



Contrato DGS/DGPPA/CO1/IEG/19/2020

**Inventario de Gases de Efecto
Invernadero del Municipio de Irapuato, año base 2019**

**Presentado a:
Dirección de Gestión y Política Ambiental
Subsecretaría de Sustentabilidad**

**Elaborado por:
Servicios Ambientales Integrales de
Consultoría y Cambio Climático, S.C.**

Directorio

José Ricardo Ortiz Gutiérrez
Presidente Municipal

Esther Córdoba Aguirre
Directora General de Sustentabilidad

Gonzalo Guerrero Guerrero
Director de Gestión, Planeación y Política Ambiental

Elaborado por

Servicios Ambientales Integrales de Consultoría y Cambio Climático S.C. (SACYCC)

Coordinación General
Claudia Bárcenas Blancarte

Colaboración:
Ana Valeria Ramírez Honesto
Karina Cruz Bernal
Luis Durán Olvera
Pablo Iván Zamilpa Torres

D.R, Dirección General de Sustentabilidad del Municipio de Irapuato
Parque Ecológico de Irapuato. Héroe de Nacozari 2278, Residencia Bosques
Irapuato, Gto. C.P. 36670

Diciembre 2020

Agradecimiento

A las dependencias municipales, estatales y federal que proporcionaron información para el desarrollo del inventario.

- Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF)
- Centro de Apoyo al Desarrollo Rural de Irapuato (CADER)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Coordinación Municipal de Protección Civil de Irapuato
- Dirección de Desarrollo Urbano de Irapuato
- Dirección de Rastro Municipal de Irapuato
- Dirección de Transporte de Irapuato
- Dirección General de Servicios Públicos de Irapuato
- Junta de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Irapuato (JAPAMI)
- Procuraduría Ambiental y de Ordenamiento Territorial (PAOT)
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)
- Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural (SDAyR)
- Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)
- Sistema de Administración Tributaria del Estado de Guanajuato (SATEG)
- Sistema de Información Agrícola y Pesquero (SIAP)

Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen Ejecutivo..... | 7 |
| I. Introducción..... | 9 |
| I.1 Descripción y características del Municipio de Irapuato..... | 10 |
| I.1.1 Entorno geofísico..... | 11 |
| I.1.2 Contexto socioeconómico..... | 13 |
| II. Objetivos..... | 16 |
| III. Fuentes de información..... | 17 |
| IV. Alcances..... | 18 |
| IV.1 Gases y compuestos de efecto invernadero estimados..... | 18 |
| IV.2 Categorías estimadas..... | 18 |
| V. Metodología..... | 18 |
| V.1 Aseguramiento y control de calidad..... | 19 |
| V.2 Método de cálculo..... | 20 |
| V.2.1 Energía..... | 20 |
| V.2.2 Procesos industriales y uso de productos (IPPU)..... | 21 |
| V.2.3 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)..... | 21 |
| V.2.4 Desechos..... | 24 |
| V.3 Consideraciones y criterios..... | 27 |
| VI. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero..... | 29 |
| VI.1 Emisiones totales..... | 29 |
| VI.2 Emisiones por categoría..... | 30 |
| VI.2.1 Energía..... | 30 |
| VI.2.2 Procesos industriales y uso de productos (IPPU)..... | 38 |
| VI.2.3 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)..... | 41 |
| VI.2.4 Desechos..... | 49 |
| VI.3 Emisiones per cápita..... | 53 |
| VI.4 Comparativa de la clasificación de emisiones del IPCC y del GPC..... | 53 |
| VI.4.1 Niveles (Tiers) metodología IPCC..... | 54 |
| VI.4.2 Alcances metodología GPC..... | 55 |
| VI.4.3 Sistema de Información y Reporte de Inventario de la Ciudad (CIRIS)..... | 55 |
| VI.4.4 Comparación de las estimaciones IPCC y GPC..... | 56 |

| | |
|-----------------------------|----|
| VII. Conclusiones | 58 |
| VIII. Recomendaciones | 59 |
| Acrónimos | 60 |
| Referencias | 61 |

Anexos

- I. Archivo electrónico con información recopilada
- II. Archivos electrónicos de bases de datos de estimaciones

Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Fuentes de información por categoría..... | 17 |
| Figura 2. Subcategorías del sector Energía. | 30 |
| Figura 3. Subcategorías del sector IPPU identificadas. | 38 |
| Figura 4. Subcategorías del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra..... | 42 |
| Figura 5. Subcategorías incluidas en la categoría de Desechos | 50 |
| Figura 7. Gráfica de resultados..... | 57 |

Gráficas

| | |
|--|----|
| Gráfica 1. Contribución porcentual de CO ₂ e por categoría, Irapuato 2019. | 8 |
| Gráfica 2. Población total del municipio de Irapuato, para los años 2015-2019..... | 13 |
| Gráfica 3. Nivel educativo de la población mayor de 15 años. | 14 |
| Gráfica 4. Contribución porcentual de CO ₂ e por categoría, Irapuato 2019. | 29 |
| Gráfica 5. Distribución porcentual por tipo de vehículo en el municipio de Irapuato 2019..... | 33 |
| Gráfica 6. Distribución porcentual del parque vehicular registrado al año 2019 por año modelo. | 34 |
| Gráfica 7. Distribución del parque vehicular registrado al 2019 por tipo de combustible. | 34 |
| Gráfica 8. Emisiones de GEI de la categoría de energía por subcategoría, Irapuato, 2019.. | 37 |
| Gráfica 9. Porcentajes de contribución de GEI por sector en categoría de energía, Irapuato, 2019..... | 37 |
| Gráfica 10. Emisiones de GEI de la categoría de IPPU por subcategoría, Irapuato, 2019.... | 40 |

| | |
|---|----|
| Gráfica 11. Porcentajes de contribución de GEI por sector en categoría de IPPU, Irapuato, 2019..... | 41 |
| Gráfica 12. Emisiones y absorciones de uso de suelo, Irapuato 2019. | 49 |
| Gráfica 13. Contribución por subcategoría de CO ₂ e de la categoría de desechos, Irapuato 2019. | 53 |
| Gráfica 14. Identificación de categorías principales. | 58 |

Mapas

| | |
|--|----|
| Mapa 1. Ubicación del municipio de Irapuato..... | 10 |
| Mapa 2. Sistema de topofomas del Municipio de Irapuato. | 12 |
| Mapa 3. Red carretera del municipio de Irapuato. | 16 |

Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Emisiones de CO ₂ e por categoría, Irapuato 2019..... | 7 |
| Tabla 2. Distribución porcentual de las emisiones criterio. | 11 |
| Tabla 3. Sistema de manejo de excretas..... | 22 |
| Tabla 4. Factores de emisión para México. | 23 |
| Tabla 5. Factores de emisión para cultivos. | 23 |
| Tabla 6. FE CH ₄ estimado para los sistemas de tratamiento..... | 26 |
| Tabla 7. Valores por defecto usado en la estimación de N ₂ O por aguas residuales..... | 26 |
| Tabla 8. Potencial de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero..... | 27 |
| Tabla 9. Nivel de cálculo del inventario de GEI, Irapuato 2019 por categoría y subcategoría. | 28 |
| Tabla 10. Emisiones de CO ₂ e por categoría, Irapuato 2019..... | 29 |
| Tabla 11. Poder calorífico de los combustibles utilizados. | 31 |
| Tabla 12. Balance de consumo energético (TJ) por sector, 2019. | 31 |
| Tabla 13. Porcentaje de consumo de combustible, Irapuato 2019..... | 32 |
| Tabla 14. Consumo energético por sector, Irapuato 2019..... | 32 |
| Tabla 15. Consumo energético del subsector comercial, Irapuato 2019..... | 35 |
| Tabla 16. Consumo energético del subsector residencial, Irapuato 2019. | 35 |
| Tabla 17. Consumo energético del subsector agropecuario, Irapuato 2019. | 36 |
| Tabla 18. Emisiones de GEI para la categoría de energía por subcategoría, Irapuato, 2019. | 36 |

| | |
|---|----|
| Tabla 19. Incertidumbre asociada a la categoría de energía..... | 37 |
| Tabla 20. Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del sector industrial de jurisdicción estatal en el municipio de Irapuato, 2019. | 39 |
| Tabla 21. Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de procesos industriales del sector industrial de jurisdicción federal en el municipio de Irapuato, 2019..... | 39 |
| Tabla 22. Resultados por refrigeración y aire acondicionado de la categoría IPPU. | 40 |
| Tabla 23. Emisiones de GEI para la categoría de IPPU por subcategoría..... | 40 |
| Tabla 24. Incertidumbre asociada a la categoría de IPPU..... | 41 |
| Tabla 25. Producción en cabezas, Irapuato 2019. | 43 |
| Tabla 26. Cultivos y cantidad de Urea aplicada en el municipio de Irapuato, 2019. | 44 |
| Tabla 27. Matriz de cambio de uso de suelo Irapuato 2012-2014..... | 45 |
| Tabla 28. Emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica y el manejo de estiércol..... | 46 |
| Tabla 29. Emisiones de óxido nitroso procedentes del manejo del estiércol. | 47 |
| Tabla 30. Emisiones procedentes de la quema de biomasa, Irapuato 2019..... | 47 |
| Tabla 31. Emisiones procedentes de los suelos agrícolas..... | 47 |
| Tabla 32. Emisiones procedentes del cambio de uso de suelo. | 48 |
| Tabla 33. Incertidumbre asociada a la categoría de AFOLU, Irapuato 2019..... | 49 |
| Tabla 34. Viviendas que queman residuos sólidos en Irapuato, 2019. | 51 |
| Tabla 35. Volumen de agua potable suministrada..... | 52 |
| Tabla 36. Emisiones por subcategoría del sector desechos..... | 52 |
| Tabla 37. Incertidumbre de la categoría de desechos. | 53 |
| Tabla 38. Resultados herramienta CIRIS..... | 57 |

Resumen Ejecutivo

El inventario de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GyCEI) es una herramienta fundamental que cuantifica y reporta las emisiones (y absorciones) de GEI en una región determinada, siendo de gran utilidad para el desarrollo y evaluación de políticas públicas orientadas a la reducción de las emisiones de GyCEI.

El municipio de Irapuato ha tenido un desarrollo importante en los últimos años, lo que invariablemente genera una mayor actividad económica y por ende un incremento en la contribución de emisiones, lo que hace relevante contar con información actualizada sobre los sectores que tienen una mayor contribución, lo que permitirá orientar el desarrollo económico con un enfoque sostenible.

El inventario de emisiones de GEI se desarrolla conforme a las directrices de IPCC 2006, para los sectores de energía, procesos industriales y uso de productos (IPPU), agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU) además de desechos. En donde cada sector esta desagregado por subsector.

Dependiendo de cada sector y subsector las estimaciones obtenidas fueron para gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄, N₂O, CO₂DM, HFC, PFC, SF₆, CN), y conforme a su poder de calentamiento los resultados se presentan como CO₂ equivalente.

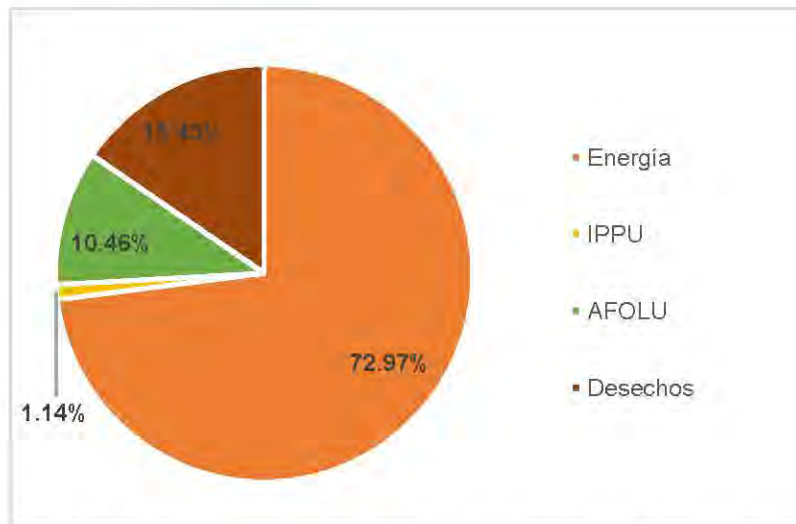
El documento se presenta de forma general en tres grandes rubros, en la parte de introducción se establecen las bases bajo las cuales se sustenta la relevancia a nivel internacional de la cuantificación de las emisiones de GyCEI, así como el contexto general del municipio en cuanto a aspectos físicos, sociales y económicos. La segunda parte hace referencia a las metodologías empleadas para cada categoría evaluada, y la tercera parte se presentan los resultados de las estimaciones obtenidas por categoría y subcategoría.

De los resultados obtenidos se desprende que las emisiones anuales totales de gases y compuestos de efecto invernadero para el municipio de Irapuato en 2019 fueron de 2,319.20 Gg. (Tabla 1).

Tabla 1. Emisiones de CO₂e por categoría, Irapuato 2019.

| Categoría | Emisiones Gg/a CO ₂ e |
|--------------|----------------------------------|
| Energía | 1,692.42 |
| IPPU | 26.47 |
| AFOLU | 242.56 |
| Desechos | 357.74 |
| Total | 2,319.20 |

La categoría que tiene una mayor contribución de CO₂e es la de energía seguida de desechos y AFOLU.



Gráfica 1. Contribución porcentual de CO₂e por categoría, Irapuato 2019.

En el apartado VI, se presentan los resultados desagregados por subcategoría, la incertidumbre asociada a cada categoría y el nivel de estimación que se tuvo en cada categoría.

I. Introducción

Los gases de efecto invernadero se emiten de forma natural y antropogénica; absorben la radiación solar atrapando el calor de la atmósfera. Forman parte de los ciclos naturales de nuestro planeta, como el ciclo del carbono y del agua, son necesarios para mantener estable la temperatura del planeta.

En las últimas décadas la intensa actividad humana ha ocasionado que los GyCEI se incrementen de forma considerable, aumentando la temperatura del planeta, ocasionando cambios climáticos significativos, los cuales vuelven vulnerable a la población mundial.

Una emisión de Gases y compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI) es la liberación de gases y compuestos de GEI y/o sus precursores, en una zona y un periodo específico¹, la cual puede darse de manera natural o por actividades humanas (antropogénicas). Los GyCEI definidos y controlados por el protocolo de Kioto² son: bióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxidos nitrosos (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC's), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆).

