustible reportado en los documentos mencionados en el estado de Querétaro, se desagregó de acuerdo al tipo de subcategoría (residencial, comercial, transporte, industria, etc.); combinando con información del INEGI (como número de habitantes, número de empleados, número de viviendas, entre otra) para su desagregación a nivel municipal (para mayor detalle ver las base de datos correspondientes).

El total de combustibles consumidos en el estado de Querétaro y a nivel municipal se derivó de la sumatoria de la información por tipo de combustible y de subcategorías; en la Tabla 8 se presenta el consumo de combustible por tipo.

Tabla 8. Consumo energético por tipo de combustible

Combustible	Consumo (TJ)	%
Biogás	682.00	0.53
Combustóleo	737.84	0.57
Coque de petróleo	180.11	0.14
Diésel	26,680.32	20.54
Gas LP	7,743.23	5.96
Gas Natural	57,960.40	44.62
Gasolina	32,614.64	25.11
Leña	2,107.17	1.62
Queroseno	1,185.37	0.91
Estatal	129,891.07	100

SENER, 2016; COA, 2015; CRE, 2017.

En la Tabla 9 se presenta el consumo de energía por sector en el Estado, donde el mayor consumo se da en el transporte terrestre o autotransporte con el 42%, seguido de la subcategoría de la industria manufacturera con el 26.52%, la generación de energía eléctrica con el 22.10% y el residencial con el 4.56%. El sector agropecuario representa solo el 1.66%, el comercial el 1.44%, la aviación el 0.88%, las plantas de generación de energía con el 0.47% y finalmente los ferrocarriles solo consumen el 0.37% de la energía utilizada en el Estado.

Tabla 9. Consumo energético por sector

Sector	Consumo (TJ)	%
Generación de energía eléctrica	28,706.53	22.10
Plantas de generación de energía	613.51	0.47
Industrias manufactureras y de la construcción	34,449.66	26.52
Ferrovionario	482.44	0.37
Aviación	1,138.47	0.88
Transporte terrestre	54,552.38	42.00
Residencial	5,922.56	4.56
Comercial	1,874.94	1.44
Agropecuario	2,150.59	1.66
Estatotal	129,891.07	100

Industrias de la energía

En esta sección se estimaron las emisiones de GEI provenientes de la industria de la energía, que comprende la generación de electricidad, así como las plantas generadoras de energía.

Generación de electricidad

Querétaro cuenta con una central termoeléctrica de ciclo combinado de la CFE denominada El Sauz, la cual entregó un total de 3,314.8 Gigawatts por hora (GWh) de energía eléctrica en el 2013 (SEMARNAT, 2017). Esta planta utiliza dentro de su proceso de generación gas natural y diésel, usando 24,936.38 y 3,387.31 TJ, respectivamente. Existe otra planta de generación de energía eléctrica en la entidad, es un generador independiente que produjo 54.8 GWh y utiliza gas natural como combustible (Tabla 10).

Tabla 10. Consumo energético para generación de electricidad

Municipio	Generación de energía (GWh)	Consumo de combustible (TJ)
Pedro Escobedo	3,314.8	28,323.69
Querétaro	54.8	382.84

Plantas generadoras de energía

En el Estado de Querétaro, existen biodigestores que generan energía a través del consumo de biogás, en distintos municipios de la entidad. Además de que el relleno sanitario del municipio de Querétaro cuenta con un sistema de recuperación de biogás el cual también genera energía para el consumo propio.

Tabla 11. Consumo energético para generación de energía por biogás

Municipio	Consumo energético (TJ)
Colón	50.28
Ezequiel Montes	17.75
Huimilpan	16.81

Municipio	Consumo energético (TJ)
El Marqués	15.94
Pedro Escobedo	27.89
Querétaro	403.53
Tequisquiapan	81.31
Estado	613.51

Industria manufacturera y de la construcción

La industria manufacturera en la Entidad tiene una participación importante, por lo que el consumo de combustibles por esta subcategoría es importante, dentro de las cuales destacan la industria de los alimentos y bebidas, el vidrio, la celulosa y papel, química, industria textil, industria metalmecánica, industria del plástico y hule, automotriz, entre otras (Tabla 12).

La industria establecida en el estado de Querétaro utiliza combustibles como gas natural, gas LP, combustóleo, diésel, coque de petróleo, así como gasolina, leña y biogás; este dato de consumo de combustible se obtuvo de las cédulas de operación anual reportadas por el industrial al gobierno del estado para el año de actividad 2015 y a la federación del año 2013.

Tabla 12. Consumo energético por sector industrial manufacturero

Sector Industrial	Consumo energético (TJ)
Industria de alimentos y bebidas	7,438.65
Vidrio	7,345.91
Celulosa y papel	4,822.72
Química	4,144.74
Industria textil	2,829.41
Industria Metalmecánica	2,631.17
Industria del plástico y hule	2,092.72
Automotriz	1,212.88
Otras industrias	7,111.62

Transporte (fuentes móviles de combustión)

Aviación civil

El estado de Querétaro cuenta con Aeropuerto Intercontinental de Querétaro, cuyo domicilio fiscal lo localiza en el municipio de Colón, pero la extensión del mismo abarca dos municipios Colón y El Marqués. En el periodo 2010-2015 tuvo un crecimiento anual promedio de 34.2% en tráfico de pasajeros, 21.7% en carga y 11.8% en operaciones aéreas convirtiéndolo en uno de los de mayor crecimiento a nivel nacional en las tres áreas.

Actualmente operan seis aerolíneas en el AIQ, cuatro son mexicanas (Aeroméxico, Volaris, TAR y Viva aerobus) y una estadounidense (Mesa Airlines). Esta última utiliza la marca American Airlines y

United Airlines. Existen catorce destinos nacionales: Monterrey, Cancún, Hermosillo, Tijuana, Ciudad de México, Guadalajara, Puerto Vallarta, Zihuatanejo, Acapulco, Tampico, Durango, Chihuahua, Torreón y Ciudad Juárez. Así como cuatro destinos a Estados Unidos de Norteamérica: Loas Ángeles, Chicago, Dallas y Houston.

El dato de actividad del aeropuerto fue obtenido vía oficio directamente del AIQ, así como revisaron datos del Anuario Estadístico 2015 (SCT, 2016); el combustible utilizado por esta subcategoría es la turbosina o queroseno, obtenida del Balance Nacional de Energía 2015 (SENER, 2016).

El número de operaciones realizadas en 2015 ascendieron a 29,053; de las cuales se identificaron los posibles modelos de aeronave:

1. ERJ-145
2. Cessna 525/560
3. CRJ-100ER
4. Beech King Air (5)
5. Airbus A319

Teniendo un consumo total de querosenos (turbosina y gasavión) de 30,777.65 m³ en el año 2015; calculando las emisiones por ciclo de aterrizaje y despegue (LTO).

Transporte Terrestre o autotransporte

Se refiere a todas las emisiones de la quema y la evaporación que emanan del uso de combustibles en vehículos terrestres, que circulan sobre carreteras pavimentadas. De acuerdo a la metodología IPCC 2006, para el cálculo de emisiones de autotransporte hay que considerar los siguientes rubros:

1. Número y tipo de vehículos que circulan
2. Cantidad de combustible que consumen por tipo de vehículo
3. VKT (Vehículos Kilómetros Totales) por tipo de Vehículo
4. Proporción de viajes que se realizan en forma parcial dentro del área

El número y tipo de vehículos que circulan por cada uno de los municipios y a nivel estatal fue proporcionado por la Secretaria de Desarrollo Sustentable del Estado que a su vez esta información fue proporcionada por el área de Finanzas del Estado de Querétaro.

La Figura 13 muestra la distribución por tipo de vehículo en el Estado de Querétaro:

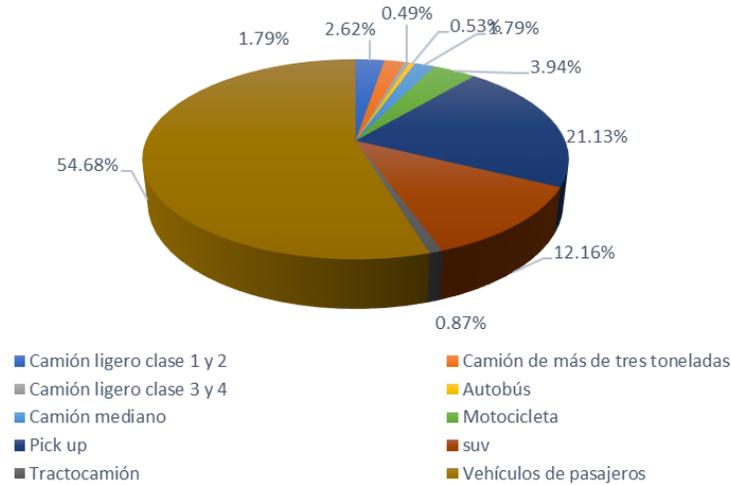


Figura 13. Distribución en porcentaje por categoría vehicular en el estado de Querétaro 2015

De acuerdo con la figura anterior, los vehículos de pasajeros tienen la mayor contribución (55%), seguida de los vehículos tipo pick up (21%) y los vehículos SUV (12%).

En la Figura 14 se presenta la distribución de la flota vehicular por año modelo, para 2015 el año modelo promedio de la flota en todo el Estado es 2001.

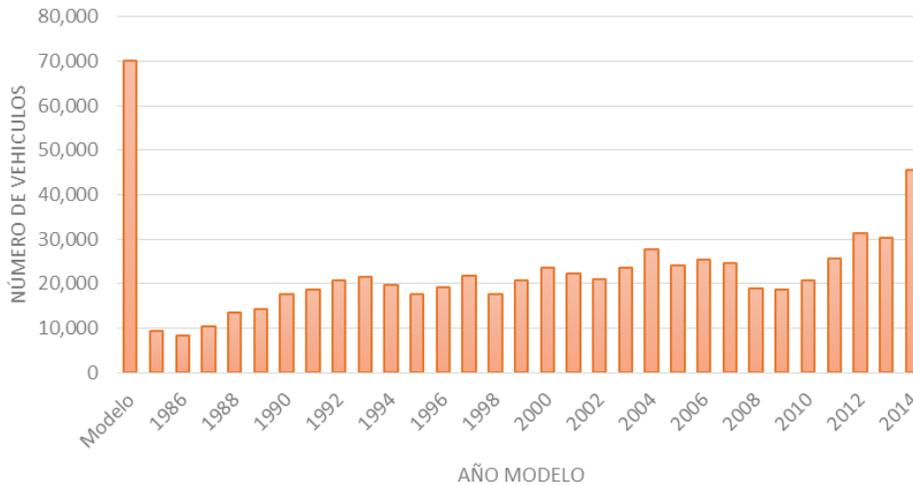


Figura 14. Distribución por año modelo de la flota vehicular del estado de Querétaro 2015

La Figura 15 presenta la distribución de la flota vehicular por tipo de combustible, en el Estado el 96% utilizan gasolina como combustible y el 3.5% vehículos a diésel, mientras el 0.5% son vehículos a gas natural y gas LP.

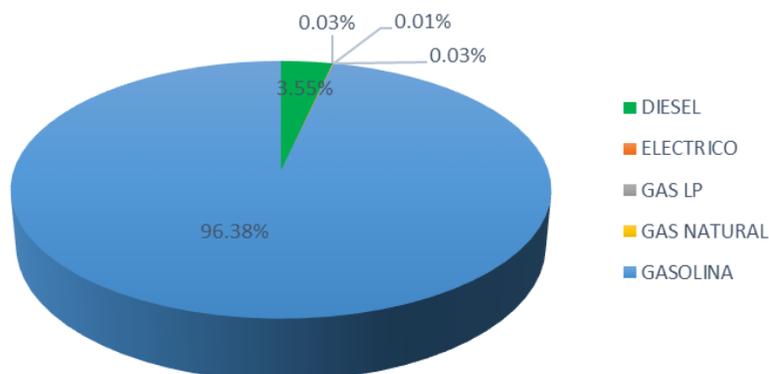


Figura 15. Distribución de la flota vehicular por tipo de combustible en Querétaro en 2015

Ferrocarriles

De acuerdo a SENER en el Estado de Querétaro durante 2015 el sector ferroviario consumió 12,186 m³ de diésel. SCT reporta que en el Estado de Querétaro se cuenta con 476.4 km de vías férreas distribuidas en seis municipios. Los datos de esta actividad fueron tomados del Anuario Estadístico y Geográfico de Querétaro 2015 (INEGI, 2015), suponiendo que es proporcional el % de kilómetros recorridos con el de consumo de combustible del estado de Querétaro, se obtiene los resultados de la Tabla 13.

Tabla 13. Consumo energético por municipio en TJ/año

Municipio	Longitud de vías municipales (km)	Consumo de combustible (TJ)
Colón	30.94	31.33
El Marqués	120.41	121.93
Pedro Escobedo	49.02	49.64
Querétaro	70.91	71.81
San Juan del Río	157.77	159.77
Tequisquiapan	47.35	47.95
Estatad	476.40	482.44

Otros sectores de combustión

Comercial

En la subcategoría comercial, institucional o de servicios los combustibles utilizados en el Estado de Querétaro fueron el gas licuado de petróleo, gas natural y el diésel. El dato de actividad del mismo se determinó a partir de la información obtenida de las Prospectivas del mercado de gas licuado de petróleo, de gas natural y de petrolíferos publicadas por SENER (SENER, 2016), así como de información proporcionada vía oficio por la CRE. Además de considerar para su desagregación los datos del DENUe para 2015 del INEGI donde se obtuvo el número de establecimientos comerciales, determinando el consumo de energía per cápita, de dichos combustibles por municipio; dando como resultado los datos de la Tabla 14. Cabe mencionar que el consumo de gas natural solo se adjudicó a los municipios donde hay venta y distribución de gas natural, de acuerdo a la CRE.

Tabla 14. Consumo energético del subsector comercial por municipio

Municipio	Establecimientos comerciales	Gas LP (TJ)	Diésel (TJ)	Gas Natural (TJ)
Amealco de Bonfil	646	27.60	0.57	
Pinal de Amoles	131	5.60	0.12	
Arroyo Seco	63	2.69	0.06	
Cadereyta de Montes	808	34.52	0.71	
Colón	406	17.34	0.36	3.75
Corregidora	2,312	98.77	2.04	21.35
Ezequiel Montes	1,169	49.94	1.03	
Huimilpan	220	9.40	0.19	2.03
Jalpan de Serra	524	22.38	0.46	
Landa de Matamoros	54	2.31	0.05	
El Marqués	1,371	58.57	1.21	12.66
Pedro Escobedo	1,281	54.72	1.13	11.83
Peñamiller	81	3.46	0.07	
Querétaro	19,821	846.73	17.46	183.01
San Joaquín	160	6.84	0.14	
San Juan del Río	5,250	224.28	4.62	48.47
Tequisquiapan	1,906	81.42	1.68	
Tolimán	307	13.11	0.27	
Estado	36,510	1,559.67	32.16	283.10

Residencial

La subcategoría residencial demanda el uso de gas L.P., gas natural, queroseno y leña como combustibles. El dato de actividad del 2015 fue obtenido de la información proporcionada por CRE vía oficio, de las Prospectivas del mercado de gas licuado de petróleo, de gas natural y de petrolíferos publicadas por SENER (SENER, 2016), teniendo en cuenta las ventas en el estado de Querétaro, así como del Balance Nacional de Energía 2015 (SENER, 2016); además del número de habitantes y viviendas por municipio obtenidos de la Encuesta Intercensal 2015 (INEGI, 2015). El porcentaje de habitantes que utilizan leña o carbón para cocción de alimentos se obtuvo del INEGI (2015). Se obtuvo el consumo de combustible per cápita para cada una de estas variables de los distintos combustibles utilizados. Dando como resultado en consumo energético por municipio lo que se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15. Consumo energético del subsector residencial por municipio

Municipio	Habitantes (2015)	Viviendas particulares habitada	Queroseno (TJ)	Gas L.P. (TJ)	Gas Natural (TJ)	Leña (TJ)
Amealco de Bonfil	61,259	14,461	1.27	51.44	-	244.99
Pinal de Amoles	25,623	5,964	0.52	8.95	-	189.17
Arroyo Seco	13,307	3,583	0.31	12.61	-	63.03
Cadereyta de Montes	69,549	15,699	1.38	60.60	-	231.19
Colón	62,667	14,485	1.27	72.22	28.96	81.37
Corregidora	181,684	49,732	4.37	292.05	117.09	23.19
Ezequiel Montes	40,572	9,765	0.86	52.01	-	43.33
Huimilpan	38,295	9,359	0.82	45.40	18.20	73.20
Jalpan de Serra	26,902	7,282	0.64	24.82	-	126.45
Landa de Matamoros	17,947	4,838	0.43	11.04	-	127.54
El Marqués	156,275	41,383	3.64	227.70	91.29	98.63
Pedro Escobedo	68,313	16,221	1.43	87.88	35.24	56.21
Peñamiller	20,144	4,762	0.42	15.91	-	83.43
Querétaro	878,931	239,011	21.00	1,393.30	558.63	189.00
San Joaquín	9,480	2,301	0.20	7.53	-	44.42
San Juan del Río	268,408	71,122	6.25	400.16	160.44	155.15
Tequisquiapan	70,742	17,336	1.52	96.75	-	41.32
Tolimán	28,274	6,292	0.55	21.42	-	112.43
Estatal	2,038,372	533,596	46.89	2,881.78	1,009.85	1,984.04

Agropecuario

El consumo de combustible y por tanto el uso de energía de esta subcategoría se reportó a través de información proporcionada por la CRE vía oficio y el Balance Nacional de Energía 2015 (SENER, 2016), indicando consumo de diésel y gas LP; el dato de actividad se obtuvo considerando el número de unidades de producción con actividad agropecuaria o forestal con uso de tractor por municipio del Censo Agropecuario (INEGI, 2007) (Tabla 16).