En mayo de 1992 en Nueva York, fue adoptada la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la cual tiene como objetivo: "lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático, en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible".

México tiene como parte de los compromisos ante la CMNUCC, elaborar y actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes (artículo 12) los inventarios nacionales de las emisiones antropogénicas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero, utilizando metodologías comparables que habrán de ser acordadas por la Conferencia de las Partes (CP), (Artículo 4, texto de la Convención).

Una labor fundamental de la CP es examinar las comunicaciones Nacionales y los inventarios de emisiones presentados por las Partes. Tomando como base esta información, evalúa los efectos de las medidas adoptadas por las Partes y los progresos realizados en el logro del objetivo último de la Convención.

¹ Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

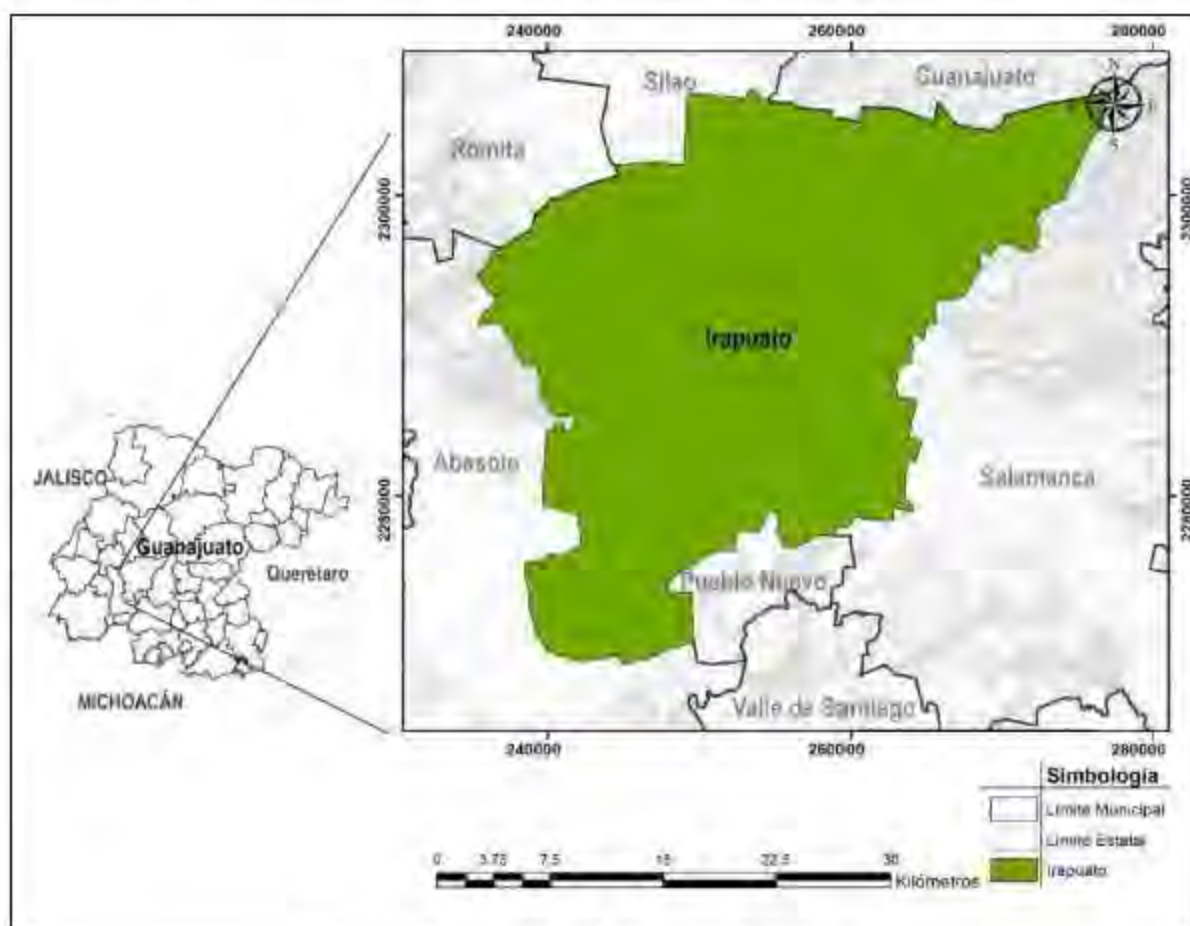
² El Protocolo de Kioto precisa las acciones, políticas y medidas para la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero, fue adoptado inicialmente el 11 de diciembre de 1997 en Kioto, Japón, y entró en vigor el 16 de febrero de 2005 para las naciones que lo ratificaron, entre ellas México, que lo hizo en el año 2000.

Por ello el inventario de emisiones de GEI es una herramienta fundamental que cuantifica y reporta las emisiones (y absorciones) de GEI de una ciudad, municipio, estado o país; con el objetivo de desarrollar políticas públicas orientadas a la reducción de las emisiones de GEI y de carbono negro (CN), (INECC, 2019).

El municipio de Irapuato es uno de los municipios con mayor desarrollo dentro del Estado de Guanajuato que, por su privilegiada ubicación a nivel nacional y estatal, ha tenido un crecimiento importante en los últimos años; por lo que es relevante identificar a través de instrumentos como el inventario de GyCEI las áreas de oportunidad de mitigación, así como las necesidades actuales que conlleven a un desarrollo económico sustentable.

1.1 Descripción y características del Municipio de Irapuato.

El municipio de Irapuato cuenta con una posición geográfica estratégica al estar ubicado en una planicie al centro del país. Se encuentra ubicado en el llamado Bajío Guanajuatense, limita al norte con los municipios de Silao y Guanajuato, al sur con los municipios de Pueblo Nuevo y Abasolo, al oeste con Abasolo y Romita y al este con Salamanca. Tiene una extensión de 851.41 km², lo cual representa el 2.8% del territorio del estado de Guanajuato.



Mapa 1. Ubicación del municipio de Irapuato.
Elaboración propia.

I.1.1 Entorno geofísico

- **Agua**

El municipio de Irapuato tiene una temperatura promedio de 20.2 °C y una precipitación media anual de 800mm, cuenta con un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano³.

Se encuentra en la Región hidrológica del Río Lerma – Santiago, cuenca Río Lerma-Santiago, subcuenca Río Guanajuato, Temascalatío y Río Turbio-Corrалеjo. El municipio de Irapuato es atravesado de norte a sur por el Río Guanajuato. Entre otras presas de influencia del municipio se pueden mencionar la presa “La Purísima” y tres presas para el control de ríos: La Gavia, Chichimequillas y el Conejo II³.

A pesar de contar con precipitaciones consideradas bajas, el municipio tiene una gran actividad agrícola y ganadera gracias a que cuenta con infraestructura de canales de riego.

La cobertura promedio de agua potable dentro de las viviendas habitadas es del 95.70%, por lo que solo el 3.93% de las viviendas tienen que obtener agua de distintas fuentes⁴.

- **Aire**

El municipio de Irapuato contribuyo con el 6.57% de las emisiones del Estado en 2017⁵. En la tabla 2 se muestra la contribución porcentual por contaminante, observando que es el segundo contribuyente de PM₁₀, COV, aportando el 6.57% y 4.83% respectivamente, el tercero aportante de CO, NO_x, NH₃ contribuyendo con el 8.02%, 5.90% y 5% respectivamente y el cuarto de PM_{2.5}, SO₂ con el 3.39% y 1.13% respectivamente.

Tabla 2. Distribución porcentual de las emisiones criterio.

| CONTRIBUCIONES PORCENTUALES (%) | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------|------------------|-------------------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| CVE MUN | Municipio | PM ₁₀ | PM _{2.5} | SO ₂ | CO | NO _x | COV | NH ₃ |
| 017 | Irapuato | 6.57 | 3.39 | 1.13 | 8.02 | 5.90 | 4.83 | 5.00 |
| 020 | León | 6.20 | 5.09 | 1.83 | 21.26 | 11.90 | 10.86 | 6.90 |
| 027 | Salamanca | 7.74 | 6.98 | 87.83 | 5.19 | 7.10 | 4.42 | 3.25 |
| 030 | San Felipe | 5.06 | 4.94 | 0.70 | 2.86 | 4.87 | 3.98 | 5.62 |
| 007 | Celaya | 5.07 | 3.13 | 1.16 | 8.13 | 5.73 | 4.41 | 3.54 |

Fuente: Elaboración propia con datos del Inventario de Contaminantes Criterio y Precursores de Guanajuato, 2017.

- **Suelo**

En el municipio de Irapuato se localiza el Área Natural Protegida (ANP) denominada “Cerro de Arandas” misma que fue declarada el 25 de noviembre del 2005, mediante el Decreto Gubernativo Número 248, publicado en el Periódico Oficial del Gobierno del Estado, bajo la categoría de Uso Sustentable.

³ INEGI, 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Guanajuato.

⁴ INEGI, 2015. Encuesta Intercensal.

⁵ SMAOT, Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato 2017.

Esta zona junto con el cerro El Veinte, el cerro Blanco, la Cuenca Alta del Temascatio (perteneciente al municipio de Salamanca y que colinda con el municipio) y los cerros al sur, integran un corredor biológico que favorece la preservación de las especies y la biodiversidad en el municipio.

- **Geoformas**

En cuanto a la topografía el municipio cuenta con una altura sobre el nivel del mar de 1,730 m. Las principales elevaciones en el municipio son el Cerro de Arandas con una altitud de 2,030 msnm y el Cerro El Gúilote con 2,150 msnm.

El municipio de Irapuato se ubica en la porción noroeste del eje neovolcánico, la ciudad está asentada en su mayor parte en terrenos planos, cuyo pendiente promedio es de 1 al millar, presentando dos formas de relieve: Región plana, con altura de 1,716.6 msnm a 1,724.4 msnm comprende el 85% y Terrenos accidentados, que abarcan el 15% de la superficie periférica de la zona compuesta por lomas y cerros entre los cuales destacan el Cerro de Arandas, Bernalejo, Blanco y Loma Pelada.



Mapa 2. Sistema de topoformas del Municipio de Irapuato.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

- **Vegetación**

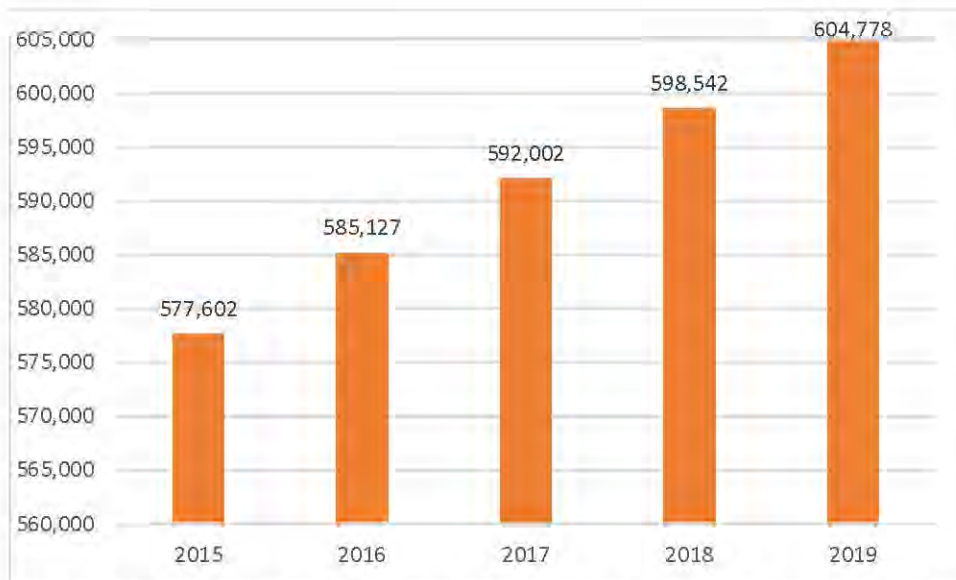
Las especies existentes en el municipio son el bosque tropical caducifolio, matorral subtropical, matorral y bosque de galería.

En 2019 se plantaron más de 12,500 árboles en los camellones de las principales vialidades del municipio, entre ellos el Blvd. Lázaro Cárdenas y el Blvd. Solidaridad⁶.

I.1.2 Contexto socioeconómico

- **Población**

En el 2019 el municipio contaba con una población de 604,778 habitantes, de acuerdo las proyecciones de la Comisión Nacional de Población (CONAPO). En la siguiente grafica se puede apreciar la población total del municipio del año 2015 al 2019.



Gráfica 2. Población total del municipio de Irapuato, para los años 2015-2019.
Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO e INEGI.

En 2019 la población menor a 45 años representa el 70%⁷, en general el crecimiento para todas las edades muestra una tendencia ascendente, a excepción del grupo de 0 a 14 años donde se ve una ligera disminución (apenas del 1%) para el año 2019.

⁶ Martínez, M., 2020. Punto y aparte radio. Superan meta de reforestar Irapuato, plantando más de 12 mil árboles

⁷ CONAPO, Proyecciones de población

- **Hogares**

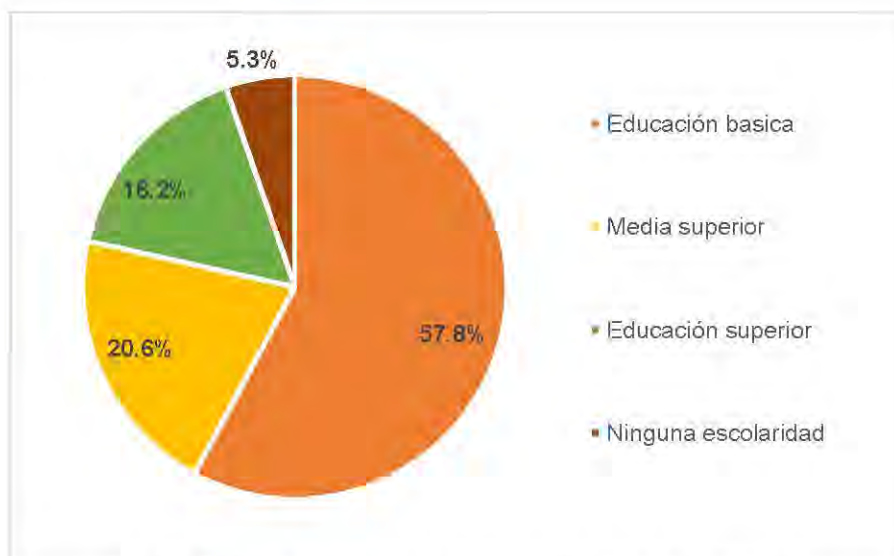
En cuanto a número de hogares, conforme a la información más actualizada, se menciona que el promedio de ocupantes en viviendas particulares en Irapuato para 2020⁸ fue de 4.4, registrando para ese mismo año un total de 151,888 viviendas particulares habitadas.

- **Migración**

El Estado de Guanajuato ocupaba el primer lugar en cuanto a emigración en 2015⁴ y su participación representaba el 10.63% del total nacional. Para ese mismo año la migración del municipio tuvo un total de 10,251 inmigrantes, siendo el tercer municipio con más población proveniente de otros municipios del Estado (migración intraestatal) con una total de 4,960 personas.

- **Educación**

Más de la mitad de la población mayor de 15 años contaba con educación básica en 2015, mientras que solo el 5.3% de la población no tenía ninguna escolaridad⁴.



Gráfica 3. Nivel educativo de la población mayor de 15 años.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2015.

- **Ocupación y empleo**

El 57.5% de la población económicamente activa y ocupada era parte de la informalidad laboral. En cuanto a desocupación de la población en edad de trabajar, de 15 años en adelante, el 5.1% se encontraba desocupada⁴.

⁸ INEGI, 2020. Censo de población y vivienda

Desde hace algunos años se ha visto un aumento de la actividad industrial en el estado, principalmente del sector automotriz, y especialmente en los municipios de Salamanca, Irapuato, Silao y León, todos pertenecientes al bajío guanajuatense. De acuerdo con el segundo informe de gobierno de la administración 2018-2024, durante el 2019 Irapuato conto en el 12% de la inversión en el sector abasto y comercialización, y el 5% en desarrollos industriales.

- **Pobreza**

En 2019, el 37.2% de la población del municipio se encontraba en situación de pobreza, de esté el 34.3% se clasifico en pobreza moderada y el 2.9% pobreza externa.⁹

- **Movilidad**

El municipio de Irapuato en 2017 contaba con la mayor red carretera federal³ con 125 km. Tan solo en 2015 se llevó a cabo la construcción de 173.51 km de ciclo vías en las principales vialidades.

La movilidad forma parte de las acciones continuas del gobierno municipal, como se puede apreciar en el Plan Municipal de Desarrollo 2013-2040, que tiene como componente 5.1 la movilidad integral, que contempla aumentar la movilidad de la población a través de ciclo vías y cinturones viales.

El Programa 3, referente a la vialidad, del PMDUOET, comprende entre otras acciones la pavimentación de calles, creación de nuevas vialidades urbanas, puentes y pasos a desnivel¹⁰.

El Programa de Gobierno Municipal 2018-2021, tiene como Eje 2 la movilidad, que además de buscar aumentar la educación vial de la población, contempla como segundo objetivo mejorar la infraestructura vial del Municipio, el cual retoma las acciones de los planes antes mencionados al contemplar la ampliación de la red de ciclo vías, obras de urbanización en vialidades primarias, secundarias y radiales entre los cinturones viales, además de la construcción de puentes vehiculares.

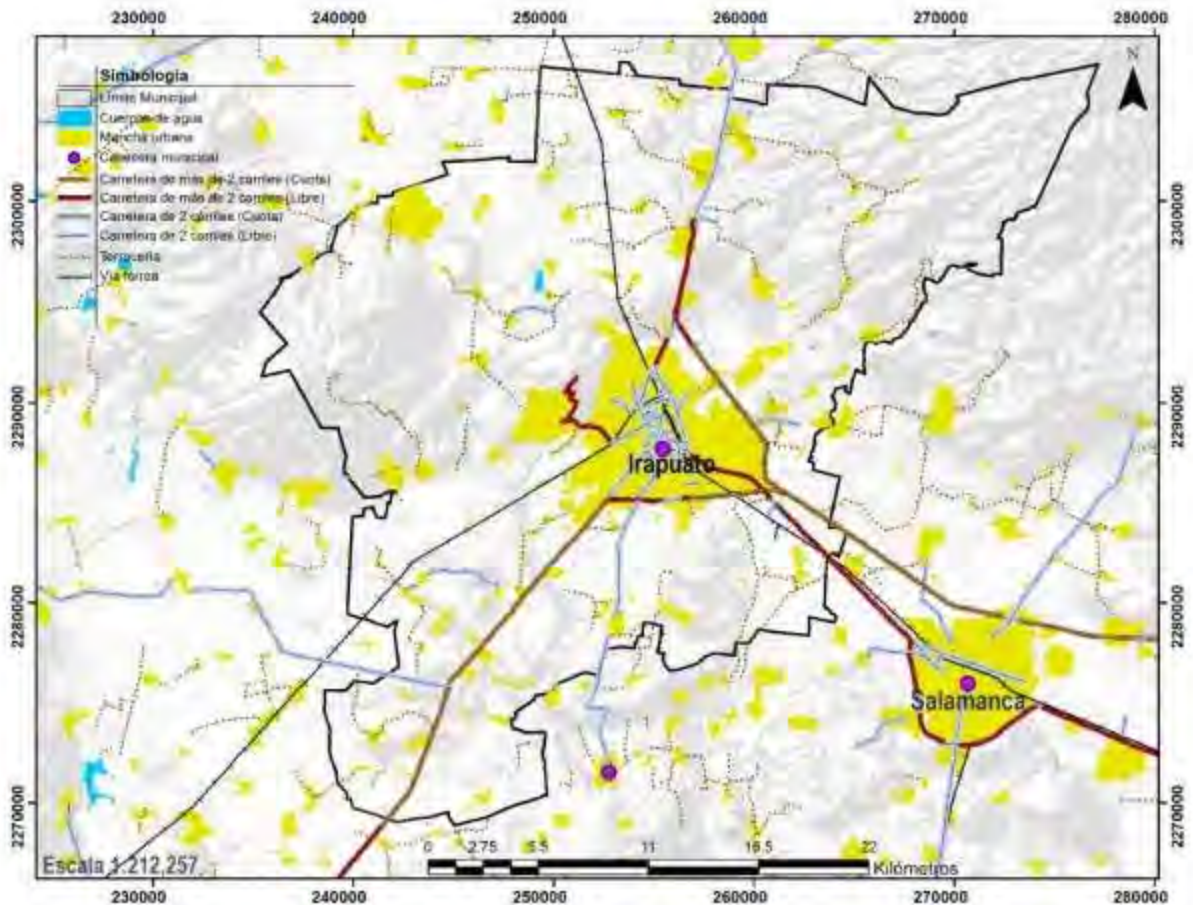
En octubre de 2019, el Instituto Municipal de Planeación de Irapuato (IMPLAN) publicó el boletín informativo del Índice básicos de ciudades prosperas para la dimensión Infraestructura de Desarrollo, el cual es evaluado por la ONU-HABITAT para la subdimensión 5, que hace referencia a la forma urbana; se obtuvo una puntuación de 75.02, lo cual indica que el municipio tiene una movilidad y conectividad urbana aceptable y en vías de mejora.

Se han reportado avances en la Alianza Centro Bajío Occidente, que comprende a los estados de Aguascalientes, Querétaro, San Luis Potosí, Jalisco y Guanajuato, para el desarrollo de la

⁹ Secretaria de Bienestar, 2019. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social.

¹⁰ Gobierno Municipal de Irapuato, 2015. Plan Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato.

región centro del país; esta alianza contempla proyectos estratégicos en materia de conectividad, educación, turismo e inversiones. Los estados que integran la alianza pretenden ser la región de mayor crecimiento en América Latina. Uno de los principales ejes de dicha alianza es el desarrollo de proyectos de infraestructura regional, por lo que se puede esperar aún más desarrollo para la región y el municipio¹¹.



Mapa 3. Red carretera del municipio de Irapuato.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.

II. Objetivos

General

Desarrollar el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del Municipio de Irapuato, empleando como año base el 2019, una herramienta útil para la toma de decisiones, la investigación científica y la identificación de oportunidades para la mitigación de los impactos generados a nivel local y regional, además de ser un instrumento de información que permita evaluar las políticas públicas encaminadas a la mitigación del cambio climático.

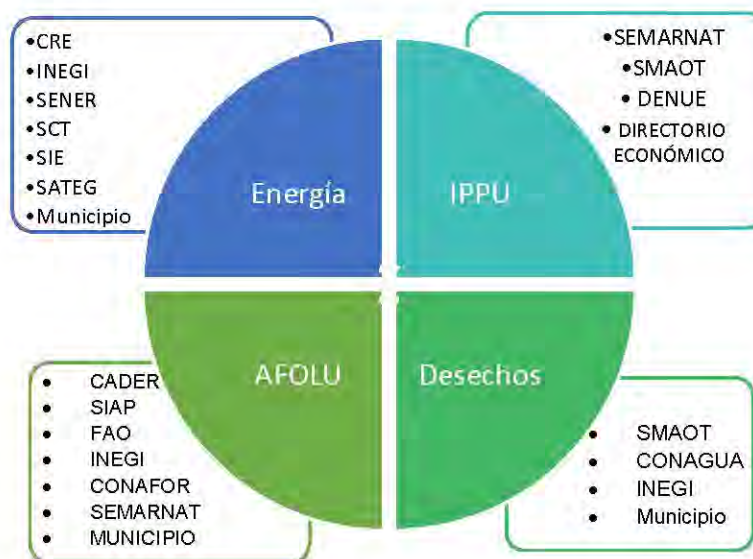
¹¹ Gobierno del Estado de Guanajuato, 2020. Segundo informe de gobierno de la administración 2018-2024

Objetivos específicos

- Determinar la contribución de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por categoría.
- Determinar el comportamiento de las emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GEI) en el municipio.
- Contar con información para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación establecidas en el Plan de Acción Climática Municipal y en su caso impulsar su fortalecimiento.
- Tener información que permita precisar el compromiso de Irapuato ante las Contribuciones Previstas y Determinadas a Nivel Nacional
- Contar con una referencia comparativa de las categorías y fuentes de emisión compatibles con los inventarios nacionales de GEI.

III. Fuentes de información

Las fuentes de información consultadas para el presente inventario fueron instituciones Federales, Estatales y Municipales, a las cuales se les solicito información mediante oficio y a través de la plataforma nacional de transparencia. Además, con el fin de garantizar la calidad de la información utilizada, se consultaron fuentes estadísticas para cotejo y complemento de información. En la siguiente figura se señala las instituciones que brindaron información para cada categoría.



Gráfica 4. Fuentes de información por categoría.

Fuente: Elaboración propia.

IV. Alcances

El inventario tiene un alcance municipal, por lo que las emisiones estimadas y los resultados obtenidos se asumen que fueron generadas durante el año 2019.

IV.1 Gases y compuestos de efecto invernadero estimados

Los gases y compuestos de efecto invernadero estimados en el presente inventario son:

- Bióxido de carbono (CO₂)
- Metano (CH₄)
- Óxido Nitroso (N₂O)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM)
- Halocarbonos (HFC, PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF₆)
- Carbono Negro

Los cuales son reportados en las tablas de resultados como dióxido de carbono equivalente (CO₂e).

IV.2 Categorías estimadas

Para el presente inventario, conforme a la metodología del IPCC las estimaciones se realizan para las siguientes categorías:

- Energía
- Procesos industriales y uso de productos (IPPU)
- Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)
- Desechos

V. Metodología

Las estimaciones se realizaron de acuerdo con las directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero publicadas en 2006 y su actualización en 2019. A la par de los directrices, se consultó la orientación sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero para completar la base técnica aceptada a nivel internacional para la estimación de inventarios de emisiones de GEI.

V.1 Aseguramiento y control de calidad

El proceso de control y aseguramiento de calidad se cumplió conforme a los siguientes principios:

- **Transparencia:** Cada emisión calculada debe ser reproducible, todas las fuentes de información deben ser reportadas y documentadas.
- **Comparable:** Debe ser comparable con inventarios de Canadá y Estados Unidos.
- **Consistencia:** Debe ser consistente con las metodologías utilizadas en los Estados Unidos y Canadá para la generación de inventarios.
- **Confiabilidad:** Los datos de actividad y los factores de emisión deben ser utilizados dependiendo de la información existente, la evaluación se realiza utilizando la siguiente escala: A) Basado en información específica para México, B) Basado en información específica limitada para México C) Basado en juicios de expertos D) Basado en datos externos (USA u otros) o factores y E) Insuficientes datos o la no existencia de factores de emisión.

Con la finalidad de lograr el cumplimiento de estos principios y un adecuado control de calidad en las estimaciones, desde su inicio se fijó como objetivo recabar la mayor cantidad de información a nivel local, para esto se realizó un listado de información necesaria, la cual se solicitó de manera directa a las dependencias o entidades.

Una vez obtenida la información se verificó y sometió al proceso de control de calidad, comprobando la trazabilidad de la información. Así mismo para la información pública obtenida se corroboró que la dependencia o entidad que la emitía fuera fidedigna y tuviera relación dentro de sus atribuciones con la información recopilada.

Cada fuente de información y factores de emisión utilizados fue debidamente referenciada en las bases de estimación, a fin de que el inventario sea reproducible. De igual modo en cada base de estimación, se detallan los supuestos de estimación bajo los cuales se realizaron los cálculos.

Dado que se utilizaron las directrices del IPCC para el desarrollo del inventario, el mismo es comparable y consistente con el inventario nacional, así como los inventarios de Estados Unidos y Canadá.

Una vez realizadas las estimaciones, los cálculos se confirmaron, primero con el cruce de información respecto a la congruencia de emisiones por contaminante, además de la comparación de resultados con los inventarios estatal y nacional, también se corroboró que las subcategorías evaluadas fueran similares a las que se manejan en los inventarios estatal y nacional, a fin de que este pueda ser comparable.

V.2 Método de cálculo

Como se mencionó anteriormente se siguieron las directrices del IPCC para los inventarios nacionales, las cuales parten del uso de árboles de decisiones, los que sirven como apoyo para definir el método, los factores de emisión y datos de actividad.

A continuación, se describe la metodología utilizada en cada categoría.

V.2.1 Energía

Para la categoría Energía se estimaron las emisiones provenientes de la quema de combustibles en los sistemas de energía de los distintos sectores. Entre las subcategorías que se consideran está la industria de la energía, industrias manufactureras y de la construcción, transporte y otros sectores como el comercial, residencial y agropecuario, en conformidad con las actividades y de las fuentes de la guía del IPCC 2006.