Tabla 16. Consumo energético del subsector agropecuario por municipio

MUNICIPIO	Gas LP (TJ)	Diésel (TJ)
Amealco de Bonfil	284.82	30.17
Pinal de Amoles	1.23	9.68
Arroyo Seco	11.13	3.63
Cadereyta de Montes	175.33	17.51
Colón	132.20	9.79
Corregidora	68.82	4.08

MUNICIPIO	Gas LP (TJ)	Diésel (TJ)
Ezequiel Montes	46.02	3.56
Huimilpan	105.98	8.26
Jalpan de Serra	16.31	5.62
Landa de Matamoros	27.18	5.84
El Marqués	197.59	10.88
Pedro Escobedo	164.11	8.92
Peñamiller	14.73	5.50
Querétaro	170.94	12.43
San Joaquín	1.05	3.10
San Juan del Río	388.87	22.77
Tequisquiapan	147.10	6.75
Tolimán	23.67	5.05
Estado	1,977.06	173.53

Metodología

De acuerdo con la información disponible, se realizó la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de acuerdo al árbol de decisiones para la categoría de energía, obteniendo un nivel metodológico de Tier 2 y 3 (Figura 16), siguiendo las directrices de IPCC, 2006.

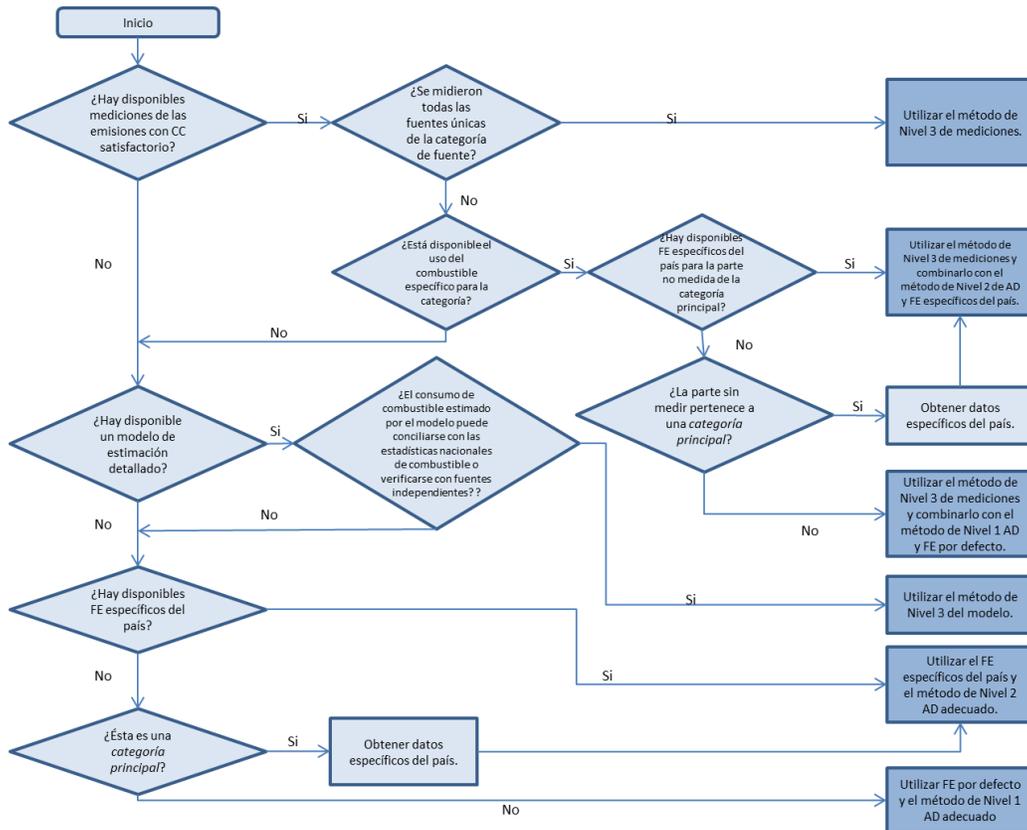


Figura 16. Árbol de decisiones para seleccionar el método de estimación de las emisiones de CO₂ procedentes de fuentes de combustión

Para el cálculo de la estimación de emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, éste fue realizado de acuerdo a la siguiente ecuación, donde se obtiene un resultado en megagramos al año.

$$Emisiones\ de\ GEI = \left(\sum Consumo\ de\ combustible \right) \times FE_{GEI}$$

Donde:

Emisiones de GEI = Emisiones de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) por tipo de combustible (Mg GEI)

Consumo de combustible = Cantidad de combustible quemado (TJ)

FE_{GEI} = Factor de Emisión de GEI (CO₂, CH₄, N₂O) según el tipo de combustible (Mg C/TJ)

Los factores de emisión utilizados para la estimación de gases de efecto invernadero fueron para bióxido de carbono (CO₂) los generados para México (INECC-IMP, 2014) de los distintos combustibles; en el caso de CH₄ y N₂O fueron los de defecto del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2006) (Tabla 17). En el caso de transporte terrestre (autotransporte) los factores de emisión utilizados fueron por tipo de vehículo y año modelo generados a través de la modelación con MOVES México para el presente inventario.

Tabla 17. Factores de emisión (Kg / TJ)

Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Generación de energía, Industria manufacturera y de la construcción			
Combustóleo	79,450	3	0.6
Diésel	72,881	3	0.6
Gas LP	65,083	1	0.1
Gas natural	57,756	1	0.1
Queroseno	71,900	10	0.6
Biogás	54,600	1	0.1
Coque de petróleo	78,991	3	0.6
Leña	103,237	300	4
Residencial, comercial y agropecuario			
Queroseno	71,900	10	0.6
Gas LP	65,083	5	0.1
Gas Natural	57,756	5	0.1
Leña	103,237	300	4
Diésel	72,881	10	0.6
Ferrocarriles			
Diésel	72,881	4.15	28.6
Transporte terrestre			
Gasolina, diésel, gas natural, gas LP	Factores de emisión generados por el modelo MOVES México por tipo de vehículo y año modelo (Ver Anexo)		
Aviación			
	(Kg/LTO)		
ERJ-145	990	0.06	0.03
Cessna 525/560	1,070	0.33	0.03
CRJ-100ER	1,060	0.06	0.03
Beech King Air (5)	230	0.06	0.01
Airbus A319	2,310	0.06	0.1

A continuación se muestran los poderes caloríficos utilizados en el presente inventario, obtenidos del Balance Nacional de Energía 2015 reportados por la SENER (Tabla 18). Las unidades en que se reportaba el consumo de combustibles fueron convertidas a Terajoules (TJ) para la aplicación de los factores de emisión.

Tabla 18. Poder calorífico de los combustibles utilizados

Combustible	Poder calorífico	Unidades
Gas LP	4,124	MJ/bl
Gas Natural	38,268	KJ/m ³
Queroseno o turbosina	5,881	MJ/bl
Gasolina	5,176	MJ/bl
Combustóleo	6,531	MJ/bl
Diésel	6,294	MJ/bl
Coque de petróleo	32,658	MJ/ton
Leña	14,486	MJ/ton
Biogás	19.93	MJ/m ³

Fuente: Balance Nacional de Energía, 2015 (SENER, 2016)

Para determinar las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂e) se utilizaron los potenciales de calentamiento global mencionados en la Tabla 5.

Resultados

Para el Estado de Querétaro se estimó una emisión de 13,994,821 toneladas de CO₂ equivalente derivado de las fuentes de combustión en el año 2015.

En la Tabla 19 se presentan las emisiones de GEI y CO₂e por subcategoría del sector energía; donde se observa que el transporte (autotransporte) es la más importante en emisiones de CO₂e a la atmósfera con el 65%, seguido de la industria manufacturera con el 18% (Figura 17).

Tabla 19. Emisiones de GEI en Mg/año por subcategoría

Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Industrias de la energía	1,742,705	36	5	1,744,941
Industrias manufactureras y de la construcción	2,434,662	370	6	2,446,489
Transporte	8,814,713	1,635	727	9,053,070
Comercial	120,203	10	0	120,524
Residencial	454,078	615	8	473,515
Agropecuario	155,384	21	1	156,281
Estatal	13,721,745	2,686	747	13,994,821

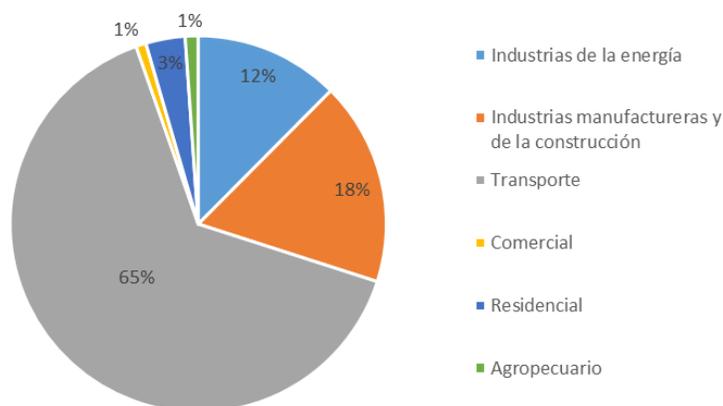


Figura 17. Contribución de las emisiones de CO₂e por subcategoría

En la Tabla 20 y la Figura 18 se muestra las emisiones de GEI por municipio por la categoría de energía del Estado de Querétaro. Donde los municipios con la mayores emisiones de CO₂e son, Querétaro (46% de las emisiones de CO₂e) por ser el municipio con mayor población y actividad urbana en la entidad, seguido de San Juan del Río (19% de las emisiones de CO₂e) siendo la segunda zona urbana de la entidad y Pedro Escobedo por la presencia de la termoeléctrica El Sauz (13% de las emisiones de CO₂e).

Tabla 20. Emisiones de GEI en Mg/año por municipio

Municipio	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Amealco de Bonfil	141,234	95	8	146,003
Arroyo Seco	23,861	22	2	24,902
Cadereyta de Montes	152,948	91	8	157,732
Colón	184,639	44	9	188,199
Corregidora	836,562	155	69	859,311
El Marqués	733,425	181	39	748,756
Ezequiel Montes	114,623	30	6	117,048
Huimilpan	129,567	45	10	133,617
Jalpan de Serra	48,771	44	4	50,947
Landa de Matamoros	30,760	41	2	32,372
Pedro Escobedo	1,863,058	81	8	1,867,408
Peñamiller	27,470	29	2	28,762
Pinal de Amoles	37,042	60	2	39,316
Querétaro	6,243,255	1,052	414	6,382,429
San Joaquín	30,337	16	28	38,254
San Juan del Río	2,667,267	435	130	2,714,012
Tequisquiapan	411,221	226	3	418,280
Tolimán	45,706	40	2	47,473
Estatal	13,721,745	2,686	747	13,994,821

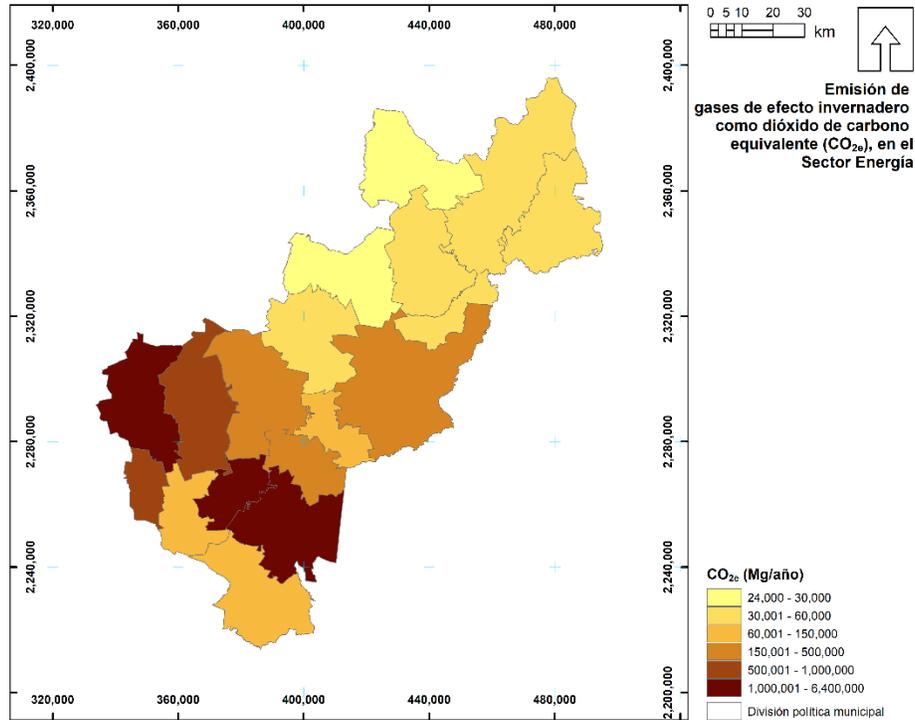


Figura 18. Distribución de las emisiones de CO₂e a nivel municipal del sector energía

En la Figura 19 se aprecia que las emisiones de GEI por la subcategoría de autotransporte es una fuentes muy importante en la mayoría de los municipios, con excepción de Pedro Escobedo que es donde se encuentra la termoeléctrica siendo esta la principal fuente en el municipio de GEI por consumo de energía.

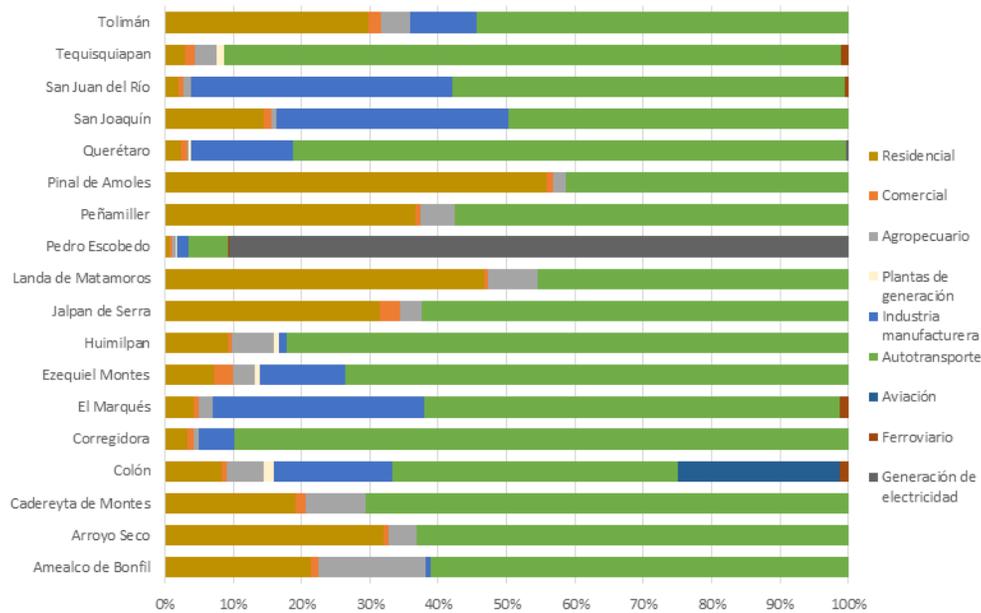


Figura 19. Contribución porcentual de las emisiones de CO₂e por subcategoría y municipio

Industrias de la energía

La generación de electricidad en el Estado tiene una importante contribución a las emisiones de CO₂e, ascendiendo a 1'744,941 toneladas. Siendo el municipio de Pedro Escobedo el que mayores emisiones genera por esta subcategoría por la presencia de la termoeléctrica El Sauz, seguido por el municipio de Querétaro por la presencia del generador independiente y la generación de energía a partir de metano en el Relleno Sanitario Mamponí.