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) para cada sector.

Los datos de actividad para esta categoría fueron tomados de los reportados en el Balance Nacional de Energía (SENER, 2018), el Sistema de Información Energética (SENER, 2019) el Balance de energía del estado de Guanajuato (SICES, 2017), el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2020). Con lo que se realizó el balance de energía para el municipio de Irapuato.

- **Transporte Carretero**

Las emisiones generadas por fuentes móviles de vehículos a gasolina y a diésel se estimaron con el software MOVES-México (Motor Vehicle Emission Simulator), con la versión MOVES2014a, desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos. El modelo inicialmente fue desarrollado en el año 2010 sustituyendo al modelo MOBILE6 bajo el nombre de MOVES2010, en el año 2014 tuvo una actualización tomando el nombre de MOVES2014 y para diciembre de 2015, la EPA realizó mejoras al modelo y lo renombró MOVES2014a.

La Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) desarrolló el modelo diseñado para México basado en el MOVES2014a, a través del Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de México (MLED) y en colaboración con el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Esta versión fue presentada en febrero del 2016 y considera datos meteorológicos, de combustibles de flota vehicular de los diferentes estados y municipios de México, así como actualizaciones de factores de emisión de acuerdo con mediciones de sensor remoto.

V.2.2 Procesos industriales y uso de productos (IPPU)

Esta categoría, considera los principales gases de efecto invernaderos emitidos por procesos industriales donde pueden liberarse cantidades significativas de gases de efecto invernadero, como son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorocarbonos (HFC) contenidos en productos como refrigeradores, espumas o latas de aerosol, los perfluorocarbonos (PFC) y los hexafluoruros de azufre (SF₆).

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

De acuerdo con el giro de cada establecimiento, se utilizó la metodología específica para cada subcategoría, dado que depende de los giros que están operando en el municipio.

V.2.3 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU)

En la categoría de AFOLU conforme a lo establecido en las directrices del IPCC 2006, se consideran principalmente las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) correspondiente a las siguientes fuentes:

- Fermentación entérica y manejo de estiércol por actividades ganaderas
- Suelos gestionados
- Quemados en pastizales.
- Uso de fertilizantes
- Cultivos fijadores y no fijadores de nitrógeno

V.2.3.1 Emisiones por fermentación entérica y manejo de estiércol

Para determinar las emisiones por esta categoría, se precisó tener el número de cabezas por tipo de ganado, información que se obtuvo a través de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

Los factores de emisión del metano usados son los indicados por el IPCC 2006.

En el caso de las emisiones del N₂O por manejo de excreta, al no reportarse los sistemas de manejo, se hicieron las suposiciones recomendadas acorde a los manejos más comunes para México, propuestos en el en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015, en el que se suponen diferentes tipos de manejos simultáneos.

Tabla 3. Sistema de manejo de excretas
propuesto por tipo de ganado.

| Manure Management System (MMS)¹ | Species/Livestock category |
|---|-----------------------------------|
| S | T |
| Manejo líquido | Bovino-leche |
| Laguna con aireación | Bovino-leche |
| Corrales de engorda | Bovino-carne |
| Pastoreo | Bovino-carne |
| Pastoreo | Ovino-carne |
| Pastoreo | Caprino-carne |
| Pastoreo | Caballo |
| Pastoreo | Mulas |
| Pastoreo | Asnos |
| Pastoreo (traspatio) | Porcino |
| Rejilla (Granja) | Porcino |
| Laguna aerobia (Granja) | Porcino |
| Cama | Ave-carne |
| Estercolero | Ave-carne |

Fuente: Elaboración propia.

Respecto de los factores de emisión para esta subcategoría son específicos para el Estado de Guanajuato, por tipo de ganado y se encuentran reportados en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INEGYCEI) 1990-2015, los cuales están basados en los factores de emisión IPCC 2006 con adaptaciones a México y por cada Estado.

V.2.3.2 Emisiones por quemas de residuos de cultivo

Para esta subcategoría se recopiló el número de toneladas de producción por tipo de cultivo, los cultivos reportados que generan residuos que son quemados en el municipio de Irapuato fueron los siguientes: Agave, Avena forrajera en verde, Cacahuete, Cebada en grano, Chicharo, Frijol, Garbanzo en grano, Maíz en grano, Semilla de maíz, Semilla de cebada, Sorgo grano, Trigo grano y Semilla de trigo grano, los demás cultivos reportados para el municipio no generan residuos. De los cuales se consideraron las recomendaciones del Inventario nacional GEI, se supuso que el 10%, de los residuos generados se quema.

Los factores de emisión utilizados son correspondientes a México del estudio de Santiago-De la Rosa, N., et. Al. 2017 para los cultivos mostrados en la tabla 4.

Tabla 4. Factores de emisión para México.

| Factores de Emisión [Mg/Mg de materia seca] | | | | |
|---|------------|---------|-----------------|---------|
| Tipo de Cultivo | BC | NO | CO ₂ | CO |
| Maíz | 0.00005141 | 0.00185 | 1.34304 | 0.13078 |
| Arroz | 0.00007177 | 0.0015 | 1.06186 | 0.05678 |
| Sorgo | 0.0003795 | 0.00097 | 1.64939 | 0.0897 |
| Caña de azúcar | 0.00015833 | 0.00163 | 1.79194 | 0.06843 |
| Trigo | 0.00020162 | 0.00156 | 1.47888 | 0.10438 |

Fuente: Elaboración propia con información de la Rosa, N., et. Al. 2017

Para el resto de los cultivos se empleó el sugerido por Arias, T. 2008, específico para los cultivos de América Latina.

Tabla 5. Factores de emisión para cultivos.

| Factores de Emisión [kg / kg de materia seca] | | | |
|---|-----------------|------------------|-------------------|
| Tipo de Quemado | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ e |
| Residuos agrícolas | 0.0027 | 0.00007 | 1.515 |

Fuente: Elaboración propia con información de Arias T. 2008

V.2.3.3 Emisiones de CO₂, por fertilización con Urea

Para la estimación de estas emisiones, se obtuvo las hectáreas sembradas a las cuales se les aplicó fertilizante por tipo de cultivo, de acuerdo con los reportados por SIAP y SIACON. De las diferentes clases de fertilizantes aplicados en los cultivos se obtuvieron las hectáreas por tipo de cultivo a las que se les aplicó urea, según lo reportado por SIAP.

El factor de emisión usado es por defecto sugerido en las directrices del IPCC que es 0.2 toneladas de C por tonelada de Urea.

V.2.3.4 Emisiones directas de N₂O, por manejo de suelos

Para esta categoría se estimó la entrada de tipos de Nitrógeno antropogénico por manejo del suelo. Para llevar a cabo esta estimación se precisa determinar tres tipos de entradas de nitrógeno:

- a) Fsn: Por el uso de fertilizantes sintéticos.
- b) Fon: Nitrógeno en estiércol animal, compost, lodos de depuradora, otros.
- c) Fcr: Nitrógeno en residuos de cultivos.

Donde el Fon, es obtenido del cálculo de óxido nitroso en el manejo de excretas y el Fsn y Fcr, son calculados acorde a la metodología propuesta en el IPCC por tipo de cultivo.

V.2.3.5 Emisiones indirectas de N₂O por manejo de excretas

Al igual que en las emisiones directas de N₂O por manejo de excretas, se estimaron las emisiones con los sistemas de manejo anteriormente mencionados para cada tipo de ganado. La cantidad de nitrógeno calculado se obtiene del cálculo de las emisiones directas de N₂O, la fracción de nitrógeno volatilizado se obtiene de manera específica para el estado de Guanajuato acorde al Inventario Nacional, el factor de emisión es el propuesto por defecto en las directrices del IPCC.

Para esta categoría se consideran únicamente el ganado bovino leche y carne, porcino y ave carne, con todos los sistemas de manejo indicados no se consideran las otras categorías debido a que no existen factores de emisión.

Para esta estimación se requiere el nitrógeno, calculado en las emisiones directas, también se obtuvo la fracción de pérdida por manejo de excretas específicas para el Estado de Guanajuato y se utilizó además el número de cabezas por tipo de ganado.

Lo calculado es la cantidad de nitrógeno del estiércol gestionado disponible para su aplicación en suelos gestionados o para alimentación, combustible o con fines de construcción.

V.2.3.6 Uso de suelo

Las estimaciones para esta subcategoría se realizaron conforme a la guía metodológica del IPCC (2006). Los datos de actividad se integraron a través de la búsqueda de información de los disponibles a nivel estatal y municipal y los factores de emisión por defecto publicados por el IPCC (2006), lo cual permite realizar estimaciones con un nivel de detalle 1.

Se realizó la homologación de los tipos de vegetación de las series V y VI de INEGI, de tal manera que fueran comparables. La clasificación de los tipos de vegetación obedece a los que se utilizaron en el Informe Bienal. Con esta homologación también sirvió para que los tipos de vegetación y tipos de suelo se ajustarán a las categorías definidas en la Guía de Buenas Prácticas, que son: Tierras Forestales (Forest Lands), Tierras de Cultivo (Croplands), Pastizales (Grasslands), Humedales (Wetlands), Asentamientos Humanos (Settlements) y Otras Tierras (Other Lands).

V.2.4 Desechos

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas en esta categoría son el metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) que son emitidos por eliminación y tratamiento de residuos sólidos municipales e industriales, tratamiento y eliminación de aguas residuales, incineración de residuos peligrosos y quema de residuos a cielo abierto.

V.2.4.1 Desechos sólidos

Los sitios de eliminación de desechos sólidos municipales (SEDS), y su tratamiento generan emisiones de gas metano (CH_4) y producen también dióxido de carbono biogénico (CO_2) y óxido nitroso (N_2O).

Las principales fuentes de CO_2 biogénico es la materia orgánica contenida en los desechos, esta estimación se delega a la categoría de AFOLU y en el caso de las emisiones de óxido nitroso son tan pequeñas que se consideran despreciables, por lo que el gas estimado significativo es el metano (CH_4).

En las Directrices del IPCC se propone el método de descomposición de primer orden para la estimación de metano en los SEDS, que se basa en la hipótesis de que el carbono degradable se descompone lentamente formando CH_4 y las emisiones de éste dependen de las cantidades de carbono disponible.

Los datos requeridos para las estimaciones son la cantidad de residuos dispuestos en el sitio, fecha de inicio de operaciones y composición de residuos, la precisión de los datos y los factores de emisión determina el nivel alcanzado.

V.2.4.2 Aguas residuales

Los contaminantes estimados en la actividad de recolección y tratamiento de aguas residuales son principalmente el metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), también se genera (CO_2) sin embargo es biogénico y no se consideran parte de las directrices del IPCC, por lo que no se deben de reportar en el inventario.

El metano producido es debido a la descomposición anaeróbica de materia orgánica degradable, por lo que el dato de actividad debe de proporcionar el parámetro de DBO entrante y removida, así como el caudal tratado.

Las emisiones de óxido nitroso están asociadas a la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales en urea, nitrato y proteínas, en este caso es preciso determinar el consumo de proteína per cápita.

Los datos obtenidos para esta categoría fueron: las plantas de tratamiento de aguas residuales, con locación, caudal tratado, DBO entrante y DBO removida, dicha información fue proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y por la Junta de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Irapuato (JAPAMI).

Las consideraciones hechas por el IPCC, respecto de cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación, capacidad máxima de producción de metano y factor de corrección para éste, están incluidas en los factores de emisión que son específicos para México.

Tabla 6. FE CH₄ estimado para los sistemas de tratamiento y vías de distribución caracterizados en México.

| Sistema | Kg de CH ₄ / Kg de DBO |
|---|-----------------------------------|
| Tanque IMHOFF | 0.6 |
| RAFA | 0.6 |
| Otros | 0.36 |
| Wetland | 0.36 |
| Reactor enzimático | 0.36 |
| Filtros biológicos | 0.36 |
| Dual | 0.36 |
| Descarga a cuerpo de agua/alcantarillas | 0.36 |
| Tanque séptico | 0.3 |
| Zanjas de oxidación | 0.24 |
| Primario avanzado | 0.24 |
| Primario | 0.24 |
| Lodos activados | 0.24 |
| Lagunas de aireación | 0.24 |
| Discos biológicos | 0.24 |
| Lagunas de estabilización | 0.18 |

Fuente: INECC, 2013. Estudio de políticas, medidas e instrumentos para la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector aguas residuales en México TC1241.3.

Respecto de la DBO, se obtuvo la DBO removida con el balance de DBO influente y la DBO efluente, éste último fue tomado para determinar las emisiones por aguas no tratadas cuyo factor de emisión es de 0.06 kg de CH₄/ kg de DBO acorde a la metodología propuesta por el IPCC.

En el caso de la estimación del óxido nitroso, las emisiones son obtenidas a través de la metodología propuesta con el consumo per cápita de proteína, por lo que éste es el dato requerido obtenido de los datos estadísticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT) el cual al año es de 34.05 kg/persona.

Los valores usados por defecto para esta estimación son los siguientes:

Tabla 7. Valores por defecto usado en la estimación de N₂O por aguas residuales.

| Fracción de nitrógeno en proteína (FNPR) | Fracción de proteína no consumida (FNON-CON) | Fracción de proteína co-descargada industrial y comercial (FIND-COM) | Factor de emisión |
|---|---|---|------------------------------|
| (kg N/kg protein) | (-) | (-) | (kg N ₂ O-N/kg N) |
| 0.16 | 1.1 | 1.25 | 0.005 |

Fuente: Directrices del IPCC, 2006 Vol. 5

V.2.4.3 Quema de residuos

Para esta categoría se determinó la cantidad de residuos quemados en vivienda, primero determinando el porcentaje de viviendas que queman residuos, acorde a los datos recopilados del INEGI y del Anuario Estadístico y Geográfico de Guanajuato del 2017, haciendo la proyección correspondiente para 2019.

Posteriormente se llevó a cabo la determinación de la cantidad de residuos quemados en vivienda, aplicando este porcentaje a la cantidad total de residuos generados por municipio diarios.

La metodología del IPCC propone la caracterización de los residuos, por lo que se trabajó con la empleada en desechos bajo el supuesto de ser los mismos recolectados y depositados en los sitios, esta misma consideración se extiende en los quemados en lotes y basureros.

En la quema de residuos a cielo abierto, los factores de emisión relacionan la cantidad de desechos con la emisión de gases efecto invernadero, en el caso del CO₂, esto se aplica a los datos sobre las fracciones de carbono y carbono fósil contenidas en los desechos.

V.3 Consideraciones y criterios

Los gases de efecto invernadero afectan a la atmosfera de manera distinta y por periodos de tiempo diferentes, dependiendo de su capacidad para adsorber el calor y su tiempo de vida en la atmosfera, por lo anterior para fines de comparación y reporte, se cuantifican en toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO₂e), que relaciona el efecto del calentamiento de cada uno de los gases respecto al CO₂, y se denomina Potencial de Calentamiento Global (PCG).

Tabla 8. Potencial de Calentamiento Global de los Gases de Efecto Invernadero.

| Gas | PCG a 100 años |
|------------------|----------------|
| CO ₂ | 1 |
| CH ₄ | 28 |
| N ₂ O | 265 |
| HCFC-141b | 725 |
| HCFC-22 | 1,810 |

Fuente: IPCC

De acuerdo con las características y cantidad de la información obtenida para la estimación se determinó el nivel de estimación por categoría y subcategoría. El nivel representa la complejidad metodológica, conforme a la metodología del IPCC, 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).

Tabla 9. Nivel de cálculo del inventario de GEI, Irapuato 2019 por categoría y subcategoría.

| Categoría | Subcategoría | Fuente | Nivel |
|--|--|--|---------------------------|
| Energía | 1A1 Industrias de la energía | 1A1ai Generación de electricidad | 2 |
| | 1A2 Industrias manufactureras y de la construcción | 1A2 Industrias manufactureras y de la construcción | 2 |
| | | 1A3b Transporte terrestre | 3 |
| | 1A3 Transporte | 1A3c Ferrocarriles | 1 |
| | | 1A4a Comercial / Institucional | 2 |
| | | 1Ab Residencial | 2 |
| | | 1A4c Agricultura/Silvicultura | 2 |
| IPPU | 2F Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono | 2F1 Refrigeración y aire acondicionado | 2 |
| | AFOLU | 3A Ganadería | 3A1-Fermentación Entérica |
| 3A2-Manejo de Estiércol | | | 2 |
| 3B Tierra | | 3B - Tierra | 1 |
| 3C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ en la tierra | | 3C1 Emisiones de la quema de biomasa | 2 |
| | | 3C2 Encalado | 1 |
| | | 3C3 Aplicación de Urea | 1 |
| | | 3C4 Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados | 1 |
| | | 3C5 Emisiones indirectas de N ₂ O de los suelos gestionados | 1 |
| 3C6 Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión del estiércol | 1 | | |
| Desechos | 4A Eliminación de desechos sólidos | 4A Disposición final de RSU | 3 |
| | 4C Incineración y quema de residuos | 4C Incineración y quema de residuos | 1 |
| | 4D Tratamiento y descarga de aguas residuales | 4D Aguas Residuales Municipales (tratadas) | 2 |
| | | 4D Aguas Residuales Municipales (sin tratar) | 2 |
| | | 4D Aguas Residuales Industriales (tratadas) | 1 |

Fuente elaboración propia.

VI. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

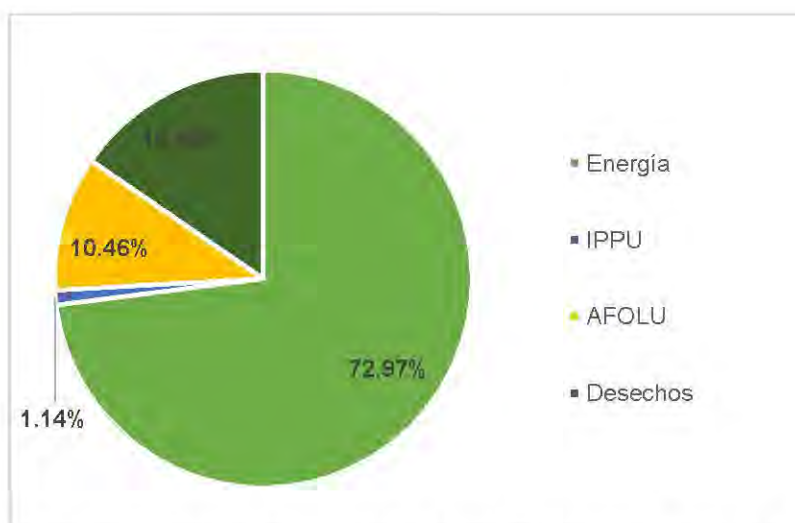
En este apartado se reportan los resultados de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el municipio de Irapuato durante el 2019. Las mismas se presentan por categoría y subcategoría según corresponda. Además, se reporta la incertidumbre asociada a cada categoría.

VI.1 Emisiones totales

Las emisiones anuales totales de gases de efecto invernadero para el municipio de Irapuato en 2019 fueron de 2,319.20 Gg. En la Tabla 10 y Gráfica 4 se muestran las emisiones por categoría, observando que la mayor contribución la tiene la categoría de energía con el 72.97%, seguida de desechos con el 15.43% y AFOLU con el 10.46%.

Tabla 10. Emisiones de CO₂e por categoría, Irapuato 2019.

| Categoría | Emisiones Gg/a CO ₂ e |
|--------------|----------------------------------|
| Energía | 1,692.42 |
| IPPU | 26.47 |
| AFOLU | 242.56 |
| Desechos | 357.75 |
| Total | 2,319.20 |



Gráfica 5. Contribución porcentual de CO₂e por categoría, Irapuato 2019.

VI.2 Emisiones por categoría

VI.2.1 Energía

La categoría Energía incluye la estimación de emisiones derivadas de industrias dedicadas a la generación de energía eléctrica, industria manufacturera y de la construcción, transporte, comercial, residencial y agropecuario para las cuales se estiman las emisiones de GEI derivadas de las principales fuentes de combustión definidas por el IPCC adaptadas para el municipio de Irapuato para 2019.

Las emisiones estimadas en 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.

Para llevar a cabo la estimación de emisiones, se tomaron en consideración las recomendaciones del IPCC, como la clasificación que debe seguirse para cada categoría de fuente. La categorización que corresponde a la categoría de energía se muestra en la siguiente figura.



Gráfica 6. Subcategorías del sector Energía.
Elaboración propia.

De manera general para todas las subcategorías de acuerdo con la metodología del IPCC, se empleó el método de nivel 2, para el sector transporte; el terrestre obtuvo nivel 3 debido a la precisión del modelo MOVES2014 y los ferrocarriles nivel 1 según la subcategoría, utilizando el factor de emisión específico del país desarrollado considerando el contenido de carbono y los factores de oxidación.

Balance de energía

El balance fue realizado mediante estimaciones sobre consumo energético a partir de los datos reportados por la Secretaría de Energía (SENER) en el Balance Nacional de Energía 2018, del Sistema de Información Energética (SIE) y el Balance de energía del estado de Guanajuato (SICES, 2017).

Para la estimación es necesario conocer la energía empleada por quema de combustible por lo que emplea el poder calorífico por tipo de combustible, una vez que se estima el consumo total.

Tabla 11. Poder calorífico de los combustibles utilizados.

| Combustible | Poder calorífico MJ/m ³ |
|------------------|---------------------------------------|
| Gasolinas | 35,178.91 |
| Diésel | 38,116.25 |
| Gas natural | 41.40 |
| GLP fase líquida | 26,121.58 |
| Leña* | 14,486.00 |

Fuente: Balance Nacional de Energía, 2018 (SENER, 2018)

*El Poder Calorífico de la Leña se reporta en MJ/ton

Conforme a la información recabada de los consumos de combustibles durante 2019, el municipio de Irapuato representa el 0.23% del total nacional y el 6.71% del total estatal, correspondiente a 17,316.25 TJ; los cuales incluyen los combustibles: gas natural, gas L.P., Diesel y gasolinas.

Tabla 12. Balance de consumo energético (TJ) por sector, 2019.

| Sector | Nacional | Estatal | Irapuato |
|--|---------------------|-------------------|------------------|
| Industria energía | 1,603,557.08 | 94,444.54 | 357.10 |
| Industria manufacturera y de la construcción | 797,627.31 | 24,544.57 | 2,936.97 |
| Transporte terrestre | 4,237,279.52 | 104,754.59 | 11,597.94 |
| Ferrovionario | 29,614.67 | 1,960.95 | 88.99 |
| Residencial | 537,209.66 | 18,620.44 | 1,634.99 |
| Comercial | 81,982.26 | 3,610.07 | 124.49 |
| Agrícola | 149,693.92 | 10,738.55 | 575.77 |
| Total | 7,436,964.41 | 258,673.71 | 17,316.25 |

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER y CRE.

El mayor consumo de combustibles en 2019 de Irapuato fue de gasolina con el 42.27%, seguido de Diésel con el 28.52%; siendo estos combustibles principalmente empleados en el sector transporte e industrial /manufacturero.

Tabla 13. Porcentaje de consumo de combustible, Irapuato 2019.

| Combustible | Consumo (TJ) | % |
|--------------|------------------|-------------|
| Gas Natural | 3,336.82 | 19.27% |
| Gas LP | 1,400.50 | 8.09% |
| Diésel | 4,938.90 | 28.52% |
| Gasolinas | 7,318.99 | 42.27% |
| Leña | 321.03 | 1.85% |
| Total | 17,316.25 | 100% |

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER y CRE.

El transporte terrestre contiene la mayor demanda de energéticos con un consumo de 11.59 PJ, siendo el 66.98% del total en el municipio para 2019; seguido de la industria manufacturera y de la construcción con 2.93 PJ (16.96%) además de los sectores residencial y agrícola representando 9.44% y 3.33% respectivamente.

Tabla 14. Consumo energético por sector, Irapuato 2019.

| Sector | Consumo (TJ) | % |
|--|------------------|-------------|
| Industria energía | 357.10 | 2.06% |
| Industria manufacturera y de la construcción | 2,936.97 | 16.96% |
| Transporte terrestre | 11,597.94 | 66.98% |
| Ferroviano | 88.99 | 0.51% |
| Residencial | 1,634.99 | 9.44% |
| Comercial | 124.49 | 0.72% |
| Agrícola | 575.77 | 3.33% |
| Total | 17,316.25 | 100% |

Fuente: Elaboración propia con datos de SENER y CRE

1. Subcategorías evaluadas en la categoría de energía

A. Industria manufacturera y de la construcción

La estimación para esta subcategoría fue realizada con la información proporcionada por la SMAOT del Registro de Emisión y Transferencia de Contaminantes (RETC) del municipio de Irapuato en 2019, y del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) la cual se complementó con el consumo reportado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para el gas natural y gas LP, y con la demanda interna de diésel en el estado reportado por la Secretaría de Energía (SENER), con el fin de incluir la industria no regulada. Conforme a la información recaba para esta subcategoría se considera nivel 2 de estimación.

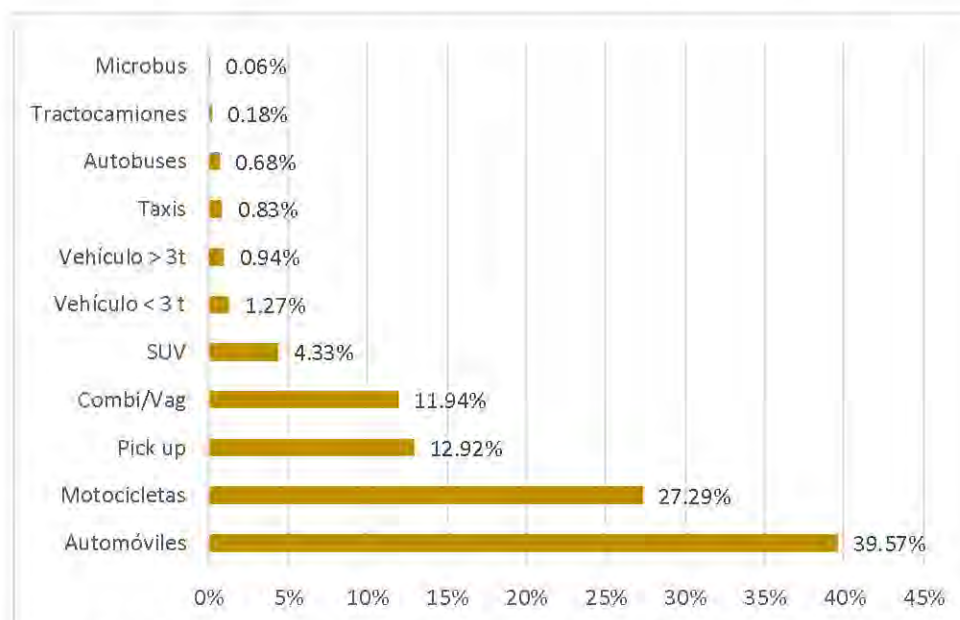
B. Transporte

- **Transporte carretero**

Esta subcategoría considera 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 con la metodología IPCC 2006, el cálculo de emisiones de autotransporte puede realizarse considerando el consumo de combustible o con base a los kilómetros recorridos por tipo y número de vehículos, siendo esta última la que tiene una menor incertidumbre. Por lo que el nivel de estimación para esta subcategoría conforma a la metodología aplicada es nivel 3.

La información del padrón vehicular fue proporcionada por el Servicio de Administración Tributaria del Estado de Guanajuato (SATEG), con el cual estimaron las emisiones de GEI con el software MOVES-México (Motor Vehicle Emission Simulator), que es una versión del modelo para el cálculo de emisiones vehiculares MOVES2014a, desarrollado por la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos.