Tabla 21. Emisiones de CO₂e por municipio y subcategoría en toneladas anuales

Municipio	Plantas de generación	Generación de electricidad	Total
Colón	2,748		2,748
El Marqués	871		871
Ezequiel Montes	970		970
Huimilpan	919		919
Pedro Escobedo	1,524	1,689,278	1,690,803
Querétaro	22,055	22,132	44,187
Tequisquiapan	4,444		4,444
Estatal	33,531	1,711,410	1,744,941

Industria manufacturera y de la construcción

La industria manufacturera y de la construcción generó en la entidad 2'446,489 toneladas de CO₂e; la industria de alimentos y bebidas contribuye con el 18% de estas emisiones y el Vidrio con el 17%.

Tabla 22. Emisiones de GEI por consumo de combustibles de los diferentes sectores industriales (t/año)

Sector industrial	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Automotriz	70,575	1	0	70,641
Celulosa y papel	285,949	6	1	286,303
Industria de alimentos y bebidas	439,730	8	1	440,174
Industria del plástico y hule	121,469	2	0	121,583
Industria Metalmecánica	166,240	4	1	166,503
Industria textil	163,521	3	0	163,676
Química	246,558	5	1	246,861
Vidrio	424,296	7	1	424,697
Producción de ladrillo	91,786	289	-	99,887
Otras industrias	424,538	45	1	426,165
Estatal	2,434,662	370	6	2,446,489

En la Figura 20 se presentan las contribuciones porcentuales de las industrias manufactureras en la entidad.

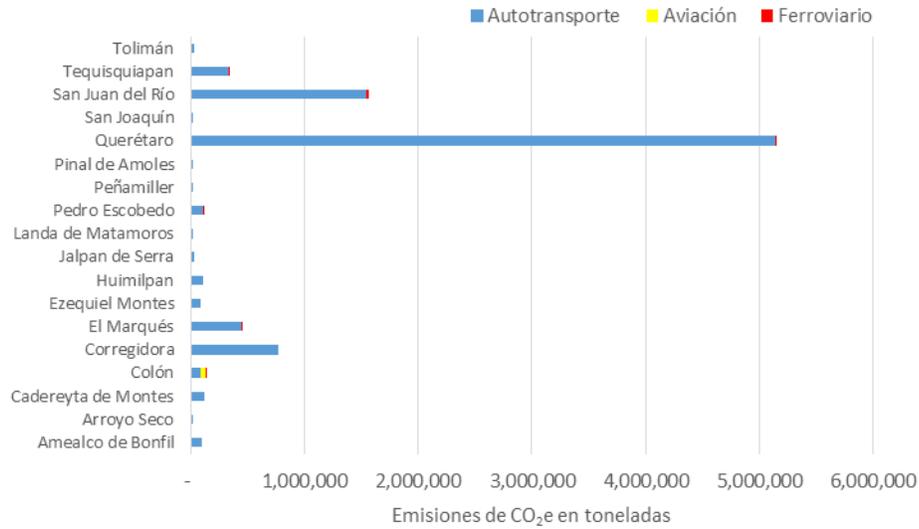


Figura 22. Emisiones de CO₂e (Gg/año), municipio y tipo de medio de transporte

En la Tabla 23 se presenta un resumen de las emisiones de GEI por subcategoría de transporte en el estado de Querétaro. Donde el autotransporte contribuye con el 99% de las emisiones de esta subcategoría. En el caso de la aviación se cuenta con un aeropuerto que se ubica en el municipio de Colón. En el caso de las emisiones por el transporte ferroviario contribuye con el 0.4% de las emisiones de esta categoría en el Estado.

Tabla 23. Emisiones de GEI por subcategoría de transporte en toneladas anuales

Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Autotransporte	8,735,693.36	1,630.44	711.19	8,969,810.27
Aviación	43,859.03	2.38	1.74	44,386.88
Ferrovial	35,160.35	2.00	13.80	38,872.79
Estatal	8,814,712.75	1,634.83	726.72	9,053,069.93

En términos de flota se observa que el año modelo promedio es 2001, lo cual indica que se tiene un parque vehicular con 14 años de antigüedad, que permite saber a dónde se deben generar los esfuerzos. El 55% lo conforma los autos particulares y el 22% es de Pick-up en todo el Estado. Por otro lado, a nivel de uso de combustible existe solo 0.5% de toda la flota a gas natural y gas LP; el combustible que más se consume en el Estado por el autotransporte es la gasolina.

En términos de emisiones se observa que las emisiones están generadas donde existe mayor desarrollo urbano, esto es las Zonas Metropolitanas, más del 90% de las emisiones de los contaminantes son generadas en las dos Zonas Metropolitanas del Estado (Zona Metropolitana de Querétaro y Zona Metropolitana de San Juan del Río); por tipo de combustible se observa que la ZMQ aporta un 70 y 78 % de la emisión para gasolina y diésel respectivamente.

En la Tabla 24 y la Figura 23 se presentan las emisiones de GEI por tipo de vehículo; donde los vehículos privados, seguidos por las Pick-up, y los tractocamiones, son lo que mayormente contribuyen en emisiones de GEI a esta subcategoría.

Tabla 24. Emisiones de GEI (Mg/año), por Tipo de Vehículo

Tipo de vehículo	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Autobús	227,625	20	17	232,665
Camiones clase 1 y 2 (CL 1 Y 2)	215,954	35	24	223,287
Camiones clase 3 y 4 (CL 3 Y 4)	42,998	5	4	44,198
Medianos	570,395	69	8	574,383
Vehículos mayores de tres toneladas	627,501	236	25	640,648
Motocicletas	256,472	78	6	260,173
Pick up's	1,496,656	258	173	1,549,724
suv	868,318	119	108	900,142
Tractocamiones	943,863	3	3	944,637
Autos de pasajeros	3,485,975	813	345	3,600,278
Total	8,735,756	1,636	712	8,970,136

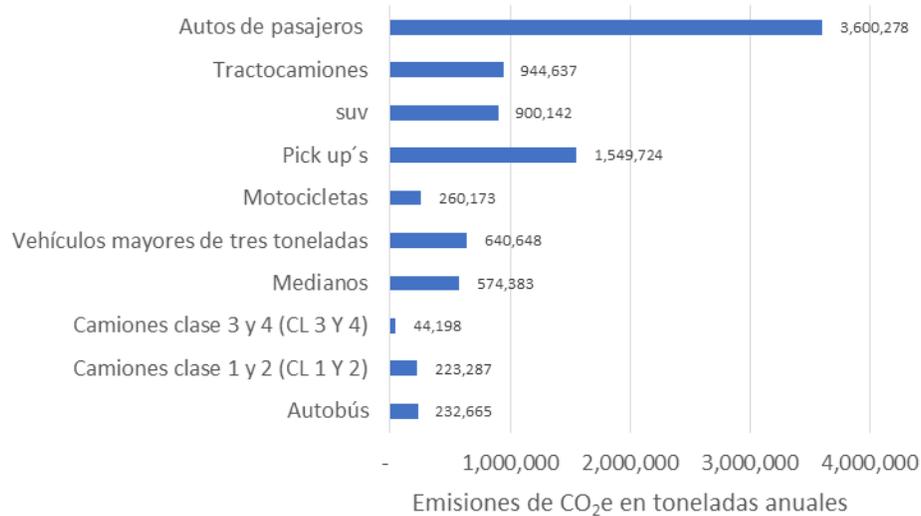


Figura 23. Emisiones de CO₂e (Mg/año), por tipo de vehículo

Otros sectores de combustión

En el rubro otras fuentes de combustión dentro de energía el que mayores emisiones de GEI y en global de CO₂ equivalente genera es la subcategoría residencial por el consumo de combustibles en los hogares, siendo Querétaro el municipio con las mayores emisiones por estas fuentes en el Estado (Figura 24).

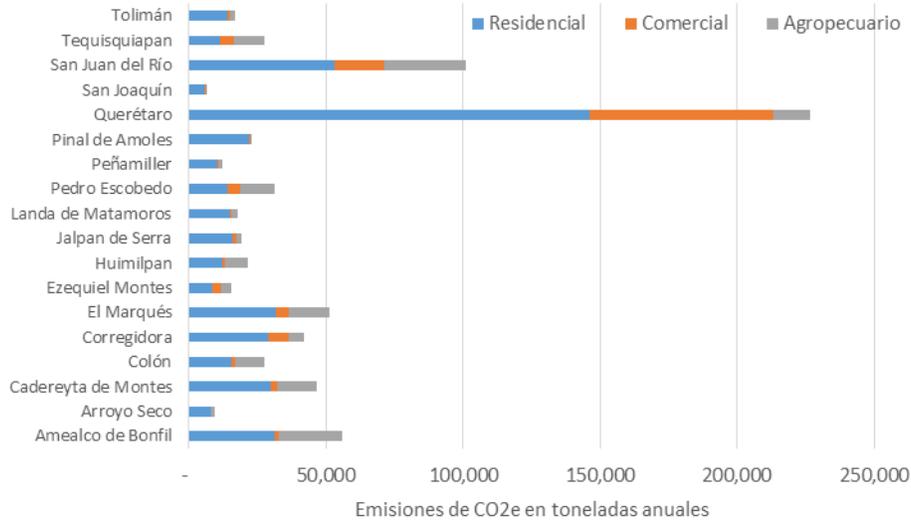


Figura 24. Emisiones de CO₂e (Gg/año), municipio y sector

En el sector comercial en el estado de Querétaro se consumió gas LP, gas natural y diésel donde los municipios con mayor emisión por este sector son Querétaro (56%) y San Juan del Río (15%), ligado directamente a la actividad comercial en estos municipios. Finalmente en la categoría agropecuaria se evaluó aquellos ejidos y comunidades con infraestructura como son tractores, donde se reporta el uso de combustibles como gas LP y diésel; en los municipios de San Juan del Río (19%), Amealco de Bonfil (15%) y El Marqués (10%) son los que contribuyen mayormente a las emisiones por esta actividad.

En la Tabla 25 se presenta un resumen del consumo de energéticos en cada subcategoría de otras fuentes de combustión del Estado de Querétaro, así como las emisiones asociadas por su combustión.

Tabla 25. Emisiones de GEI por subcategoría en toneladas anuales

Subcategoría	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ e
Agropecuario	155,384.31	20.64	1.20	156,281.13
Comercial	120,202.96	9.54	0.20	120,523.90
Residencial	454,077.67	615.14	8.35	473,515.23
Estatal	729,664.94	645.31	9.76	750,320.26

De la tabla anterior se destaca que las principales emisiones de GEI son generadas por el uso de leña en la subcategoría residencial con el 30%, seguido del uso de gas LP en la misma subcategoría con el 25%. En menor proporción el consumo de Gas LP en la subcategoría comercial con el 13.6% y el uso de diésel en la subcategoría agropecuario con el 19.3%.

PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)

El sector de procesos industriales y uso de los productos (IPPU, del inglés, Industrial Processes and Product Use), comprende las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por los procesos industriales, por el uso de gases de efecto invernadero en los productos y por los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles de acuerdo a las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC) 2006 y a la información disponible del estado de Querétaro.

Se recopiló información del sector industrial a través de las Cédulas de Operación Anual (COA) estatal y federal proporcionadas por el gobierno del estado año base 2015 y 2013 (para la industria federal); así como información del INEGI a través del DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) y de las páginas web de las empresas.

En el Estado de Querétaro, se cuenta con solo algunos de los giros industriales que de conformidad con la guía del PICC 2006 están en posibilidad de ser evaluadas respecto de su contribución de GEI debido a las características de sus procesos y/o disponibilidad del dato de actividad; por lo que se consideraron las siguientes subcategorías (Figura 24).

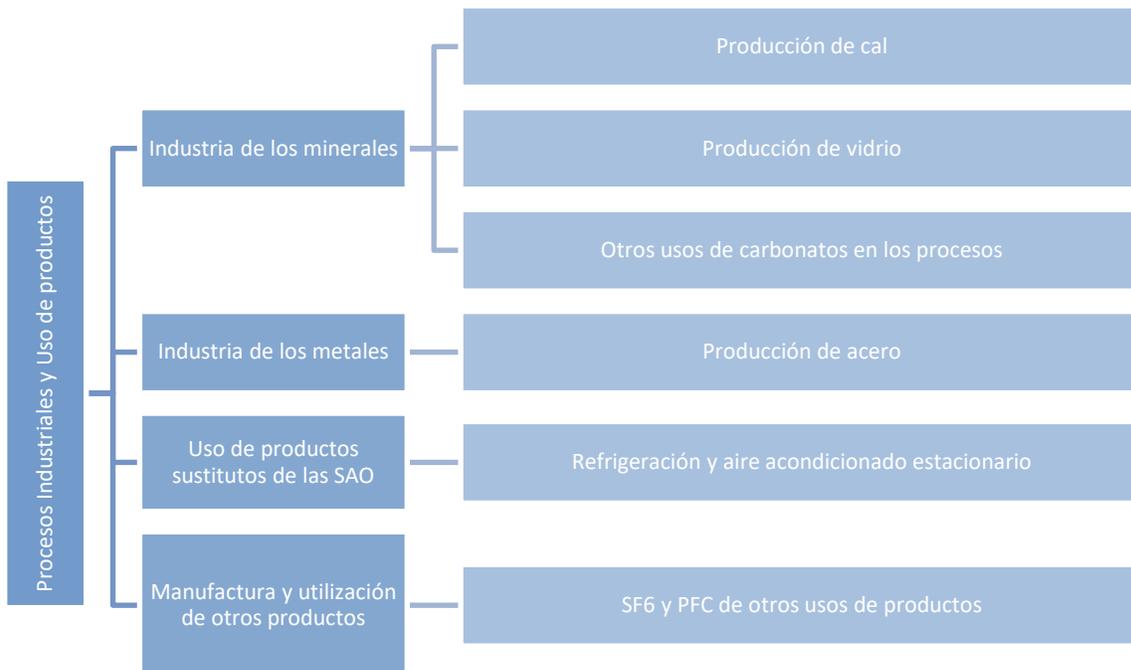


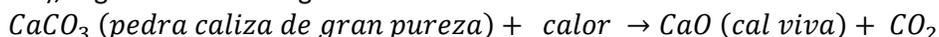
Figura 25. Subcategorías del sector procesos industriales y uso de productos

Procesos Industriales

La metodología aplicada fue la recomendada por IPCC 2006; partiendo del uso de los árboles de decisiones, los que sirven como apoyo para definir el método, los factores de emisión y datos de actividad.

Producción de Cal

El óxido de calcio (CaO) o cal se obtiene por medio del calentamiento de la piedra caliza para descomposición de los carbonatos; este procedimiento se lleva a cabo en hornos rotatorios a alta temperatura y el proceso libera CO₂ dependiendo de los requerimientos del producto (por ejemplo metalurgia, papel, materiales de construcción, tratamiento de efluentes, suavizado de agua, control de pH, y estabilización de suelos), se utiliza principalmente la piedra caliza con fuerte proporción de calcio (calcita), según la reacción siguiente:



La producción de cal se realiza en una serie de etapas, incluida la extracción de las materias primas, la trituración y el calibrado, la calcinación de las materias primas para producir cal y (si se requiere) la hidratación de la cal para obtener hidróxido de calcio, en cuya etapa del proceso encontramos la generación del CO₂.

Dato de actividad

La información de la producción de cal en el Estado de Querétaro se obtuvo de la cédula de operación anual presentada a la SEMARNAT para el año de actividad 2013. En Querétaro se cuenta con dos plantas de producción de cal; ubicadas en los municipios de Ezequiel Montes y Toliman.

Obteniendo la cantidad de cal producida se utilizó el método de estimación de nivel 1, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de } CO_2 = \sum_i (EF_{cal,i} \times M_{l,i} \times CF_{lkd,i} \times C_{h,i})$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ proveniente de la producción de cal, toneladas

EF_{cal,i} = factor de emisión para la cal de tipo i, toneladas de CO₂/ toneladas de cal

M_{l,i} = producción de cal de tipo i, toneladas

CF_{lkd,i} = factor corrector para el LKD (del inglés, Lime Kiln Dust) para la cal de tipo i, sin dimensión

Esta corrección puede justificarse de una manera similar que para el CKD (del inglés Cement Kiln Dust)

C_{h,i} = factor corrector para la cal hidratada del tipo de cal i, sin dimensión

i = cada una de las cales específicas

Factor de Emisión

Para la elección del factor de emisión se tomó el de defecto para la producción de cal (IPCC, 2006. Volumen 3, capítulo 2, página 2.25):

$$\begin{aligned} EF_{cal} &= 0.85 \times EF_{cal \text{ con fuerte proporción de calcio}} + 0.15 \times EF_{cal \text{ de dolomita}} \\ &= 0.85 \times 0.75 + 0.15 \times 0.77 \\ &= 0.6375 + 0.1155 \\ &= 0.75 \text{ toneladas de } CO_2 / \text{ toneladas de cal producida} \end{aligned}$$

Producción de Vidrio

En la fabricación del vidrio, las principales materias primas del vidrio son las que emiten CO₂ durante el proceso de fundición como: la piedra caliza (CaCO₃), la dolomita Ca,Mg(CO₃)₂ y la ceniza de sosa (Na₂CO₃).