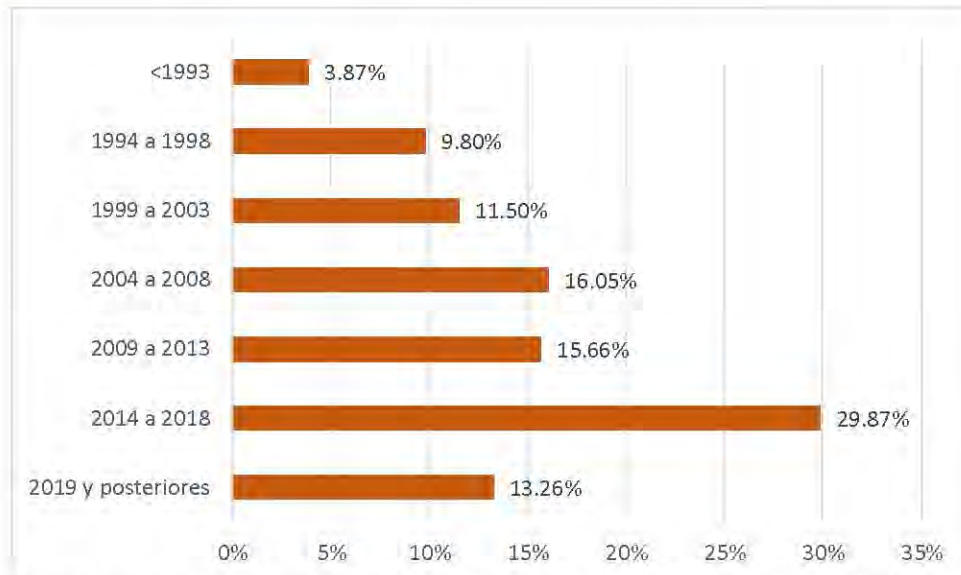
Conforme a la información proporcionada por el SATEG, sobre el parque vehicular que circulo en el municipio en el año 2019, la mayoría son automóviles con el 39.57%, seguidos de motocicletas, camionetas Pick UP y Combis/Vags, con el 27.29%, 12.92% y 11.94% respectivamente. La distribución completa se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 7. Distribución porcentual por tipo de vehículo en el municipio de Irapuato 2019.

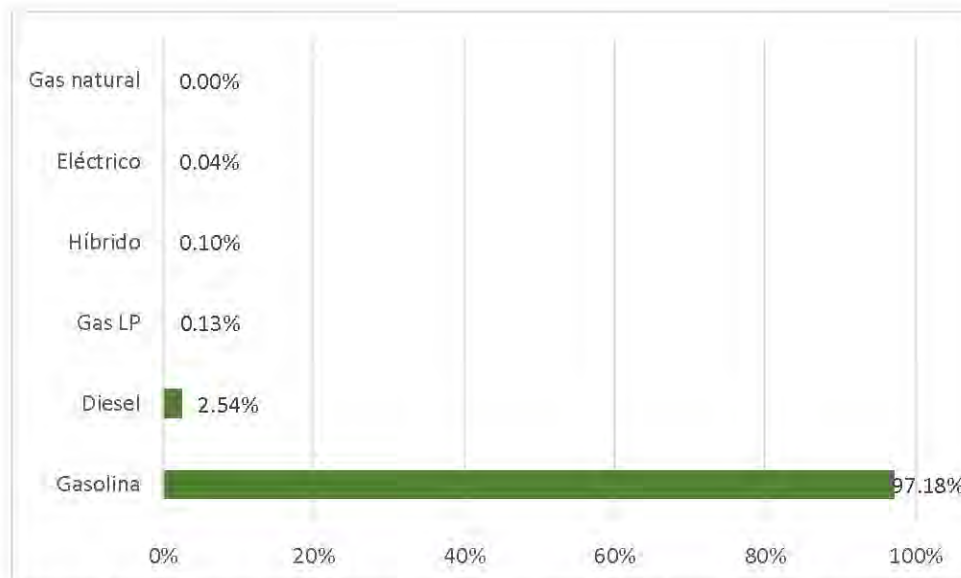
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el municipio de Irapuato.

Asimismo, se observó que el 56.88% de los vehículos tiene una antigüedad mayor a 5 años, el 41.22% cuenta con más de 10 años y el 25.17% tiene más de 15 años. (Gráfica 6)



Gráfica 8. Distribución porcentual del parque vehicular registrado al año 2019 por año modelo.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el municipio de Irapuato.

El principal combustible que usan los vehículos registrados en el municipio de Irapuato para moverse es la gasolina (97.18%), seguido del diésel (2.54%). Gráfica 7.



Gráfica 9. Distribución del parque vehicular registrado al 2019 por tipo de combustible.
Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por el municipio de Irapuato.

- **Ferrocarriles**

En el municipio de Irapuato durante 2019 el sector ferroviario consumió 2,334.64 m³ de diésel (SENER) y conforme a la información reportada por la SCT en el Anuario Estadístico y Geográfico por entidad federativa 2019 (INEGI, 2019) en el municipio existen 48.80 km de vías férreas troncales. Conforme a la información recabada y al factor por defecto utilizado para esta subcategoría, se considera el método de estimación nivel 1.

C. Otros sectores

- **Comercial**

En la subcategoría comercial, institucional o de servicios los combustibles utilizados fueron el gas licuado de petróleo (gas L.P.) y gas natural. Para Irapuato el 55% del combustible que se consume por este sector es gas natural.

Tabla 15. Consumo energético del subsector comercial, Irapuato 2019.

| Combustible | Consumo (TJ) | % |
|--------------|---------------|-------------|
| Gas LP | 56.50 | 45% |
| Gas natural | 67.99 | 55% |
| Total | 124.49 | 100% |

Fuente: Elaboración propia con datos de CRE, SENER e INEGI.

Debido a la calidad de los datos de actividad y a los factores de emisión utilizados esta subcategoría se considera nivel 2.

- **Residencial**

El sector residencial demanda uso de gas LP y gas natural. Para el 2019 en el municipio de Irapuato el 86% fue de gas LP y el 14% de gas natural.

Tabla 16. Consumo energético del subsector residencial, Irapuato 2019.

| Combustible | Consumo (TJ) | % |
|--------------|-----------------|-------------|
| Gas LP | 1,128.74 | 86% |
| Gas natural | 185.21 | 14% |
| Total | 1,313.96 | 100% |

Fuente: Elaboración propia con información de CRE, SENER e INEGI.

La información obtenida fue proporcionada por la CRE con respecto al consumo de gas LP, para gas natural y leña se obtuvo a partir de lo publicado por SENER. Las emisiones por la quema de leña no se reportan en esta categoría, se consideran en quema de biomasa.

Por lo que para esta subcategoría se consideró el nivel 2 de estimación.

- **Agropecuario**

El 98% del consumo de combustible del sector agropecuario para el municipio de Irapuato en 2019 fue de diésel y solo 2% de gas LP.

Tabla 17. Consumo energético del subsector agropecuario, Irapuato 2019.

| Combustible | Consumo (TJ) | % |
|--------------|---------------|-------------|
| Gas LP | 12.60 | 2% |
| Diésel | 563.17 | 98% |
| Total | 575.77 | 100% |

Fuente: Elaboración propia con información de SICES, SENER e INEGI.

La información se integró con la generada por la SICES y en el Balance Nacional de Energía 2018 de la Secretaría de Energía para diésel, considerando la fracción de demanda en el estado de este último, además de que se considera información de INEGI, para realizar las proyecciones al 2019. Por lo que para esta subcategoría se considera nivel 2 de estimación.

2. Emisiones de GEI de la categoría de Energía

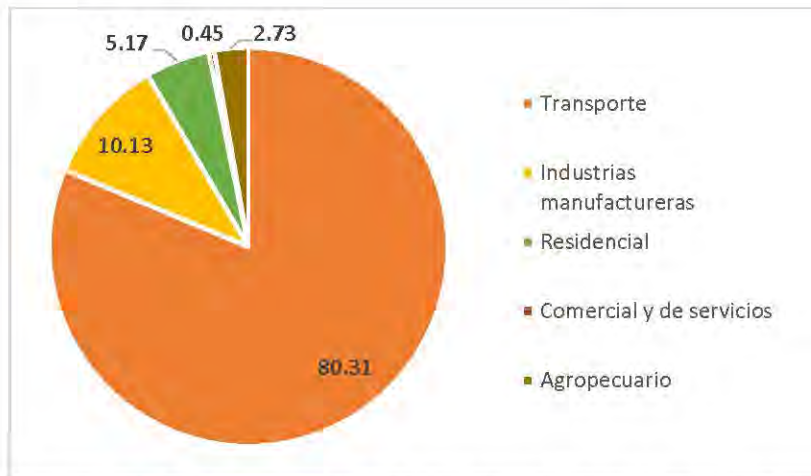
Las emisiones anuales de gases de efecto invernadero de la categoría de energía para el Municipio de Irapuato en 2019, expresadas en CO₂e, fueron un total de 1,692.424 Gg.

Tabla 18. Emisiones de GEI para la categoría de energía por subcategoría, Irapuato, 2019.

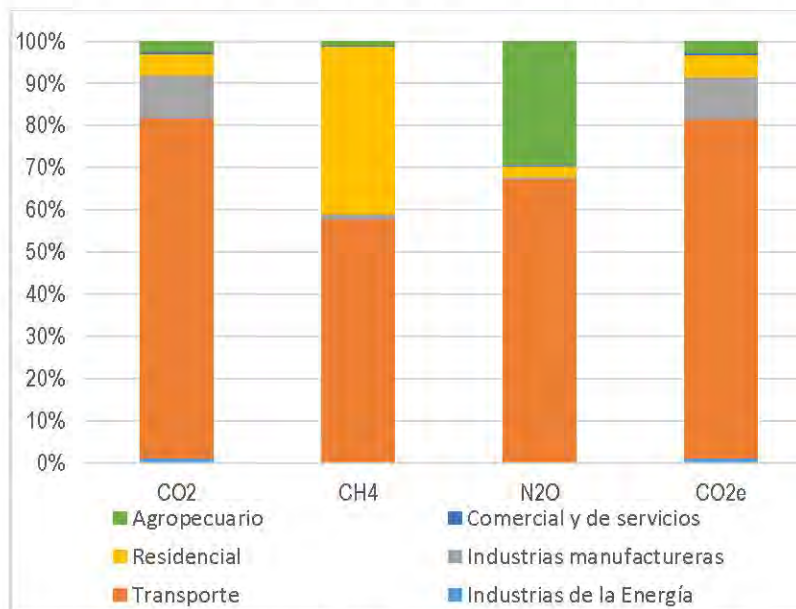
| Subcategoría | Emisiones Gg/año | | | |
|---------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ e |
| Industrias de la Energía | 20.625 | 0.000 | 0.000 | 20.644 |
| Transporte | 1,345.212 | 0.150 | 0.037 | 1,359.166 |
| Industrias manufactureras | 171.230 | 0.003 | 0.000 | 171.391 |
| Residencial | 84.159 | 0.103 | 0.001 | 87.415 |
| Comercial y de servicios | 7.604 | 0.001 | 0.000 | 7.625 |
| Agropecuaria | 41.847 | 0.002 | 0.016 | 46.183 |
| Total | 1,670.676 | 0.259 | 0.055 | 1,692.424 |

Respecto a la contribución por contaminante, el transporte es el mayor aportador en todos los gases, seguido de las industrias manufactureras y el sector residencial que tiene la mayor aportación en CO₂. Tabla 18.

El transporte representa el 80.31% de la emisión de GEI, seguido de las industrias manufactureras con el 10.13% y el sector residencial con el 5.17%.



Gráfica 10. Emisiones de GEI de la categoría de energía por subcategoría, Irapuato, 2019.



Gráfica 11. Porcentajes de contribución de GEI por sector en categoría de energía, Irapuato, 2019.

3. Incertidumbre asociada a la categoría de energía.

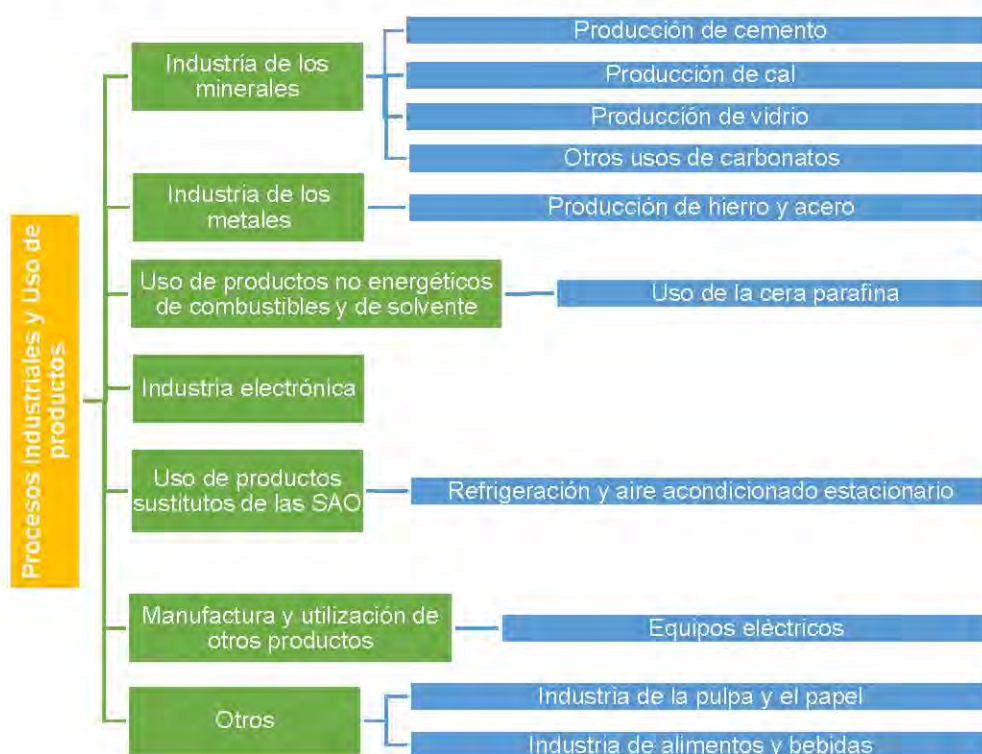
Tabla 19. Incertidumbre asociada a la categoría de energía.

| Subcategoría | CO ₂ e | Incertidumbre |
|---------------------------|-------------------|---------------|
| Industrias de la Energía | 20.644 | 8.47 |
| Transporte | 1,359.166 | |
| Industrias manufactureras | 171.391 | |
| Residencial | 87.415 | |
| Comercial y de servicios | 7.625 | |
| Agropecuario | 46.183 | |
| Total | 1,692.424 | |

VI.2.2 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, uso de productos, así como los usos no energéticos del carbono contenido en los combustibles fósiles de acuerdo con las directrices del IPCC (2006) y a la información disponible para el municipio de Irapuato.

En el municipio de Irapuato se cuenta solo con algunos de los giros industriales que, siguiendo las directrices del IPCC (2006), están en posibilidad de ser evaluadas respecto de su contribución de GEI debido a las características de sus procesos.



Gráfica 12. Subcategorías del sector IPPU identificadas.
Elaboración propia.

1. Subcategorías evaluadas

A. Procesos Industriales

En la tabla 20 se presentan los resultados de las emisiones de los procesos industriales de establecimientos de jurisdicción estatal con base en la información proporcionada por SMAOT, las cuales incluyen emisiones por combustión, procesos industriales o actividades comerciales y de servicios, consumo de energía eléctrica, entre otros.

Tabla 20. Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del sector industrial de jurisdicción estatal en el municipio de Irapuato, 2019.

| Sector | CO ₂ (Gg/año) |
|---|--------------------------|
| Alimentos y bebidas | 57.490 |
| Impresión | 21.650 |
| Plástico y hule | 4.067 |
| Concreto y asfalto | 2.857 |
| Otras industrias manufactureras | 1.821 |
| Fabricación de piezas y equipos para la industria Automotriz | 1.485 |
| Velas y veladoras | 1.153 |
| Metálico | 0.538 |
| Industria textil | 0.342 |
| Mezclas químicas | 0.230 |
| Papel y cartón | 0.024 |
| Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica | 0.005 |
| Total | 91.663 |

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por SMAOT.

Las emisiones correspondientes a los establecimientos de jurisdicción federal se muestran en la tabla 21, por sector y tipo de emisión, identificando las emisiones provenientes de procesos industriales de tres sectores productivos. Esto de acuerdo con la información proporcionada por la SEMARNAT.

Tabla 21. Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero provenientes de procesos industriales de jurisdicción federal en el municipio de Irapuato, 2019.

| Sector | Número de establecimientos | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | HCFC | HFC |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|
| Metalúrgica (incluye la siderúrgica) | 1 | 10,987.34 | 87.15 | - | 0.06 | 0.04 |
| Automotriz | 1 | 3,240.21 | 103.56 | - | 0.01 | 0.01 |
| Actividades del sector Hidrocarburos | 1 | 0.00 | 0.00 | - | - | - |
| Total | 3 | 14,227.55 | 190.71 | - | 0.06 | 0.05 |

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por SEMARNAT.

B. Uso de Productos. Refrigeración y aire acondicionado estacionario y móvil.

La estimación de emisiones referentes a la refrigeración y aire acondicionado se basaron en los datos proporcionados por la SEMARNAT en la hoja de ruta para implementar la Enmienda de Kigali en México y en los datos de INEGI para la desagregación municipal.

El número de viviendas con refrigerador y aire acondicionado en el municipio de Irapuato, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2018 realizada por el INEGI, fue de 134,298 y 952 viviendas, respectivamente. Para estimar el número de viviendas en 2019 se realizó la proyección considerando un factor de crecimiento del 2.4% (INEGI, 2015).

Tabla 22. Resultados por refrigeración y aire acondicionado de la categoría IPPU.

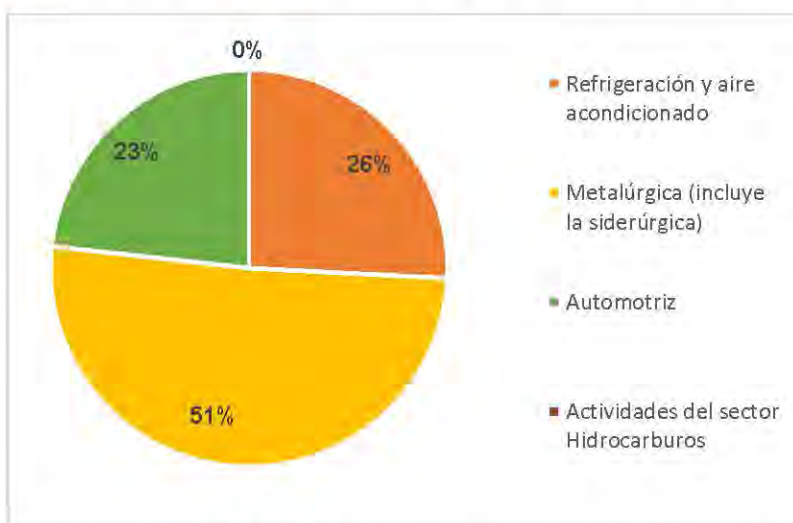
| Categorías | Emisiones (Gg) | |
|------------------------------------|----------------|-------------------|
| | HCF's | CO ₂ e |
| Refrigeración y aire acondicionado | 5.13E-03 | 6.83 |
| Total | 0.005 | 6.83 |

2. Emisiones GEI de la categoría Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU).

A continuación, se muestran los resultados para la categoría de IPPU por contaminante, en cuanto al total de emisiones de CO₂e por categoría, la industria Metalúrgica en la que más aporta con 51%, seguida de la refrigeración y aire acondicionado con el 26%, siendo la industria automotriz el tercer lugar con el 23%.

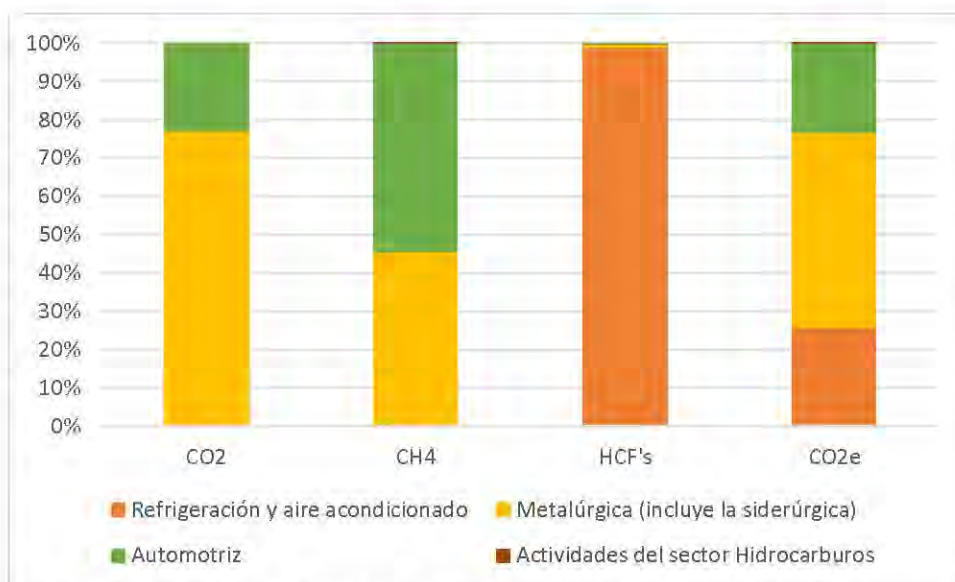
Tabla 23. Emisiones de GEI para la categoría de IPPU por subcategoría.

| Categorías | Emisiones (Gg/año) | | | |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------|-------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | HCF's | CO ₂ e |
| Refrigeración y aire acondicionado | - | - | 5.13E-03 | 6.83 |
| Metalúrgica (incluye la siderúrgica) | 10.99 | 0.09 | 4.09E-05 | 13.48 |
| Automotriz | 3.24 | 0.10 | 1.00E-05 | 6.15 |
| Actividades del sector Hidrocarburos | 1.49E-07 | 2.66E-06 | - | 7.47E-05 |
| Total | 14.23 | 0.19 | 0.01 | 26.47 |



Gráfica 13. Emisiones de GEI de la categoría de IPPU por subcategoría, Irapuato, 2019.

En cuanto a la aportación por contaminante, para el CO₂ la industria metalúrgica es la de mayor aportación, para el CH₄ la industria automotriz y para las HCF's la refrigeración y aire acondicionado.



Gráfica 14. Porcentajes de contribución de GEI por sector en categoría de IPPU, Irapuato, 2019.

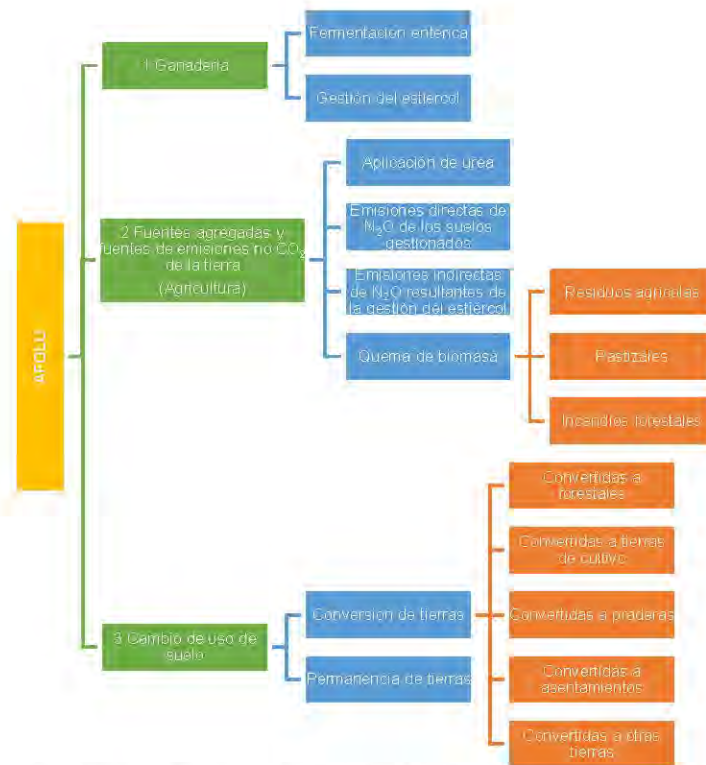
3. Incertidumbre asociada a la categoría Procesos Industriales y Uso de Productos

Tabla 24. Incertidumbre asociada a la categoría de IPPU.

| Categorías | CO ₂ e | Incertidumbre |
|--------------------------------------|-------------------|---------------|
| Refrigeración y aire acondicionado | 6.83 | 50.25 |
| Metalúrgica (incluye la siderúrgica) | 13.48 | |
| Automotriz | 6.15 | |
| Actividades del sector Hidrocarburos | 7.47E-05 | |
| Total | 26.47 | |

VI.2.3 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. 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 siguiente figura se muestran las actividades para las cuales se estimaron las emisiones desagregadas por sus subcategorías.



Gráfica 15. Subcategorías del sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

1. Subcategorías evaluadas en la categoría de AFOLU

A. Emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica.

Para esta subcategoría se calculan emisiones de CH₄ y N₂O provenientes de la fermentación entérica y manejo de estiércol.

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 con SAGARPA y los municipios, realizan acciones para fomentar el desarrollo del sector a través de diferentes esquemas de financiamiento, capacitación y tecnificación.

Conforme a la información recabada para esta subcategoría se considera nivel de estimación 2, esto toda vez que la información recabada es propia del municipio de Irapuato, así mismo los factores de emisión aplicados son los propios para México y más aún específicos para el estado de Guanajuato. En el caso de las excretas, si bien no se dispuso de los sistemas de manejo, se toman las mismas suposiciones hechas para el inventario Nacional.

En la siguiente tabla se muestra la caracterización de ganado obtenida del SIAP y el Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Guanajuato, A.C., para el municipio de Irapuato en 2019.

Tabla 25. Producción en cabezas, Irapuato 2019.

| Tipo de ganado | No. Cabezas |
|----------------|-------------|
| Bovino-leche | 9,915 |
| Bovino-carne | 19,564 |
| Ovino | 16,214 |
| Caprino | 28,307 |
| Caballo | 2,641 |
| Mulas | 303 |
| Asnos | 1,062 |
| Porcino* | 83,520 |
| Ave | 448,585 |

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de SIAP y Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Guanajuato, A.C.

B. Agricultura

- **Aplicación de fertilizantes**

Existen 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 (NH_3) y óxidos de nitrógeno (NO_x)
- Pérdida de nitrógeno (N) por lixiviación y escorrentía
- Disposición de N contenido en aguas residuales.

Para la estimación de N se requiere la cantidad de nitrógeno (kg N/ año) incorporado al suelo, como fertilizante o como estiércol. La cantidad de nitrógeno que se volatiliza o se lixivia se estima usando diferentes factores por omisión de IPCC, así como el Seguimiento de Costos de Producción Pecuaria y Agrícola por Sistema-Producto (SISPRO-SECOPPA) de la SAGARPA. Se cuantificaron las emisiones de tres tipos de fertilización: urea, estiércol y aplicación de fertilizantes.

Para el caso de Urea se consideró la información proporcionada por el SIACON y SISPRO-SECOPA.

Tabla 26. Cultivos y cantidad de Urea aplicada en el municipio de Irapuato, 2019.

| Cultivo | Superficie fertilizada (ha) | Kg de Urea/ha |
|-------------------------|-----------------------------|---------------|
| Agave | 87.50 | 0.75 |
| Ajo | 18.00 | 0.52 |
| Brócoli | 1,051.00 | 0.30 |
| Calabacita | 81.67 | 0.02 |
| Cebada grano | 3,972.00 | 0.28 |
| Garbanzo grano | 134.67 | 0.11 |
| Maíz grano | 18,105.53 | 0.15 |
| Semilla de cebada grano | 533.00 | 0.28 |
| Semilla de maíz grano | 185.00 | 0.11 |
| Sorgo grano | 17,754.67 | 0.19 |
| Tomate verde | 288.00 | 0.04 |

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP y SISPRO-SECOPA

Para el resto de los cultivos no se usa urea como fertilizante. El factor de emisión usado es por defecto sugerido en las directrices del IPCC que es 0.2 toneladas de C por tonelada de Urea. Conforme a la información recaba para esta subcategoría se considera nivel 2 de estimación.

- **Quema de biomasa**

La quema de biomasa es una fuente importante de emisiones de GEI principalmente de CH₄ y CO₂. Para residuos agrícolas se contabilizaron solo los residuos quemados en campo, debido a que no se contó con información sobre residuos agrícolas que pudieron ser utilizados como fuente de energía. Para la estimación se consideraron todos los cultivos registrados en SIACON para el municipio de Irapuato, así como sus factores de generación de residuos.

Para incendios forestales se solicitó información a CONAFOR y SMAOT, sin embargo, ambas dependencias coinciden en que durante 2019 en el municipio no se presentó incendio forestal alguno.

Conforme a la información recabada para esta subcategoría se considera nivel 2 de estimación.

C. Cambio de uso de suelo

Los procesos de deforestación y degradación de bosques por efecto de actividades antropogénicas constituyen una fuente importante de gases de efecto invernadero. Sin embargo, los bosques tienen una gran potencia para convertirse en sumideros de carbono mediante políticas apropiadas e implementación de técnicas silvícolas que mejoren su producción; para determinar la permanencia o cambio de uso de suelo se tomó en cuenta la información de las

Series V y VI del INEGI para uso de suelo. Conforme a la información recaba para esta subcategoría se considera el nivel 1 de estimación.