Dato de actividad

La información de la producción de vidrio en el Estado de Querétaro se obtuvo de la cédula de operación anual presentada a la SEMARNAT para el año de actividad 2013. En Querétaro se cuenta con dos industrias de producción de vidrio ubicadas en los municipios de Querétaro y El Marqués, la primera produce envases (recipientes) y la segunda vidrio plano.

Para el cálculo de las emisiones de CO₂ se cuenta con datos de cantidad de vidrio producido por proceso. Por lo que se optó por el Método de Nivel 1: Estimación de la producción de vidrio a través de los datos de producción, de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Emisiones\ de\ CO_2 = M_g \times EF \times (1 - CR)$$

Donde:

Emisiones de CO₂ = emisiones de CO₂ provenientes de la producción de vidrio, toneladas

M_g = masa del vidrio producido, toneladas

EF = factor de emisión por defecto para la fabricación del vidrio, toneladas de CO₂/toneladas de vidrio

CR = proporción de cullet para el proceso (promedio nacional o valor por defecto), fracción.

Factor de Emisión

Para la elección del factor de emisión se tomó el específico por proceso de producción (IPCC, 2006): que es igual a 0.21 kg de CO₂/kg de vidrio; para los procesos de fabricación de recipientes y vidrio flotado.

Otros usos de carbonatos en los procesos

Existen industrias en la entidad que manejan insumos de carbonatos que generan emisiones de CO₂ por proceso. Dicha cantidad de CO₂ es liberada por acidificación de estos insumos carbonatados, aunque se considera que estas emisiones son pequeñas y la metodología IPCC 2006 no presenta la metodología establecida para su cálculo. Por lo anterior se utilizó la metodología IPCC-1996.

Dato de actividad

La información de insumos carbonatados utilizados en procesos industriales en el Estado de Querétaro se obtuvo de la cédula de operación anual estatal presentada a la SEDESU para el año de actividad 2015.

$$E_{CO_2} = I \times EF$$

Donde:

E_{CO₂}= emisiones de CO₂, toneladas

I = Insumo, toneladas

EF= factor de emisión, toneladas de CO₂/tonelada de insumo carbonatado

Factor de Emisión

Los factores de emisión utilizados por el uso de carbonato de sodio y carbonato de calcio, para las emisiones de CO₂ son los presentados en la Tabla 26.

Tabla 26. Factores de emisión por el consumo de sustancias carbonatadas

Sustancia	Factor de emisión
CaCO ₃	440 kg CO ₂ /tonelada de CaCO ₃ utilizada
Na ₂ CO ₃	415 kg CO ₂ /tonelada de Na ₂ CO ₃ utilizada

Producción de acero

En el estado de Querétaro la producción de acero se hace a través de la fundición de chatarra de acero; utilizando un horno de arco eléctrico. Dicha planta se ubica en el municipio de San Juan del Río, y tiene una producción de 9,582 toneladas anuales de piezas de acero.

Dato de actividad

La información de la producción de acero en el Estado de Querétaro se obtuvo de la cédula de operación anual presentada a la SEMARNAT para el año de actividad 2013.

Para la estimación de emisiones de CO₂ para esta subcategoría se utilizó el método de Nivel 1 ya que solo se cuenta con datos sobre la producción de acero por cada empresa, por lo que se utilizaron factores de emisión por defecto.

$$E_{CO_2} = P \times EF$$

Donde:

E_{CO₂}= emisiones de CO₂, toneladas

P = producción de acero, toneladas

EF= factor de emisión, toneladas de CO₂/tonelada de producto

Factor de Emisión

Para la estimación de CO₂ se utilizó el factor de emisión específico para la producción de acero por horno eléctrico (0.08 toneladas de CO₂ por tonelada de acero producido).

Producción de alimentos

La producción de alimentos genera emisiones a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) de acuerdo a la metodología IPCC, 1996. En el estado de Querétaro se ubicaron industria de producción de aves, producción de grasas, producción de cereales, producción de pan, y producción de pienso para animales. Muy probablemente existan otro tipo de industrias como producción de pan artesanal entre otros, pero esta información no pudo ser recabada para el presente inventario.

Dato de actividad

La información de producción de alimentos en el Estado de Querétaro se obtuvo de la cédula de operación anual estatal presentada a la SEDESU para el año de actividad 2015.

Factor de Emisión

Los factores de emisión utilizados en las distintas categorías de producción de alimentos se presentan en la Tabla 27 (IPCC, 1996 Volumen 2, página 2.45).

Tabla 27. Factores de emisión para la producción de alimentos

Alimentos	Factores de emisión (Kg de CO2DM/ton de producto)
Carnes, pescados y aves	0.3
Margarina, grasas solidas de cocina y aceites	10
Pasteles, bizcochos y cereales para el desayuno	1
Pan	8
Pienso para animales	1

Uso de productos

Refrigeración y aire acondicionado estacionario:

Para la estimación de las emisiones de HFCs que se producen debido a la refrigeración y aire acondicionado. Este dato solo es indicativo dado que los HFCs producidos por esta actividad no están contemplados dentro de las guías de IPCC, 2006.

Dato de actividad y factores de emisión

El número de viviendas con energía eléctrica en el Estado de Querétaro, de acuerdo a la Encuesta intercensal 2015 realizada por el INEGI en el año 2015 fue de 528,656 de las cuales 470,510 tienen al menos un refrigerador (88.2%) y 8,375 cuentan con aire acondicionado (1.57%).

De acuerdo con el Fideicomiso de Ahorro para la Energía Eléctrica (FIDE), cada equipo de aire acondicionado tiene una carga promedio de 1.5 kg de HCFC-22, de los cuales se estima que solo el 10% del total presentan fugas, las cuales equivalen al 15% de este compuesto. Para el caso de los refrigeradores se toman en cuenta las mismas consideraciones, pero con base en una carga de 120 g por equipo.

Por otra parte se consideró las emisiones por producción de refrigeradores y aires acondicionados en el Estado de Querétaro, reportado el uso de sustancias HFC en las COA estatales para el año de actividad 2015; considerando de acuerdo a la metodología de IPCC 2006, existen pérdidas durante el ensamblaje expresadas como porcentaje de la cantidad cargada de 2-3% para equipos de refrigeración y aire acondicionado

Uso de productos

Existen emisiones de GEI por el uso de productos en las industrias en el Estado de Querétaro.

Dato de Actividad y factores de emisión

Se consideraron las emisiones reportadas por el industrial en las COA 2015, por el uso de sustancias (insumos) en el proceso y por producto para el Estado de Querétaro

Resultados

Para el Estado de Querétaro se estimó una emisión de 305,488 toneladas de CO₂ equivalente derivado de las fuentes de procesos industriales y uso de productos en el año 2015; así como 575.07 toneladas de COVDM derivado de la industria alimenticia (Tabla 28).

Tabla 28. Emisiones por municipio y tipo de contaminante

Municipio	CO ₂	CH ₄	SF ₆	HCFC-22	HCFC-141b	CO ₂ e
Amealco de Bonfil				0.02		32.40
Pinal de Amoles				0.01		10.04
Arroyo Seco				0.01		13.38
Cadereyta de Montes				0.02		38.31
Colón	2,476.83			0.02		2,514.71
Corregidora	43.25		0.16	0.11		3,905.12
Ezequiel Montes	76,112.25			0.02		76,139.71
Huimilpan				0.02		31.12
Jalpan de Serra				0.02		30.73
Landa de Matamoros				0.01		13.59
El Marqués	1,467.65		0.12	0.07	58.00	46,512.18
Pedro Escobedo				0.03		52.41
Peñamiller				0.01		10.82
Querétaro	134,109.40	1.00		6.95	10.16	154,073.66
San Joaquín				0.00		5.82
San Juan del Río	21,050.12			0.12		21,273.97
Tequisquiapan				0.03		51.79
Tolimán	765.75			0.01		778.37
Estado	236,025.24	1.00	0.28	7.45	68.16	305,488.11

Como se observa en la tabla anterior el municipio con mayores emisiones de CO₂e es Querétaro (50%), por la presencia de la industria del vidrio, seguido del municipio de Ezequiel Montes (25%) por la producción de cal en el mismo. El municipio de El Marqués (10%) por la industria del vidrio y el uso de sustancias.

En el estado de Querétaro la producción de vidrio es el proceso industrial que mayores emisiones de CO₂ genera (43%), seguido de la producción de cal (25%) y Refrigeración y aire acondicionado (21%) (Figura 26).

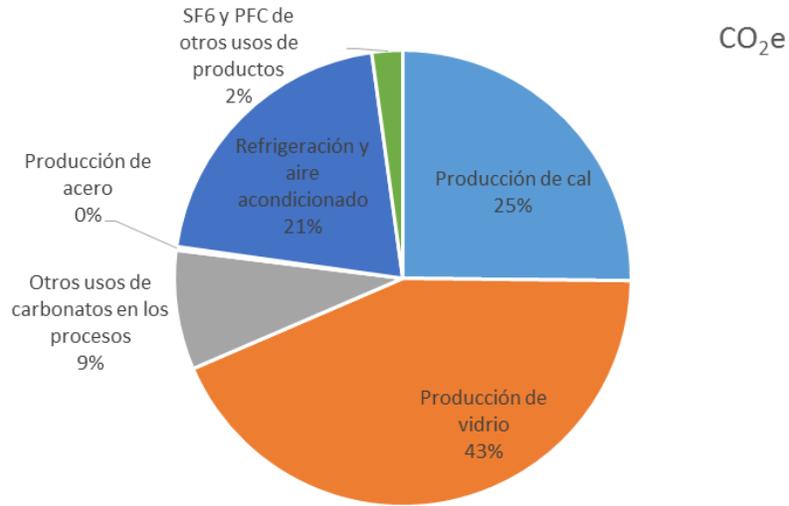


Figura 26. Emisiones de CO₂e, por subcategoría

En la Figura 27 se presenta la distribución de las emisiones del sector IPPU a nivel municipal en la entidad.

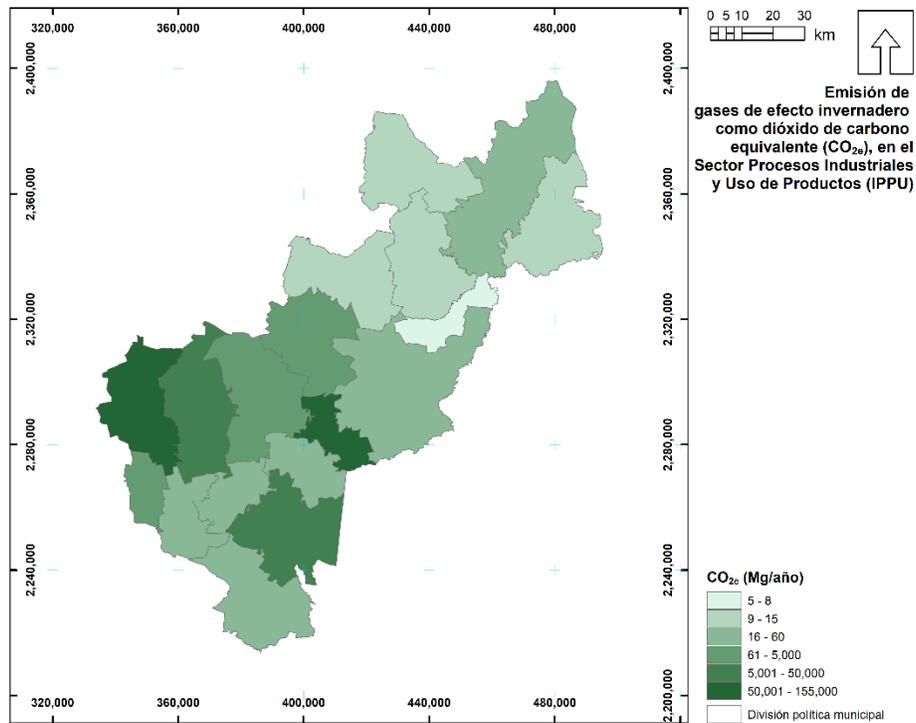


Figura 27. Distribución de las emisiones de CO₂e a nivel municipal del sector IPPU

AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA (AFOLU)

Esta sección que incluye la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las actividades antropogénicas relacionadas con el sector productivo primario Agropecuario y cambios del uso del suelo, también denominado AFOLU por sus siglas en inglés. De acuerdo con la metodología de IPCC 2006, se identifican los tipos de actividades que se deben evaluar dentro del área de estudio; en la Figura 28 se muestran las actividades para las cuales se estimaron las emisiones desagregadas por sus subcategorías.

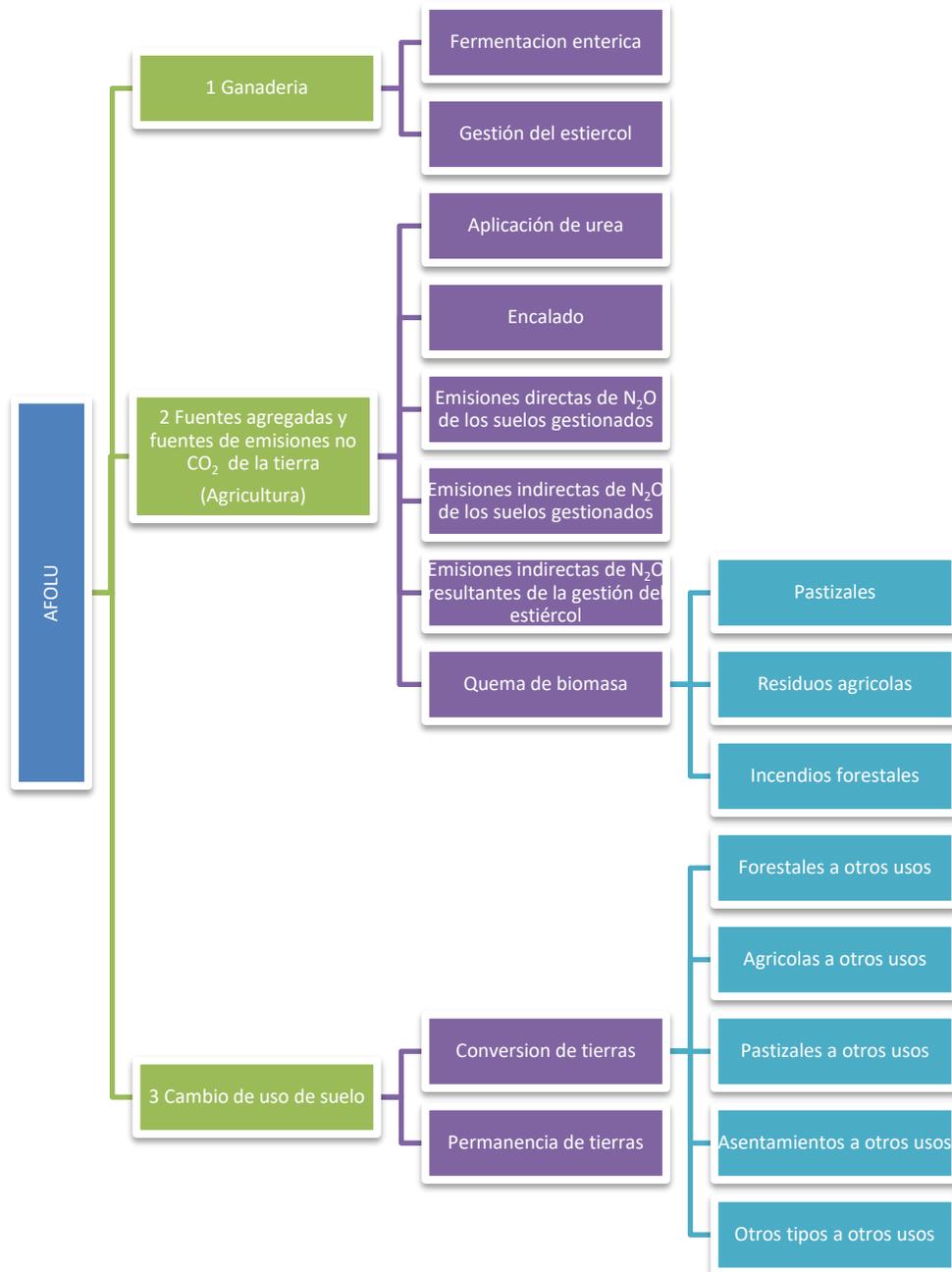


Figura 28. Subcategorías del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Agricultura y Ganadería

En México, a nivel federal la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) es quien tiene la atribución legal de dar seguimiento y promover políticas públicas que fomenten el desarrollo del sector agropecuario en todo el territorio nacional. A su vez las entidades federativas en colaboración la SAGARPA y los municipios realizan acciones para fomentar el desarrollo del sector a través de diferentes esquemas de financiamiento, capacitación y tecnificación. En consecuencia existen en los tres órdenes de gobierno entidades o dependencias que llevan a cabo labores de seguimiento de las actividades productivas del sector, esto es de suma importancia pues hay diferentes fuentes de información para cada uno de los rubros, con fines de este reporte se consideró como fuente primaria de la información al Sistema de información Agroalimentario y Pesquero (SIAP) dependiente de la SAGARPA y como fuentes complementarias:

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI)
- Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS)

Estimación de Emisiones

El cálculo de la emisión se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} = \text{Dato de actividad} \times \text{Factor de emisión}$$

En donde el Dato de actividad se refiere a la información que permite caracterizar el comportamiento de la fuente de emisión y puede referirse a producción, número de animales, etc. Y el Factor de emisión es la relación matemática que expresa una cantidad de emisión de determinado GEI asociado al Dato de actividad.

En todos los casos se utilizó como dato de actividad información a nivel municipal del año 2015, los factores de emisión utilizados corresponden a aquellos empleados por el INECC para elaborar el INEGEI-2009. En algunos casos son los factores dados por defecto en la Directrices y en otros son calculados específicamente para México.

Datos de actividad para Ganadería

Durante el proceso digestivo, los herbívoros (rumiantes) producen metano por acción de la fermentación de la celulosa, proveniente del alimento consumido. La descomposición se origina en el rumen, órgano del sistema digestivo que hace parte del estómago, los gases producidos en este proceso son expulsados al eructar. Se consideran rumiantes el ganado vacuno (productores de leche, carne y doble propósito), búfalos, cabras y ovejas, siendo todos ellos una fuente significativa de metano y en menor proporción están otros herbívoros (caballos, mulas y asnos) y los monogástricos (cerdos). La cantidad de metano producido depende principalmente del número de animales, tipo de aparato digestivo, además del tipo y cantidad de alimento consumido. El estiércol del ganado está compuesto principalmente por materia orgánica que al descomponerse bajo condiciones anaeróbicas produce CH₄ así como N₂O como producto de la nitrificación y desnitrificación bacteriana de la materia orgánica.

A nivel municipal la intensidad de la actividad es variable dependiendo del tipo de ganado, los municipios de Colón, San Juan del Río, Ezequiel Montes y El Marqués presentaban para el año 2015 las mayores poblaciones. En la Tabla 29 se muestra la caracterización detallada de la población a nivel municipal obtenida de información entregada vía oficio por parte de la SAGARPA (Inventario 2015 Número de cabezas de ganado por especie y municipio) y del Anuario Estadístico del Sector Rural Querétaro 2015 (Inventario ganadero por municipio, según especie a diciembre de 2014).

Tabla 29. Distribución de la población por municipio

Municipio	Bovino Carne	Bovino Leche	Porcino	Caprino	Ovino	Caballar	Asnal	Mular	Ave Carne	Ave Huevo	Guajolote	Conejo
Amealco de Bonfil	16,744	646	3,273	-	28,149	1,678	391	27	261,247		3,221	189
Pinal de Amoles	3,203	458	1,105	1,479	1,177	260	245	234	1,286	2,600	282	-
Arroyo Seco	6,557	268	957	182	211	224	132	79	1,406	2,500	224	-
Cadereyta de Montes	8,744	1,022	29,365	13,919	2,790	1,462	769	70	71,436	13,020	181	3,110
Colón	34,632	35,755	20,465	5,629	3,434	602	531	175	974,999	8,100	161	89
Corregidora	5,156	2,285	1,674	1,764	4,129	2,165	610	245	51,950	2,410	30	76
Ezequiel Montes	19,556	2,275	54,408	2,042	1,554	537	180	40	848,805	12,540	199	1,639
Huimilpan	4,799	677	5,373	2,908	5,674	2,230	567	270	176,224	2,415	47	97
Jalpan de Serra	11,833	83	1,322	168	702	387	248	207	1,752	2,200	440	-
Landa de Matamoros	7,992	455	1,281	325	323	455	245	254	2,600	1,860	194	-
El Marqués	11,298	42,277	13,606	5,342	7,844	3,155	400	108	723,572	2,245	332	56
Pedro Escobedo	13,300	13,060	6,696	2,782	3,062	741	270	27	106,175		238	187
Peñamiller	3,637		5,520	18,818	1,883	189	103	14	2,296	1,520	107	153
Querétaro	7,878	5,513	19,481	2,841	4,294	1,567	712	185	98,455	1,006,062	460	50
San Joaquín	1,418		3,853	1,066	1,099	156	189	76	297	5,790	276	71
San Juan del Río	43,115	2,243	8,684	8,696	7,570	2,041	680	296	80,023	240,800	1,030	661
Tequisquiapan	13,302	4,930	21,413	2,778	2,665	1,041	34	-	930,434		192	316
Tolimán	4,000	2,094	11,797	8,499	1,243	165	211	30	92,719	1,900	101	1,160
Estatal	217,164	114,040	210,272	79,239	77,805	19,055	6,517	2,337	4,425,675	1,305,962	7,715	7,855

Datos de actividad de Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO₂ (Agricultura)

Dentro de esta categoría se identifican las siguientes fuentes de emisión

1. Encalado
2. Aplicación de fertilizantes
 - Urea
 - Sintéticos
 - Estiércol
3. Quema de biomasa
 - Pastizales
 - Residuos agrícolas
 - Incendios forestales

La estimación de las emisiones se realizó de la siguiente manera

Encalado

El pH del suelo influye en la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas, para mejorar el rendimiento de los suelos productivos agrícolas, es una técnica comúnmente aplicada para mantener el pH del suelo entre 6.5 y 7, en suelos ácidos suele aplicarse cal como mejorador del mismo; con lo cual se favorece un ambiente propicio para el desarrollo normal de los cultivos principalmente la raíz.

Se verifico la base de datos de costos de producción desarrollada por el SIAP, de acuerdo con la cual para el estado de Querétaro se tienen registros de la aplicación de Cal en el cultivo de maíz para el año 2015, considerando un consumo de 2,000 kg/ha de CO₃Ca (Tabla 30).

Tabla 30. Aplicación de cal por municipio

Municipio	Superficie sembrada de Maíz (Ha)	Cantidad de cal aplicada (ton)
Amealco de Bonfil	18,654	37,308
Pinal de Amoles	620	1,240
Arroyo Seco	1,118	2,236
Cadereyta de Montes	4,005	8,010
Colón	8,985	17,970
Corregidora	4,544	9,088
Ezequiel Montes	2,515	5,030
Huimilpan	10,370	20,740
Jalpan de Serra	1,242	2,483
Landa de Matamoros	1,050	2,100
El Marqués	17,573	35,146
Pedro Escobedo	13,164	26,328
Peñamiller	777	1,554
Querétaro	10,410	20,820
San Joaquín	718	1,436

Municipio	Superficie sembrada de Maíz (Ha)	Cantidad de cal aplicada (ton)
San Juan del Río	19,205	38,410
Tequisquiapan	5,740	11,480
Tolimán	934	1,868

Utilizando un factor de emisión de 0.12 tonelada de C por tonelada de cal aplicada.

Aplicación de fertilizantes

Hay diferentes fuentes de nitrógeno aplicadas al suelo, fertilizantes sintéticos, orgánicos y/o estiércol por diferentes vías, que generan emisiones de manera indirecta, los principales procesos son:

- Volatilización de nitrógeno, resultante en deposiciones atmosféricas de amoníaco (NH₃) y óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Pérdida de nitrógeno (N) por lixiviación y escorrentía
- Disposición de N contenido en aguas residuales.

Las variables básicas para la estimación de N utilizan la cantidad de nitrógeno (kg N/ año) incorporado al suelo, ya sea como fertilizante o como estiércol. Con el objeto de estimar la cantidad de nitrógeno que se volatiliza o se lixivia se utilizan diferentes factores por omisión de IPCC, así como datos de la base de costos de producción agrícola de la SAGARPA. Se cuantificaron las emisiones de tres tipos de fertilización:

- Urea
- Estiércol
- Aplicación de fertilizantes

Para el caso de Urea se consideró la información proporcionada vía oficio por SAGARPA sobre el uso de urea como fertilizante por municipio como parte de su Programa soluciones para mejorar la fertilidad del suelo y competitividad (SAGARPA, 2017) (Tabla 31).

Tabla 31. Datos sobre aplicación de Urea de por municipio

Municipio	Urea aplicada como fertilizante (ton/año)
Amealco de Bonfil	2261.7
Pinal de Amoles	74.3
Arroyo Seco	18.85
Cadereyta de Montes	40.2
Colón	292.45
Corregidora	29.6
Ezequiel Montes	14.15
Huimilpan	351.85
Jalpan de Serra	123.5
Landa de Matamoros	33.8

Municipio	Urea aplicada como fertilizante (ton/año)
El Marqués	303.1
Pedro Escobedo	1358.925
Peñamiller	10.1
Querétaro	67.15
San Joaquín	6.15
San Juan del Río	1370.525
Tequisquiapan	227.7
Tolimán	52.45

La cantidad de fertilizantes sintéticos utilizado en Querétaro se estimó del consumo aparente nacional. Los datos se tomaron de Faostat en la categoría de nutrientes totales como nitrógeno “N total nutrients”) que para 2015 fue de 1,361,598 toneladas. Del consumo aparente se ajusta el contenido de N por kilogramo de fertilizante a 34.5% de N, que es la media nacional de N en los fertilizantes nitrogenados y se desagregó por superficie fertilizada de acuerdo a la SAGARPA por municipio (Tabla 32).

Tabla 32. Cantidad de fertilizante aplicado por municipio

Municipio	Superficie sembrada total	Superficie sembrada fertilizada	N _{INPUT} (kg N / año)
Amealco de Bonfil	20,132	18,384	573,373.82
Pinal de Amoles	1,115	203	6,331.19
Arroyo Seco	2,012	1,172	36,552.51
Cadereyta de Montes	7,379	2,951	92,039.34
Colón	15,903	14,423	449,826.65
Corregidora	5,944	1,656	51,647.57
Ezequiel Montes	4,551	3,043	94,892.43
Huimilpan	11,903	4,403	137,308.94
Jalpan de Serra	1,851	887	27,676.36
Landa de Matamoros	2,122	1,009	31,468.84
El Marqués	22,760	16,927	527,918.65
Pedro Escobedo	19,344	18,735	584,309.94
Peñamiller	1,427	653	20,365.86
Querétaro	12,614	7,884	245,871.76
San Joaquín	1,042	465	14,508.73
San Juan del Río	23,345	19,652	612,893.88
Tequisquiapan	8,108	6,098	190,176.90
Tolimán	1,528	1,228	38,299.04

Emisiones por aplicación de estiércol como fertilizante. Para esta categoría el dato de actividad es el mismo que para las emisiones por manejo de estiércol.

Quema de biomasa

La quema de biomasa es una fuente importante de GEI principalmente de CH₄ y CO₂ sin embargo podría presentar una considerable variabilidad especialmente en lo que se refiere a incendios forestales, en tanto que para las cuestiones agrícolas la importancia depende de las técnicas de disposición de los residuos en campo luego de la cosecha. Para fines del Inventario, la metodología IPCC considera neutras las emisiones de CO₂ por quema de residuos agrícolas e incluye en la contabilidad las emisiones de N₂O.

En el caso de los residuos agrícolas únicamente se contabilizaron los residuos quemados en campo, ya que de los posibles utilizados como fuente de energía no se cuenta con información. Se consideró los cultivos de maíz y trigo reportado por SAGARPA (Tabla 33). Se obtuvieron datos anuales por municipio del SIAP.

Tabla 33. Información sobre siembra/cosecha de trigo y maíz

Municipio	Trigo, Superficie Cosechada (ha)	Producción de trigo (Ton)	Maíz, Superficie Cosechada (ha)	Producción de maíz (Ton)
Amealco de Bonfil			18,654	49,368
Pinal de Amoles			570	428
Arroyo Seco			643	495
Cadereyta de Montes			4,005	1,940
Colón	12	60	8,985	89,228
Corregidora	26	36.4	4,544	16,298
Ezequiel Montes			2,515	24,220
Huimilpan	20	24	10,370	42,112
Jalpan de Serra			925	811
Landa de Matamoros			730	787
El Marqués	60	2130	17,573	454,220
Pedro Escobedo	123	836.4	13,164	200,461
Peñamiller			777	941
Querétaro	66	2343.6	10,410	63,521
San Joaquín			718	645
San Juan del Río	422	1195.2	18,455	110,295
Tequisquiapan			5,740	56,690
Tolimán			934	1,191

Para Quema de pastizales e Incendios forestales se utilizó información anual publicada por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para el estado de Querétaro en el caso de los pastizales y a nivel municipal para el caso de áreas forestales (Tabla 34).

Tabla 34. Información incendios forestales y pastizales en 2015

Municipio	Uso de suelo inicial	Uso de suelo durante el año de reporte	Superficie quemada (Ha)
Amealco de Bonfil	Bosque de encino	Pastizales	2
Cadereyta	Matorral crasicaule	Pastizales	5
Cadereyta	Bosque de encino-pino	Pastizales	18
Corregidora	Matorral crasicaule	Pastizales	0.75
El Marqués	Pastizal natural	Pastizales	1.5
El Marqués	Pastizal natural	Pastizales	10
Querétaro	Matorral crasicaule	Pastizales	3
Cadereyta	Matorral crasicaule	Matorrales arbusto	5
Cadereyta	Bosque de encino-pino	Matorrales arbusto	4
Cadereyta	Bosque de encino-pino	Renuevo	3
Corregidora	Matorral crasicaule	Matorrales arbusto	1
Querétaro	Matorral crasicaule	Matorrales arbusto	5

Cambio de uso de suelo

La estimación de la emisión o absorción de gases de efecto invernadero, para el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, en el periodo de 2010-2015, se realizó como establecen las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) de 2006 para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Las Directrices del IPCC de 2006 consideran métodos de estimación para tres niveles de detalle, en función de su exactitud y precisión, así como de la información requerida para su evaluación. El nivel 1 es el de mayor incertidumbre y considera el uso de datos por defecto y ecuaciones simples; el nivel 2 usa datos específicos del país, y el nivel 3 usa datos y modelos que se adaptan a condiciones locales. La estimación del contenido de gases de efecto invernadero y su incertidumbre asociada depende entonces, de la información disponible (inventarios forestales, información sobre uso de suelo y vegetación, imágenes satelitales, modelos de estimación, etc.) para la evaluación en diferentes tiempos. A fin de obtener la menor incertidumbre, se usó la información más reciente disponible para México y para el estado de Querétaro.

Estimación de emisiones

El procedimiento general para la aproximación a esta sección se muestra en la Figura 29:

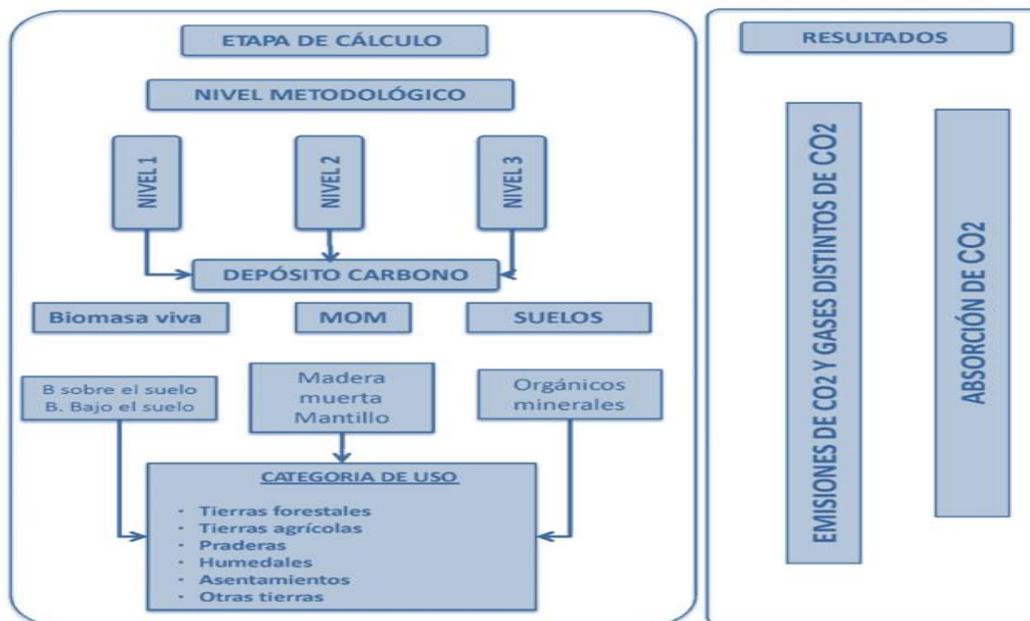


Figura 29. Proceso general de estimación de emisiones

Resultados

Resultados Ganadería

La ganadería es una de las principales fuentes de emisión de GEI tanto por el producto de la fermentación entérica de rumiantes como por el manejo del estiércol y su aplicación como fertilizante. Los resultados por municipio por gas de efecto invernadero son (Tabla 35):

Tabla 35. Resultados en Ton /año por municipio

Municipio	Fermentación entérica, CH ₄	Gestión de estiércol, CH ₄	Gestión de estiércol, N ₂ O	Emisiones totales CO ₂ e
Amealco de Bonfil	1,039.63	32.22	12.52	33,328.98
Pinal de Amoles	223.50	5.90	2.92	7,198.43
Arroyo Seco	347.89	8.60	4.60	11,199.69
Cadereyta de Montes	668.81	37.98	21.33	25,441.29
Colón	5,456.69	94.84	72.68	174,703.85
Corregidora	561.54	14.72	6.58	17,878.76
Ezequiel Montes	1,248.79	75.84	40.55	47,834.28
Huimilpan	394.96	18.26	6.31	13,242.94
Jalpan de Serra	586.84	14.98	7.64	18,875.33
Landa de Matamoros	444.07	11.24	5.81	14,287.04

Municipio	Fermentación entérica, CH ₄	Gestión de estiércol, CH ₄	Gestión de estiércol, N ₂ O	Emisiones totales CO ₂ e
El Marqués	5,088.77	70.52	63.26	161,223.92
Pedro Escobedo	2,045.56	32.12	26.37	65,162.20
Peñamiller	286.02	11.33	4.74	9,580.99
Querétaro	1,041.12	48.11	21.22	36,121.47
San Joaquín	87.36	5.15	2.62	3,284.35
San Juan del Río	2,414.60	65.89	32.58	78,086.68
Tequisquiapan	1,212.80	50.06	24.51	41,855.44
Tolimán	474.04	17.50	10.85	16,639.62
Estatal	23,623.01	615.24	367.07	775,945.25

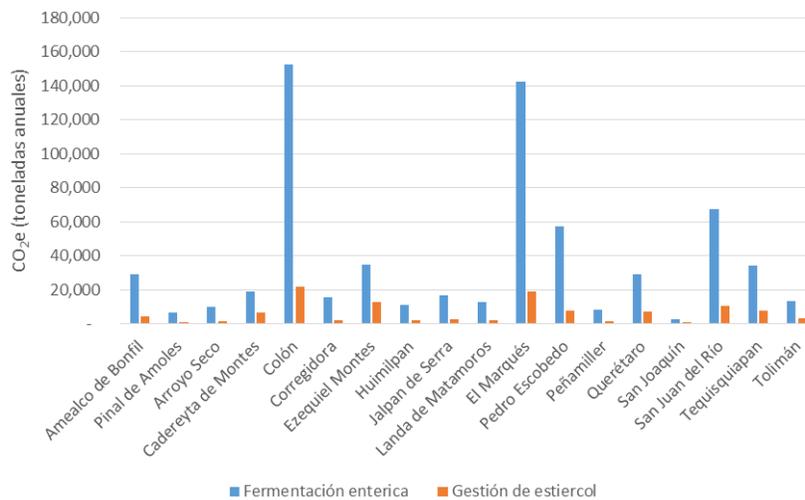


Figura 30. Emisiones de CO₂e por la subcategoría de ganadería

En términos de CO₂e la principal fuente de emisión es la fermentación entérica con un total estatal por esta categoría de 661,444.29 toneladas equivalente al 85% y el manejo de estiércol corresponde a 114,500.96 toneladas de CO₂e. Siendo los municipios de Colón y El Marqués los que mayor aportación por esta categoría tiene en la entidad con el 22 y 20%, respectivamente.

Resultados Fuentes agregadas y fuentes de emisiones No CO₂ (Agricultura)

En el caso de las emisiones por el sector agrícola se presentan en la Tabla 36 por municipio.

Tabla 36. Emisiones de CO₂e por municipio de la subcategoría agricultura para Querétaro, 2015 (ton/año)

Municipio	Encalado	Aplicación de urea	Fertilizantes sintéticos	Quema de biomasa	Emisiones indirectas gestión del estiércol	Emisiones indirectas suelos gestionados
Amealco de Bonfil	16,415.52	1,658.58	1,709.37	48,043.92	512.31	195,141.32
Pinal de Amoles	545.60	54.49	18.87	1,467.54	114.18	2,154.75
Arroyo Seco	983.84	13.82	108.97	1,655.49	177.13	12,440.23
Cadereyta de Montes	3,524.40	29.48	274.39	10,977.42	815.30	31,324.55

Municipio	Encalado	Aplicación de urea	Fertilizantes sintéticos	Quema de biomasa	Emisiones indirectas gestión del estiércol	Emisiones indirectas suelos gestionados
Colón	7,906.80	214.46	1,341.05	23,147.04	2,661.14	153,093.44
Corregidora	3,998.72	21.71	153.97	11,781.76	261.72	17,577.67
Ezequiel Montes	2,213.20	10.38	282.90	6,475.22	1,562.47	32,295.57
Huimilpan	9,125.60	258.02	409.35	26,722.19	265.21	46,731.55
Jalpan de Serra	1,092.61	90.57	82.51	2,380.51	296.72	9,419.34
Landa de Matamoros	924.00	24.79	93.82	1,879.49	224.99	10,710.07
El Marqués	15,464.24	222.27	1,573.86	45,409.01	2,275.24	179,671.17
Pedro Escobedo	11,584.32	996.55	1,741.97	34,035.07	957.58	198,863.31
Peñamiller	683.76	7.41	60.72	2,000.50	190.91	6,931.29
Querétaro	9,160.80	49.24	733.01	27,134.59	846.32	83,679.68
San Joaquín	632.02	4.51	43.25	1,849.11	101.78	4,937.88
San Juan del Río	16,900.40	1,005.05	1,827.19	48,003.91	1,272.23	208,591.53
Tequisquiapan	5,051.20	166.98	566.96	14,778.43	958.86	64,724.57
Tolimán	821.92	38.46	114.18	2,404.71	408.77	13,034.65
Estatal	107,028.94	4,866.77	11,136.35	310,145.91	13,902.85	1,271,322.57

Los municipios que mayores emisiones aportan por esta subcategoría son San Juan del Río, Amealco de Bonfil, Pedro Escobedo y El Marqués (Figura 31).

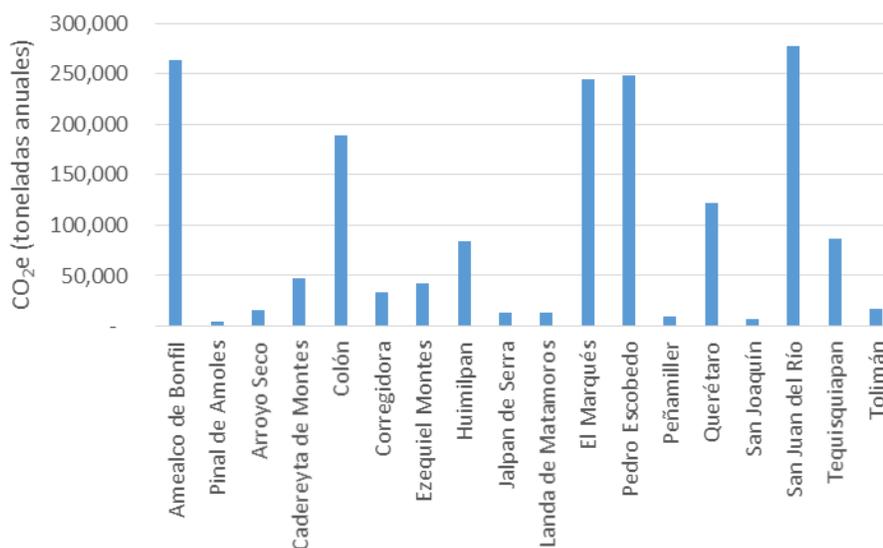


Figura 31. Emisiones por el subsector agricultura en el estado de Querétaro

Resultados del Cambio de uso de suelo

La evaluación del cambio de uso de suelo indica, entre otros resultados, que hay degradación en 1.91% de la superficie estatal y hay deforestación en el 5.74% de la superficie estatal. El cambio entre usos de suelo no forestales se presentó en un 3.11% del territorio. De manera reservada, se puede decir que las áreas forestales con recuperación ocupan el 1.81% de la superficie y que, durante el periodo de análisis, hubo reforestación en el 2.99% del territorio estatal.

En cuanto a las emisiones la deforestación es el 64.54% del CO₂ en el Estado, mientras que el 15.2% permanece sin cambio de uso de suelo. Las emisiones totales en 2015 de esta categoría fueron de 2,033.40 Gg de CO₂.

Tabla 37. Emisiones totales de CO₂ por municipio en 2015 para Querétaro (Gg/año)

Municipio	Tierras convertidas a tierras forestales	Tierras convertidas a pastizales	Tierras convertidas a asentamientos	Tierras convertidas a otras tierras	Tierras convertidas a tierras agrícolas	Permanencia		
						Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	Pastizales que permanecen como pastizales	Tierras agrícolas que permanecen como tierras agrícolas
Amealco de Bonfil	---	---	---	---	151.55	24.14	---	---
Arroyo Seco	---	91.05	0.1	---	71.32	52.55	2.16	---
Cadereyta de Montes	---	77.08	1.05	---	124.67	94.63	12.67	---
Colón	---	94.86	0.91	---	40.07	48.42	8.8	---
Corregidora	---	8.54	1	---	21.73	0.67	3.29	---
El Marqués	---	91.2	6.18	---	115.87	27.59	9.61	---
Ezequiel Montes	---	9.7	0.23	---	19.71	3.73	1.63	---
Huimilpan	---	29.4	0.48	---	63.18	6.93	9.89	---
Jalpan de Serra	---	46.72	0.4	---	89.53	85.56	1.59	---
Landa de Matamoros	---	28.01	0.08	---	62.14	65.67	---	---
Pedro Escobedo	---	26.18	0.66	---	38.99	13.18	2.26	---
Peñamiller	---	71.77	0.16	---	10.45	14.18	5.81	---
Pinal de Amoles	---	86.57	0.22	---	95.67	48.34	2.66	---
Querétaro	---	15.95	7.71	---	106.51	14.25	4.75	---
San Joaquín	---	13.7	0.25	---	73.96	12.04	1.74	---
San Juan del Río	---	20.63	2.59	---	97.75	26.44	9.5	---
Tequisquiapan	---	1.14	2.84	---	58.92	9.83	1.36	---
Tolimán	---	27.16	0.61	---	26.21	17.57	3.04	---
Estatal	---	739.69	25.47	---	1,268.24	- 565.7	- 80.76	---

Se reportan las emisiones y absorciones (permanencias) de los siguientes tipos de usos del suelo: tierras forestales; pastizales, tierras agrícolas, asentamientos y otras tierras.

En 2015, el sector USCUSS en el Estado de Querétaro tuvo efecto de sumidero, debido a la absorción de CO₂, por parte principalmente de las permanencias (tierras forestales y pastizales). Esta circunstancia contribuyó con la absorción de -646.46 Gg de CO₂. La contribución de las emisiones de CO₂ por esta categoría corresponde a 1,386.94 Gg de CO₂ (Figura 32).

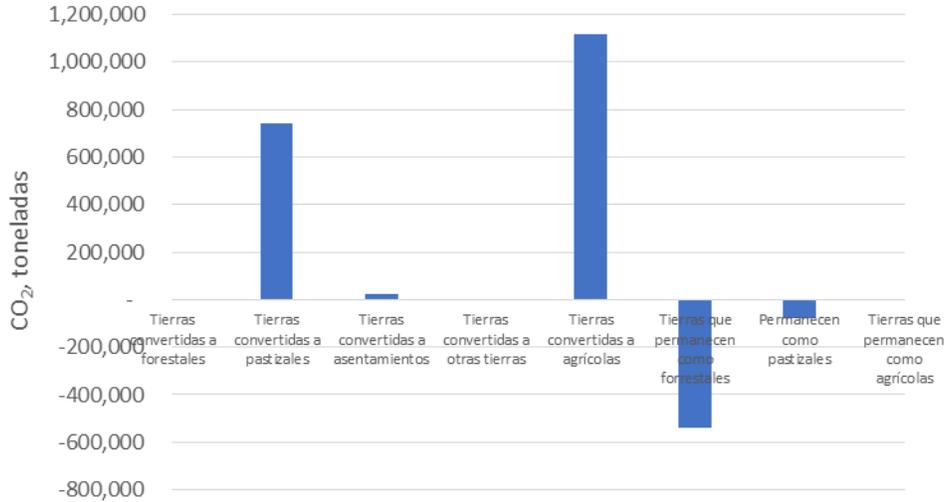


Figura 32. Emisiones y absorciones de GEI (t CO₂e) por la categoría de USCUS

En la Figura 33 se presentan las emisiones totales por municipio de CO₂e del sector AFOLU, donde los principales municipios de estas emisiones son El Marqués, Colón, San Juan del Río y Amealco de Bonfil, por las diversas actividades que se realizan en ellos sobre todo las actividades de agricultura.

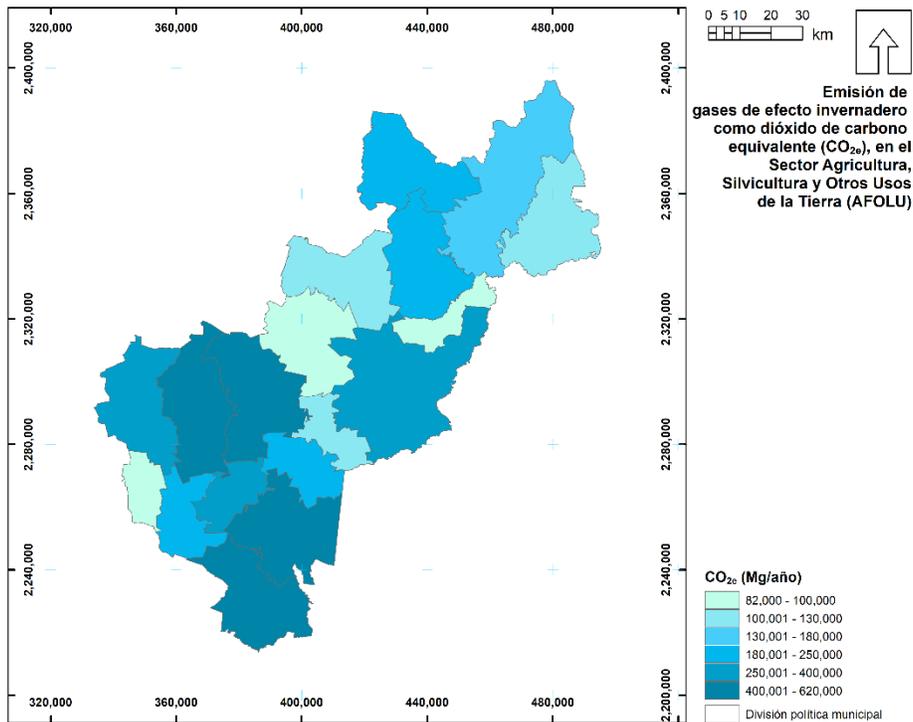


Figura 33. Distribución de las emisiones de CO₂e a nivel municipal de sector AFOLU

DESECHOS

Dentro de esta categoría se incluyen las fuentes de emisión de CO₂, CH₄ y N₂O, de los residuos sólidos y las aguas residuales; en donde las emisiones de CH₄ provienen de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica que forma parte de los residuos sólidos tanto si su disposición es controlada como si no lo es, así como las emisiones generadas durante los procesos de tratamiento y disposición de aguas de desecho, tanto de carácter municipal como industrial (Figura 34).

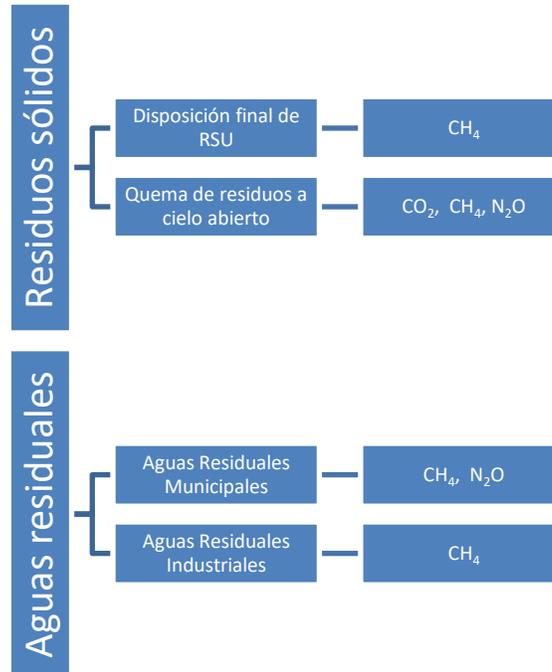


Figura 34. Subcategorías incluidas en este sector

Datos de actividad para disposición de residuos sólidos urbanos

Para esta sección se recopiló información del número de habitantes por municipio para el año 2015, de la Encuesta intercensal 2015 (INEGI).

Se obtuvo información de la SEDESU sobre los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos (RSU) que existen en la entidad, la cantidad de residuos que se disponen en ellos y las condiciones de operación en de los mismos. Partiendo de lo anterior se utilizó el modelo Mexicano de Biogás para el cálculo de las emisiones de CH₄ generadas por cada sitio.

En el caso de la quema de RSU a cielo abierto, se obtuvo la información de la Encuesta intercensal 2015 (INEGI), que indica que el 2.02% de la población en la entidad queman sus residuos. Por lo que considerando que en el Estado cada persona tiene una generación de residuos de 0.88 kg/día (SEDESU, 2016) se quemaron 13,225.45 toneladas de RSU en 2015.

Tabla 38. Disposición de residuos sólidos urbanos

Entidad	% Residuos sólidos generados que se lleva a un sitio de disposición final	% Residuos sólidos que se queman a cielo abierto	Residuos sólidos urbanos generados en 2015 (toneladas)
Querétaro	97.1	2.02	654,725

Datos de actividad para el tratamiento de aguas residuales

De acuerdo con datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) en el 2015 se suministró en la Entidad 5,109 lps de agua cubriendo el 95.1% de la población. Del total de la población en el Estado el 94.6% cuenta con servicio de alcantarillado (CONAGUA, 2016).

Se obtuvo información vía oficio de la CONAGUA, de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación en el estado de Querétaro en 2015. Además se complementó dicha información para el caso de agua residual no tratada generada en la entidad con datos públicos de la CONAGUA en sus anuarios estadísticos para el año 2015 (CONAGUA, 2016).

En el caso de las aguas residuales industriales se obtuvo información vía oficio directamente de los industrias que mayor consumo de agua tienen en la entidad, complementando con información de la CONAGUA publicada en el documento “Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, edición 2016” (CONAGUA, 2016.).

Tabla 39. Plantas de tratamiento de aguas residuales en la entidad

Agua residual	Número de plantas de tratamiento	Agua residual generada (lps)	Caudal tratado (lps)	Cobertura de tratamiento (%)
Municipal	51	3,435	1,732	53.3
Industrial	156	nr	662	nr

nr= no reportado

Resultados

Las emisiones de GEI en la entidad por el sector Desechos ascendieron a 614,681 toneladas de CO₂e en 2015, donde la mayoría son debidas a la generación de metano con 20,841.88 toneladas anuales, 2,854.88 toneladas de CO₂ y 106.62 toneladas de N₂O (Tabla 40).

Tabla 40. Emisiones totales de la categoría de Desechos toneladas/año

Municipio	Disposición final de RSU, CH ₄	Quema de residuos a cielo abierto CO ₂	Municipales no tratadas CH ₄	Municipales no tratadas N ₂ O	Municipales tratadas CH ₄	Industriales CH ₄
Amealco de Bonfil	145.23	85.80	121.13	3.20	6.12	
Pinal de Amoles		35.89	46.76	1.34	0.31	
Arroyo Seco	74.57	18.64	25.16	0.70	0.08	
Cadereyta de Montes	375.76	97.41	169.15	3.64	2.85	
Colón	558.47	87.77	156.32	3.28	2.05	
Corregidora	1,437.42	254.46	110.83	9.50	411.33	

Municipio	Disposición final de RSU, CH ₄	Quema de residuos a cielo abierto CO ₂	Municipales no tratadas CH ₄	Municipales no tratadas N ₂ O	Municipales tratadas CH ₄	Industriales CH ₄
Ezequiel Montes	277.58	56.82	144.66	2.12	-	
Huimilpan	277.93	53.63	75.37	2.00	9.77	
Jalpan de Serra	144.33	37.68	56.86	1.41	1.16	
Landa de Matamoros	55.58	25.14	33.06	0.94	0.39	
El Marqués	1,548.18	218.87	510.24	8.17	11.83	
Pedro Escobedo		95.68	256.54	3.57	0.48	
Peñamiller	91.94	28.21	39.33	1.05	-	
Querétaro	5,179.55	1,231.00	2,348.41	45.97	457.96	38.78
San Joaquín	31.77	13.28	16.06	0.50	0.32	
San Juan del Río	2,065.55	375.92	382.54	14.04	93.96	2,170.54
Tequisquiapan	418.28	99.08	234.69	3.70	2.88	
Tolimán	146.39	39.60	73.78	1.48	1.68	
Estado	12,828.53	2,854.88	4,800.89	106.62	1,003.15	2,209.32

Como era de esperarse los municipios con mayor índice de población y aquellos con las zonas urbanas más grandes en la entidad presentan mayores emisiones (Figura 35), tal es el caso del municipio de Querétaro y San Juan del Río, que contribuyen con el 39 y 22%, respectivamente de las emisiones de esta categoría en la entidad. Cabe destacar que aun cuando el municipio de Querétaro alberga más del 70% de la generación de RSU en la entidad, el sitio de disposición final en el municipio tiene un sistema de captura de biogás que en 2015 operaba y con ello mitiga emisiones importantes de CH₄ a la atmósfera.

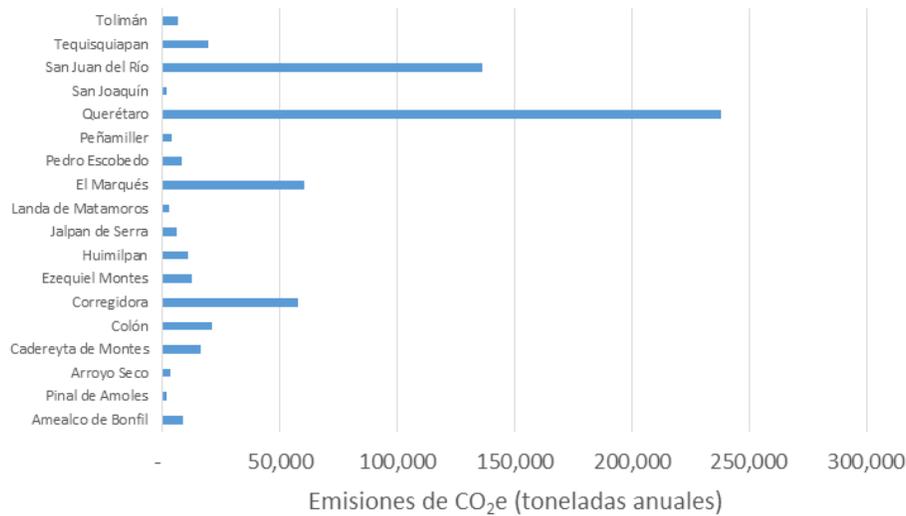


Figura 35 Emisiones de CO₂e por municipio Gg/año

En la Figura 36 se presenta la distribución de las emisiones a nivel municipal de CO₂e en el sector Desechos, donde destacan los municipios de Querétaro y San Juan del Río, por la magnitud de la población presente en ellos, que generan dichos desechos.

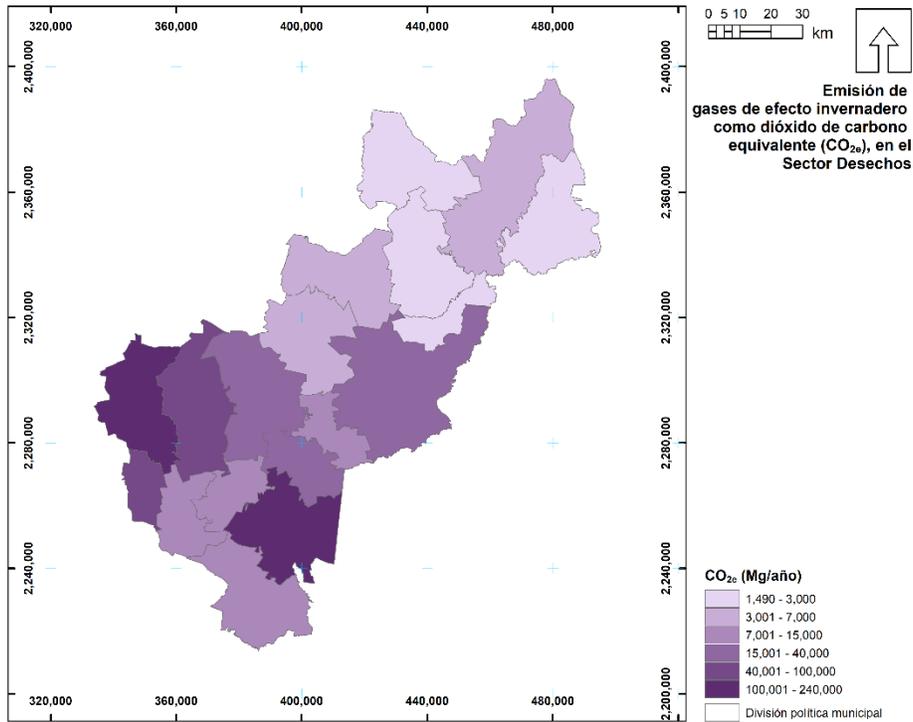


Figura 36 Distribución de las emisiones de CO₂e a nivel municipal del sector Desechos

En términos de CO₂e se observa que la disposición final de RSU es el que aporta mayores emisiones en esta categoría con el 58%, seguido de las aguas residuales municipales no tratadas (27%) y el tratamiento de aguas residuales industriales con el 10% de la emisión en la entidad (Figura 37).

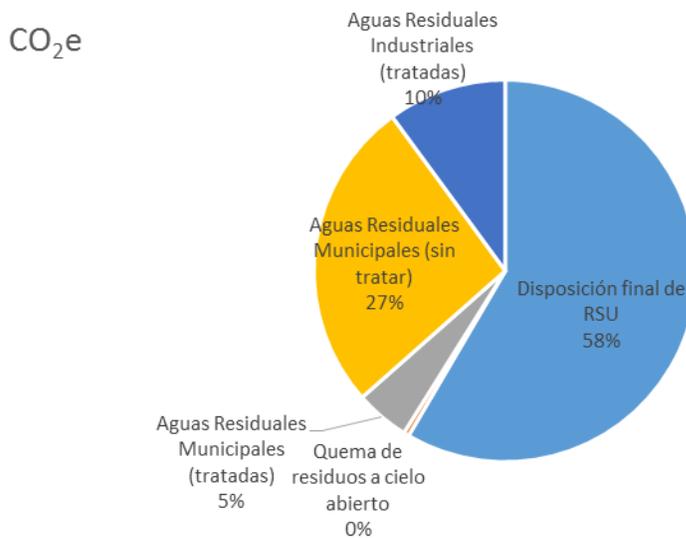


Figura 37 Aporte porcentual de las diferentes subcategorías a la emisión total de CO₂e

BALANCE DE ENERGÍA CON LEAP Y SU PROYECCIÓN A 2030

Los resultados del modelo LEAP para el balance de energía en 2015 se muestra en la tabla 41, con la comparación con el balance de combustible reportado por SENER.

Tabla 41. Balance de combustible SENER- LEAP Querétaro 2015 (PJ)

Combustible	LEAP						SENER					
	Comercios	Agrícola	Transporte	Industria	Habitacional	Total	Comercios	Agrícola	Transporte	Industria	Habitacional	Total
Biogás				0.0007		0.0007				0.07		0.07
Electricidad	0.87	0.66		10.44	2.40	14.36	0.90	0.68		12.77	2.54	16.89
GN	0.04			0.00		0.04	0.28					0.28
Gasolina			32.30	0.11		32.41			32.07	0.54		32.61
Queroseno			0.00	0.00	0.05	0.05					0.05	0.05
Diésel	0.00	1.82	16.84	0.46	0.00	19.12	0.03	1.98	20.58	4.09		26.68
LPG	1.30	0.01	0.00	0.16	2.88	4.35	1.56	0.17	1.83	1.29	2.88	7.74
Combustóleo Pesado				0.06		0.06				0.74		0.74
Leña				0.01	2.11	2.12				0.12	1.98	2.11
Coque de Petróleo				0.02		0.02				0.18		0.18
CNG			0.05	53.98	1.01	55.04			0.55	61.30	1.01	62.86
Total	2.21	2.50	49.19	65.23	8.45	127.58	2.77	2.83	55.03	81.11	8.46	150.20

En la tabla 41 se presentan diferencias significativas en transporte, dado que las ventas de SENER reportan 55.03 PJ, mientras lo obtenido por LEAP fueron 49.19 PJ, esto es el 11% menos; si se analiza por tipo de combustible para transporte se reportan 32.07 PJ según SENER y 32.3 lo que se obtiene con LEAP por consumo, mientras para diésel se reporta 20.58 PJ según SENER y 16.84 PJ obtenido por LEAP que representa una diferencia de 19% menos de lo vendido. Estas diferencias se pueden explicar considerando que existe vehículos que solo pasan y cargan combustible.

En cuanto a la diferencia que existe en industria es de 80%, esto debido a que el consumo reportado según las COA es menor a las ventas que SENER reporta en sus ventas.

En cuanto al resultado del balance energético con LEAP se tiene la Tabla 42, la cual reporta la energía demandada en el estado de Querétaro para la línea base (2015-2030).

Tabla 42. Demanda de energía en PJ, para línea base obtenido con LEAP (2015-2030) en el estado de Querétaro

Sector	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Habitacional	8.451	8.626	8.800	8.975	9.149	9.323	9.496	9.670	9.843	10.016	10.190	10.363	10.537	10.710	10.884	11.058
Industria	65.228	66.357	67.505	68.672	69.860	71.069	72.299	73.549	74.822	76.116	77.433	78.773	80.135	81.522	82.932	84.367
Transporte	49.190	50.046	50.917	51.802	52.704	53.621	54.554	55.503	56.469	57.451	58.451	59.468	60.503	61.556	62.627	63.716
Agrícola	2.496	2.531	2.566	2.602	2.638	2.675	2.713	2.751	2.789	2.828	2.868	2.908	2.949	2.990	3.032	3.074
Comercios	2.213	2.261	2.311	2.361	2.413	2.466	2.520	2.575	2.631	2.689	2.748	2.808	2.870	2.933	2.997	3.062
Total	127.577	129.820	132.098	134.413	136.765	139.154	141.581	144.048	146.555	149.102	151.690	154.320	156.993	159.710	162.471	165.278

En cuanto a la transformación se determinó la generación eléctrica la central eléctrica de ciclo combinado El Sauz.

La Tabla 43 muestra la información que se utiliza.

Tabla 43. Información sobre generación eléctrica para la central eléctrica El Sauz

Tipo de central	No. De Unidades	Capacidad instalada (exogena)	Generación	Factor de planta	Perdidas térmicas	Margen de reserva promedio anual
		MW	GWh	(%) *	(%)	(%)
Termoeléctrica de ciclo combinado	8	591	3,594	69.2	13	23

Fuente: SENER 2015

* Calculado con base en su operación continua durante los 365 días del año

La Tabla 44 muestra la curva de carga utilizada por horas.

Tabla 44. Curva de carga del sistema para El Sauz por horas para 2015

Horas	% de curva máxima
0	100
0-1000	99
1000- 2000	72.6
2000 - 3000	68.3
3000 - 4000	56.1
4000 - 5000	43.8
5000 - 6000	30.9
6000 - 7000	18.8
7000 - 8000	15.3
8000 - 8760	7.6

Los resultados de la emisión de GEI calculados con LEAP se muestran en la Tabla 45 para 2015 a 2030, el modelo utiliza los factores de emisión de nivel 1 de IPCC 2006.

Tabla 45. Emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O para el estado de Querétaro calculados con LEAP para el sector eléctrico (2015 – 2030) (miles de ton/año)

Año	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total
2015	6,911.11	51.208	12.402	6,974.72
2016	7,032.21	51.933	12.6	7,096.74
2017	7,155.30	52.659	12.799	7,220.76
2018	7,280.43	53.388	13.001	7,346.82
2019	7,407.63	54.119	13.204	7,474.95
2020	7,536.93	54.853	13.41	7,605.19
2021	7,668.37	55.591	13.619	7,737.58
2022	7,801.99	56.333	13.83	7,872.16
2023	7,937.83	57.08	14.043	8,008.95
2024	8,075.92	57.832	14.259	8,148.01
2025	8,216.30	58.589	14.478	8,289.37
2026	8,359.02	59.353	14.699	8,433.08
2027	8,504.12	60.124	14.924	8,579.17
2028	8,651.63	60.902	15.152	8,727.69
2029	8,801.60	61.687	15.382	8,878.67
2030	8,954.08	62.481	15.617	9,032.18

Las emisiones de CO₂ equivalente por subsector del sector eléctrico, calculados con los factores por defecto para el Estado 2015 a 2030 se presenta en la Tabla 46.

Tabla 46. Emisiones de CO₂ equivalente por subsector del sector energía para Querétaro (2015 – 2030)
(miles de ton/año)

Año	Habitacional	Industria	Transporte	Agrícola	Total
2015	292.754	3,064.09	3,483.64	134.233	6,974.72
2016	299.274	3,117.09	3,544.26	136.113	7,096.74
2017	305.796	3,171.02	3,605.93	138.018	7,220.76
2018	312.321	3,225.88	3,668.67	139.95	7,346.82
2019	318.851	3,281.69	3,732.51	141.91	7,474.95
2020	325.387	3,338.46	3,797.45	143.896	7,605.19
2021	331.929	3,396.22	3,863.53	145.911	7,737.58
2022	338.478	3,454.97	3,930.75	147.954	7,872.16
2023	345.037	3,514.74	3,999.15	150.025	8,008.95
2024	351.605	3,575.55	4,068.73	152.125	8,148.01
2025	358.184	3,637.40	4,139.53	154.255	8,289.37
2026	364.776	3,700.33	4,211.56	156.415	8,433.08
2027	371.38	3,764.35	4,284.84	158.605	8,579.17
2028	377.998	3,829.47	4,359.39	160.825	8,727.69
2029	384.632	3,895.72	4,435.25	163.077	8,878.67
2030	391.281	3,963.11	4,512.42	165.36	9,032.18

ESTIMACION DE LA INCERTIDUMBRE

En el presente inventario, las incertidumbres están asociadas tanto a los factores de emisión elegidos para cada fuente como a los datos de actividad empleados en las estimaciones.

Tal como lo sugieren las Guías de Buenas Prácticas (GBP) de IPCC, no se consideran las incertidumbres asociadas a los valores de Potencial de Calentamiento Global.

Para este inventario se utiliza la metodología del nivel 1 “Estimación de las incertidumbres por categoría de fuentes con supuestos simplificados”, recomendado en el capítulo 6 de la GBP del IPCC.

Los valores de incertidumbre presentados en la Tabla 47 contemplan las subcategorías y sectores para los cuales fue posible estimar de manera individual un valor de la incertidumbre para el año 2015, ya sea para el dato de actividad y/o para el factor de emisión. El total de las emisiones consideradas para el cálculo de los valores de incertidumbre representan 100% de las emisiones totales del inventario.

De acuerdo con esta aproximación, se estima que el inventario tiene una incertidumbre combinada global de 7.87% por la incertidumbre introducida en la contribución de las emisiones.

Tabla 47. Estimación por sector de la incertidumbre y la incertidumbre combinada.

Categoría	Subcategoría	Fuente	CO ₂ e	Metodología	Nivel	Factor de Emisión	Dato de actividad	Incertidumbre del dato de actividad	Incertidumbre del factor de emisión	Incertidumbre combinada	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones nacionales en el año t
Energía	1A1 Industrias de la energía	1A1ai Generación de electricidad	1,711,410.13	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	6	8	10.00	0.88
		1A1aiii Plantas generadoras de energía	33,530.96	IPCC 2006	2	IPCC 2006	SAGARPA, SEDESU	1	5	5.10	0.01
	1A2 Industrias manufactureras y de la construcción	Automotriz	70,641.44	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	6.2	10	11.77	0.04
		Celulosa y papel	286,302.71	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	7	10	12.21	0.18
		Industria de alimentos y bebidas	440,173.71	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	5.4	10	11.36	0.26
		Industria del plástico y hule	121,582.94	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	6	10	11.66	0.07
		Industria Metalmeccánica	166,502.96	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	7	10	12.21	0.10
		Industria textil	163,675.61	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	7	10	12.21	0.10
		Química	246,861.05	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	7	10	12.21	0.15
		Vidrio	424,696.63	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	7	10	12.21	0.27
		Producción de ladrillo	99,887.07	Base a FE nacionales	3	Medidos en hornos ladrilleros en México	Encuesta	4.8	10	11.09	0.06
		Otras industrias	426,165.15	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	COA	8	10	12.81	0.28
	1A3 Transporte	1A3a Aviación civil	44,386.88	IPCC 2006	1	default	SCT	3.5	2	4.03	0.01
		1A3b Transporte terrestre	8,969,810.27	MOVES	3	MOVES	Encuestas	1.3	1.2	1.77	0.82
		1A3c Ferrocarriles	38,872.79	IPCC 2006	1	default	SCT	3.5	2	4.03	0.01
	1A4 Otros sectores	1A4a Comercial / Institucional	120,523.90	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006		3.5	2	4.03	0.03
		1Ab Residencial	473,515.23	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	SENER, CRE	2	1.5	2.50	0.06
1A4c Agricultura/Silvicultura		156,281.13	IPCC 2006	2	CO2 Nacional, otros IPCC-2006	SENER, CRE	2	1.5	2.50	0.02	
Procesos industriales y uso de productos (IPPU)	2A Industria de los minerales	2A2 Producción de cal	76,878.00	IPCC 2006	1	default	COA	10	12	15.62	0.06
		2A3 Producción de vidrio	132,442.59	IPCC 2006	2	default	COA	5	10	11.18	0.08
		2A4 Otros usos de carbonatos en los procesos	25,839.15	IPCC 1996	1	default	COA	5	12	13.00	0.02
	2C Industria de los metales	2C1 Producción de hierro y acero	766.56	IPCC 2006	1	default	COA	10	12	15.62	0.00
	2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	2F1 Refrigeración y aire acondicionado	62,901.87	IPCC 2006	1	default	COA	5	10	11.18	0.04

	2G Manufactura y utilización de otros productos	2G2 SF6 y PFC de otros usos de productos	6,659.94	IPCC 2006	1	Reportado por el industrial	COA	5	12	13.00	0.00	
Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)	3A Ganadería	3A1 Fermentación entérica	661,444.29	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	10	10	14.14	0.48	
		3A2 Gestión del estiércol	114,500.96	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	10	10	14.14	0.08	
	3B Tierra	Tierras convertidas a tierras forestales	----	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR				-	-
		Tierras convertidas a Pastizales	739,690.00	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR	3	20	20.22	0.77	
		Tierras convertidas a Asentamientos	25,470.00	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR	3	20	20.22	0.03	
		Tierras convertidas a tierras Agrícolas	1,268,240.00	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR	3	20	20.22	1.32	
		Tierras convertidas a otras tierras	131.16	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR	3	20	20.22	0.00	
	Permanencias	Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	565,700.00	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR	3	20	20.22	0.59	
		Pastizales que permanecen como pastizales	80,760.00	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR	3	20	20.22	0.08	
		Tierras Agrícolas que permanecen como tierras Agrícolas	----	IPCC 2006	3	Específico para México	INEGI-CONAFOR				-	-
	3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 de la tierra	3C1 Emisiones de GHG por quema de biomasa	310,145.91	IPCC 2006	2	Nacional	CONAFOR	8	10	12.81	0.20	
		3C2 Encalado	107,028.94	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	8	10	12.81	0.07	
		3C3 Aplicación de urea	4,866.77	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	8	10	12.81	0.00	
		3C4 Emisiones directas de N2O de los suelos gestionados	11,136.35	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	8	10	12.81	0.01	
		3C5 Emisiones indirectas de N2O de los suelos gestionados	1,271,322.57	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	8	10	12.81	0.01	
		3C6 Emisiones indirectas de N2O resultantes de la gestión del estiércol	13,902.85	IPCC 2006	1	default	SAGARPA	8	10	12.81	0.24	
	Desechos	4A Eliminación de desechos sólidos	Disposición final de RSU	359,198.72	Modelo Mexicano de Biogás	3	FE del modelo	Características específicas de los SDF (SEDESU)	10	10	14.14	0.26
		4C Incineración e incineración abierta de desechos	Quema de residuos a cielo abierto	2,854.88	IPCC 2006	1	default	INEGI	10	10	14.14	0.00
4D Tratamiento y eliminación de aguas residuales		Aguas Residuales Municipales (tratadas)	28,088.17	IPCC 2006	2	Nacional	CONAGUA	10	10	14.14	0.02	
		Aguas Residuales Municipales (sin tratar)	162,678.34	IPCC 2006	2	Nacional	CONAGUA	10	10	14.14	0.12	
	Aguas Residuales Industriales (tratadas)	61,860.84	IPCC 2006	1	default	Industrial	10	10	14.14	0.04		
Total			19,442,869.41							Incertidumbre general del año	7.87	

6. Conclusiones y recomendaciones

SECTOR ENERGÍA

Se realizó la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) del sector energía en base al consumo de combustibles quemados de forma directa en las subcategorías generadores de energía, industria, transporte, residencial, comercial y agropecuario.

Siendo el sector transporte (móviles carreteras) las que tienen la mayor contribución de emisiones GEI en la entidad (46.13%).

La información de consumo de combustible se obtuvo de fuentes específicas como se indican a continuación:

- Sectores generadores de energía e industria manufacturera, en base a lo reportado en las cédulas de operación anual (COA) reportadas por los industriales. Lo cual al compararla con el consumo de combustible reportado en documentos oficiales como las prospectivas de SENER, las ventas del Estado de SIE y lo reportada por la CRE vía oficio; hay una diferencia dado que no se cuenta con todas las industrias que reporten su COA.
- En el caso de autotransporte se obtuvo el consumo de combustible del dato de actividad generado por encuestas y recorridos viales en la entidad, lo que da una mayor certidumbre en los resultados obtenidos; sin embargo también hay áreas de oportunidad respecto a lo reportado por ventas de SENER en la entidad, ya que no todo el combustible vendido en el Estado se consume en él, por tratarse de una entidad de conectividad hacia el centro del país.
- Respecto al consumo de combustible por el sector residencial, comercial y agropecuario son resultado de estimaciones derivadas de lo reportado por la Secretaría de Energía (SENER) en las Prospectiva del mercado de gas natural, gas LP, petrolíferos y datos de INEGI (población, viviendas, empleados, entre otra); para el caso del consumo de los diferentes combustibles por subcategoría por lo que los datos pueden variar con el consumo real de estos combustibles en la Estado.

Se ocuparon factores de emisión generados a nivel nacional, para las emisiones de CO₂ por tipo de combustible lo cual tiene una mayor certidumbre en los resultados obtenidos.

Se obtienen las siguientes recomendaciones con el fin de tener una estimación futura con mayor exactitud y confiabilidad:

- Realizar el balance de energía del Estado actualizándolo anualmente, con el fin de obtener una mayor precisión de la cuantificación de emisiones. Contemplando los diferentes combustibles utilizados en la Entidad, ya que se reporta por ejemplo en las COA el uso de combustibles no convencionales.

- Reunir los esfuerzos de las instancias nacionales y estatales que regulan estas actividades, para obtener información congruente y precisa del consumo de combustibles en el Estado.
- Contar con un inventario de la industria estatal y federal con el tipo de combustibles empleados así como sus principales productos.

SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

Se realizó la estimación de emisiones de bióxido de carbono (CO₂), hidrofluorocarbonos (HCFC-22) y Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM); del sector procesos industriales y uso de productos de las subcategorías producción de vidrio, producción de cal, producción de acero, producción de alimentos, uso de refrigeradores y aires acondicionados y uso de sustancias de estado de Querétaro.

El resultado de las emisiones de CO₂e procedentes de esta categoría es poco significativa dado a que solo algunos de los giros que se evalúan de acuerdo a las Directrices del IPCC 2006 se encuentran en el Estado de Querétaro, por lo que únicamente se evaluaron para aquellos que se tenía información disponible; contribuye con el 1.57% de las emisiones estatales.

El giro industrial que resultó con mayor contribución a la generación de CO₂e en esta categoría fue la producción de vidrio.

Se recomienda que para futuros inventarios se desarrollen factores de emisión propios de los procesos industriales o se consideren mediciones confiables de dichos procesos en el Estado.

De igual forma, es de suma importancia generar información local para poder estimar las emisiones generadas por los distintos usos de productos que emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera.

SECTOR DE AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

Las emisiones de CO₂e a nivel estatal contribuyen con el 23.29%, principalmente por la emisión del subsector cambio de uso de suelo.

Se realizó la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O) del sector a partir de datos relacionados a la actividad del sector agrícola y ganadero de la entidad. Si bien en la mayoría de las subcategorías evaluadas se utilizaron datos locales, y se utilizaron algunos factores de emisión nacionales para ganadería y cambio de uso de suelo, en otras subcategorías se utilizaron factores de emisión por defecto, por lo que representan un mayor grado de incertidumbre, considerando la importancia de las emisiones por este sector es necesario que se desarrollen factores nacionales y/o locales que permitan realizar estimaciones más precisas.

Otro punto de mejora es en las subcategorías de aplicación de fertilizantes sintéticos, si bien se utilizaron datos locales para los cultivos disponibles es necesario incrementar la información para

mayor número de especies en la entidad, sobre todo las de mayor importancia en cuanto a superficie de siembre.

En el caso del cambio de uso de suelo las emisiones se realizó a nivel municipal y se utilizaron factores de emisión nacionales, hay áreas de oportunidad en cuanto a los factores de cálculo más detallados para mayor cantidad de tipos de vegetación, además de tener datos de uso de suelo y vegetación detallados en la entidad con mayor frecuencia para futuras estimaciones.

SECTOR DESECHOS

Este sector se estimó en base a datos específicos en la entidad por sitio de disposición final de RSU, así como planta de tratamiento de agua residual municipal e industrial, en los casos donde se dispuso de información, lo cual da como resultado un mayor nivel de confiabilidad en las emisiones obtenidas.

Este sector contribuyo con el 3.16% de las emisiones a nivel estatal, de las cuales el más importante es la disposición final de RSU, que contribuye con el 58% de estas emisiones.

En cuanto a áreas de oportunidad en la estimación se tiene el requerimiento de información específica:

- Generar una base de datos específica y actualizada de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos referente a cantidad de residuos que se disponen anualmente, caracterización de dichos residuos, captura y disposición de biogás, entre otra.
- En el caso de la quema de residuos a cielo abierto de residuos sólidos urbanos, actualizar el dato de actividad de % de residuos quemados por municipio.
- Tratamiento de aguas residuales municipales contar con mayor información de las plantas de tratamiento de agua residual industrial.
- Generar factores de emisión específicos para México, o tener mediciones confiables de la generación de GEI por estas subcategorías, y por tipo de tratamiento.

7. Referencias

CFE, 2015. Comisión Federal de Electricidad: Informe Anual 2015.

CFE, 2015. Programa de Ampliación y Modernización de las Redes Generales de Distribución 2015 – 2019. Abril 2015. 91 p.

CFR, 2002. User Guide for MOVES2010b. Motor Vehicle Emission Simulator (MOVES), CFR (Code of Federal Regulations). 2002. Title 40. Part. 86.

CONAGUA, 2016. Estadísticas del Agua en México, edición 2016. Comisión Nacional del Agua. Octubre de 2016.

CONAGUA, 2016. Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, edición 2016. CONAGUA, Noviembre de 2016.

El Colegio de México, 2010. Los grandes problemas de México; Desarrollo urbano y regional. México 2010.

Fundación Bariloche, 2004. Manual de usuario. Sistema de Planificación de Alternativas Energéticas de largo plazo (LEAP) 2004.

INECC-IMP, 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México.

INECC-PNUD, 2012. Escenarios de mitigación de gases efecto invernadero, carbono negro y otros forzadores climáticos de vida corta, mediante el uso de biocombustibles sólidos. México, 2012.

INECC-SEMARNAT, 2015. Primer Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. INECC/SEMARNAT, México.

INEGI, 2015. Anuario estadístico y geográfico de Querétaro, 2015 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -- México: INEGI, c2015. 446 p.

INEGI, 2015. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Quinta versión 2015.

INEGI, 2015. Resultados de la Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Cifras durante el tercer trimestre 2015 [13 de noviembre, 2015]. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

INEGI, 2016. Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015. Querétaro.

INEGI, 2017. Producto interno bruto; consultado en mayo de 2017.
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibe/default.aspx>

INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2010. www.inegi.org.mx

INEGI. Censos Económicos 2014. www.inegi.org.mx

Oficina Catalana de Cambio Climático, 2011. Guía Práctica para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

SAGARPA-SIAP, 2015. PROGRAMA SOLUCIONES PARA MEJORAR LA FERTILIDAD DEL SUELO Y COMPETITIVIDAD. Información enviada vía correo electrónico, solicitada para el desarrollo del inventario.

SAGARPA-SIAP, 2017. Estadística de la Producción Agrícola de 2015. Consultado en marzo de 2017. http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/Siacon_datos_Abiertos.php

SEDESU, 2011. PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN Y GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DEL ESTADO DE QUERÉTARO.

SEDESU, 2017. Información recopilada para el INEGEI de los sitios de disposición final de residuos sólidos municipales del Estado de Querétaro solicitada por INECC.

SENER 2016. Prospectiva del Sector Eléctrico 2016 – 2030.

SENER, 2016. Balance Nacional de Energía 2015.

SENER, 2016. Prospectivas de Gas L.P. 2016-2030.

SENER, 2016. Prospectivas de Gas Natural 2016-2030.

SENER, 2016. Prospectivas de petróleo crudo y petrolíferos 2016-2030.

SENER-CONUEE, 2016. Análisis de la evaluación del consumo eléctrico del sector residencial entre 1982 y 2014 e impactos de ahorro de energía por políticas públicas. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía. Enero de 2016. Cuadernos de la CONUEE No. 1. 15 p.

SIE, 2017. Sistema de Información Energética, SENER. <http://sie.energia.gob.mx/>, consultada en abril de 2017.

UAQ-SEDESU-SEMARNAT, 2012. Inventario de Emisiones de GEI, 2010.