Tabla 27. Matriz de cambio de uso de suelo Irapuato 2012-2014

| Clave | Uso de Suelo y Vegetación Serie IV | Superficie (ha) | Clave | Cambio a | Superficie con cambio en ha | | |
|--------------|---|------------------|--------------|---|-----------------------------|------------|-----------------|
| | | | | | Sin cambios | Favorable | Desfavorable |
| AH | Asentamientos humanos | 2,004.72 | AH | Asentamientos Humanos | 2,004.71 | | |
| ZU | Zona Urbana | 3,749.68 | AH | Asentamientos Humanos | 3,749.68 | | |
| RA | Agricultura de Riego Anual | 38,770.36 | AH | Asentamientos Humanos | | | 489.86 |
| | | | RA | Agricultura de Riego Anual | 38,280.50 | | |
| TA | Agricultura de Temporal Anual | 20,072.32 | AH | Asentamientos Humanos | | | 275.97 |
| | | | ADV | Área desprovista de Vegetación | | | 48.29 |
| | | | TA | Agricultura de Temporal Anual | 19,748.06 | | |
| BQ | Bosque de Encino | 910.65 | BQ | Bosque de Encino | 836.31 | | |
| | | | Vsa/BQ | Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino | | | 74.34 |
| PN | Pastizal Natural | 4,979.47 | ADV | Área desprovista de Vegetación | | | 25.78 |
| | | | AH | Asentamientos Humanos | | | 74.57 |
| | | | CA | Cuerpos de Agua | | | 28.51 |
| | | | PN | Pastizal Natural | 4,602.97 | | |
| | | | TA | Agricultura de Temporal Anual | | | 247.63 |
| MC | Matorral Crassicaule | 360.24 | MC | Matorral Crassicaule | 360.24 | | |
| CA | Cuerpo de Agua | 685.94 | CA | Cuerpos de Agua | 685.94 | | |
| PI | Pastizal Inducido | 3,500.88 | AH | Asentamientos Humanos | | | 78.42 |
| | | | PI | Pastizal Inducido | 3,359.19 | | |
| | | | TA | Agricultura de Temporal Anual | | | 63.26 |
| VSA/SBC | Vegetación Secundaria Arborea de Selva Baja Caducifolia | 6,419.78 | AH | Asentamientos Humanos | | | 33.35 |
| | | | VSA/SBC | Vegetación Secundaria Arborea de Selva Baja Caducifolia | 6,386.43 | | |
| Vsa/BQ | Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino | 1,836.73 | Vsa/BQ | Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino | 1,836.73 | | |
| Vsa/MC | Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crassicaule | 183.55 | Vsa/MC | Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Crassicaule | 183.55 | | |
| Vsa/SBC | Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia | 911.86 | Vsa/SBC | Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia | 911.86 | | |
| Total | | 84,386.17 | Total | | 82,946.17 | 0.0 | 1,440.00 |

Fuente: Elaboración propia con datos de las Cartas de uso de suelo y vegetación serie V y serie VI de INEGI.

2. Emisiones de GEI para la categoría de AFOLU

A. Resultados para la subcategoría de Ganadería

1) Emisiones de Metano procedentes de la fermentación entérica y el manejo de estiércol.

En el municipio de Irapuato en 2019 se emitieron un total de 5.49 Gg de CH₄, lo que representa un total de 153.69 Gg de CO₂e aportada principalmente por el ganado porcino, bovino de leche y carne.

Tabla 28. Emisiones de metano procedentes de la fermentación entérica y el manejo de estiércol

| Ganado | FE (kg/cabeza año) | | Emisiones anuales Gg | | | % Emisiones de CO ₂ e |
|----------------------|------------------------------|------------------------|---|---|-------------------|--|
| | Fermenta ción entérica | Manejo de estiércol | CH ₄ Fermentación entérica | CH ₄ Manejo de estiércol | CO ₂ e | |
| Bovino-leche | 99.0 | 74.00 | 0.98 | 0.73 | 48.03 | 40.50% |
| Bovino-carne | 56.0 | 12.00 | 1.10 | 0.23 | 37.25 | 31.41% |
| Ovino | 5.0 | 0.15 | 0.08 | 0.00 | 2.34 | 1.97% |
| Caprino | 5.0 | 0.15 | 0.14 | 0.00 | 4.08 | 3.44% |
| Caballo | 18.0 | 1.64 | 0.05 | 0.00 | 1.45 | 1.22% |
| Mulas | 10.0 | 0.90 | 0.00 | 0.00 | 0.09 | 0.08% |
| Asnos | 10.0 | 0.90 | 0.01 | 0.00 | 0.32 | 0.27% |
| Porcino traspatio | 1.4 | 0.50 | 0.03 | 0.01 | 1.33 | 1.12% |
| Porcino comercial | 1.4 | 12.88 | 0.08 | 0.75 | 23.24 | 19.64% |
| Ave | - | 0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.38 | 0.32% |
| Total | | | 2.47 | 1.76 | 118.57 | 100% |

2) Emisiones de Óxido Nitroso procedentes de los sistemas de manejo de excretas de ganado.

La estimación de emisiones procedentes de los sistemas de manejo de excretas de ganado se realizó tomando los valores registrados por las directrices del IPCC, resultando que para el municipio de Irapuato durante el 2019 se emitieron en total 8.129 Gg de CO₂e, siendo el pastoreo el que tiene la mayor contribución con el 61.35% del total.

Tabla 29. Emisiones de óxido nitroso procedentes del manejo del estiércol.

| Sistema de manejo de estiércol | Emisiones anuales Gg | | % emisiones de CO ₂ e |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------------------------------|
| | N ₂ O | CO ₂ e | |
| Manejo líquido | 0.01 | 1.54 | 3.96% |
| Laguna de aireación | 0.01 | 1.85 | 4.75% |
| Corrales de engorda | 0.04 | 9.82 | 25.23% |
| Pastoreo | 0.08 | 22.72 | 58.38% |
| Rejilla (Granja) | 0.00 | 0.79 | 2.03% |
| Laguna aerobia (Granja) | 0.01 | 2.06 | 5.29% |
| Cama | 0.00 | 0.14 | 0.35% |
| Total | 0.15 | 38.91 | 100.00% |

B. Resultados para la subcategoría de agricultura

1) Emisiones procedentes de la quema de biomasa

Las emisiones estimadas por la quema de biomasa son las siguientes.

Tabla 30. Emisiones procedentes de la quema de biomasa, Irapuato 2019

| Fuente | Compuesto | Emisión Gg | Emisiones de CO ₂ e (Gg) | % emisiones de CO ₂ e |
|--|------------------|------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| Quema de biomasa en tierras forestales | CH ₄ | 0.43 | 11.98 | 80% |
| | CO | 16.34 | | |
| | N ₂ O | 0.01 | 2.94 | 20% |
| | NO _x | 0.26 | | |
| Total | | | 14.92 | 100% |

2) Emisiones procedentes de los suelos agrícolas

Las emisiones para esta subcategoría fueron un total de 97.61 Gg de CO₂e, donde las emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados aportan las mayores emisiones con 86.97 Gg, seguido de la aplicación de Urea con 5.66 Gg.

Tabla 31. Emisiones procedentes de los suelos agrícolas

| Actividad | Emisiones en Gg | | % emisiones de CO ₂ e |
|---|------------------|-------------------|----------------------------------|
| | N ₂ O | CO ₂ e | |
| Aplicación de Urea | | 5.66 | 6.95% |
| Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados | 0.24 | 64.33 | 79.03% |
| Emisiones indirectas de N ₂ O resultantes de la gestión de estiércol | 0.04 | 11.41 | 14.02% |
| Total | | 81.40 | 100% |

C. Resultados para la subcategoría de cambio de uso de suelo

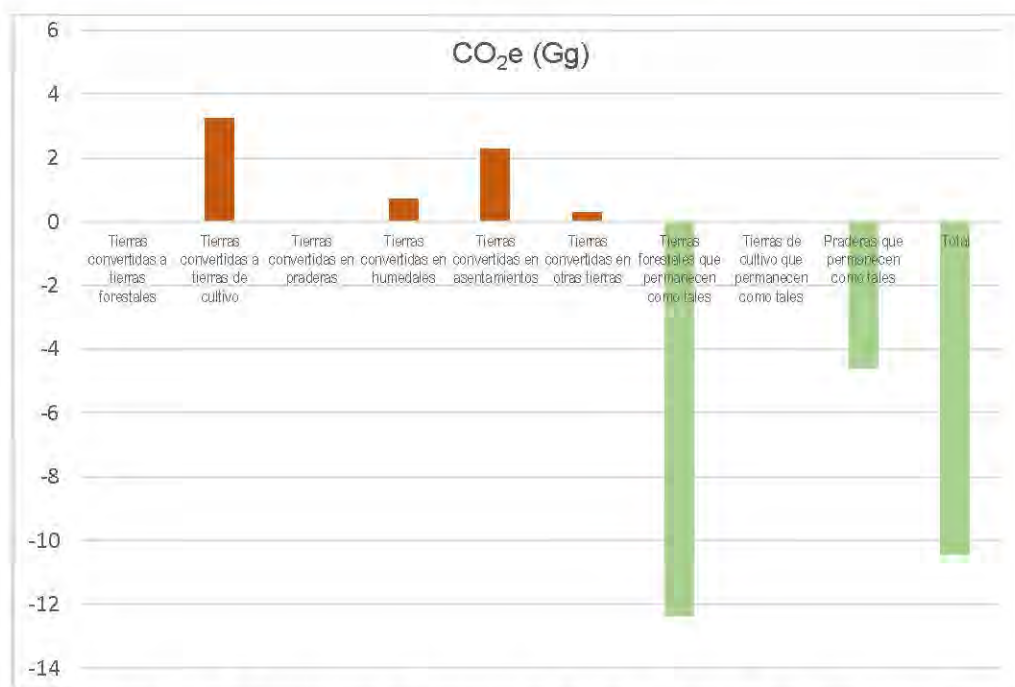
Del análisis realizado sobre cambios de uso de uso de suelo en el municipio de Irapuato para 2019, se observa una degradación de 1.7% con una conservación de 98.3%.

En la siguiente tabla se reportan las emisiones y absorciones (permanencias) de los siguientes tipos de usos de suelo: tierras forestales, tierras agrícolas, pastizales, asentamientos y otras tierras.

Tabla 32. Emisiones procedentes del cambio de uso de suelo.

| Categorías | CO ₂ e (Gg) |
|--|------------------------|
| Tierras convertidas a tierras forestales | 0 |
| Tierras convertidas a tierras de cultivo | 3.245 |
| Tierras convertidas en praderas | 0 |
| Tierras convertidas en humedales | 0.708 |
| Tierras convertidas en asentamientos | 2.277 |
| Tierras convertidas en otras tierras | 0.28 |
| Tierras forestales que permanecen como tales | -12.357 |
| Tierras de cultivo que permanecen como tales | 0 |
| Praderas que permanecen como tales | -4.584 |
| Total | -10.432 |

Los resultados de cambios de uso de suelo del municipio de Irapuato 2019, tuvo efecto de sumidero debido a la absorción de CO₂e, por parte principalmente por tierras forestales, ya sea que hayan sido conservadas o convertidas a tierras forestales, lo que contribuyó con la absorción de 16.94 Gg de CO₂e. En cuanto a la contribución de emisiones de CO₂e fue de 6.23 Gg de CO₂, por lo que el balance en esta categoría corresponde a una absorción de 10.43 Gg de CO₂.



Gráfica 16. Emisiones y absorciones de uso de suelo, Irapuato 2019.

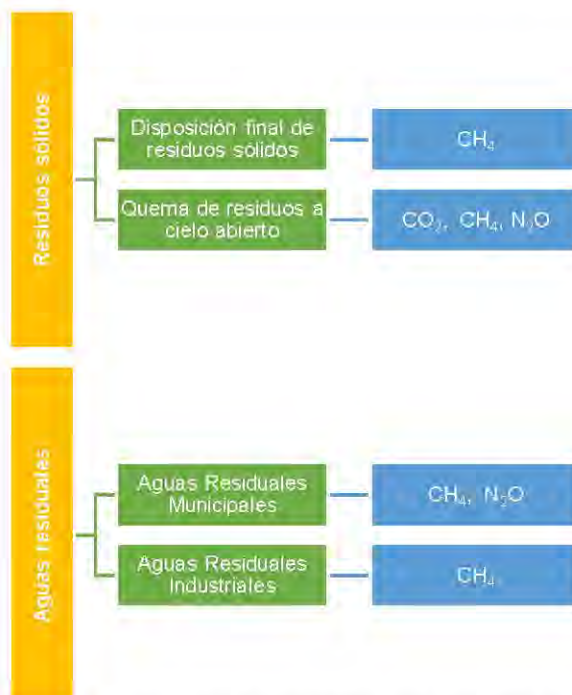
3. Incertidumbre asociada a la categoría de AFOLU

Tabla 33. Incertidumbre asociada a la categoría de AFOLU, Irapuato 2019.

| Categorías | Gg CO ₂ e | % incertidumbre |
|--------------|----------------------|-----------------|
| Agricultura | 96.32 | 14.28 |
| Ganadería | 156.68 | |
| Uso de suelo | -10.43 | |
| Total | 242.57 | |

VI.2.4 Desechos

Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas en esta categoría son el metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O), los que son emitidos por eliminación y tratamiento de residuos sólidos municipales, tratamiento y eliminación de aguas residuales, incineración de residuos peligrosos y quema de residuos a cielo abierto.



Gráfica 17. Subcategorías incluidas en la categoría de Desechos

1. Subcategorías evaluadas en la categoría de Desechos

A. Desechos sólidos

La disposición final de residuos sólidos, así como su tratamiento, generan emisiones de gas metano (CH_4) y producen también dióxido de carbono biogénico (CO_2) y óxido nitroso (N_2O).

Los datos para la estimación de esta categoría fueron proporcionados por la SMAOT y el municipio en relación de los lugares de disposición final de residuos, incluyendo el volumen total de captación de residuos. Adicionalmente se toman datos poblacionales de la CONAPO para el año 2019.

En cuanto a la caracterización de residuos, se consideró la proporcionada por la SMAOT, generada en el Programa Municipal para la Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial de Irapuato, Gto. (2013) bajo el supuesto de ser los mismos recolectados y depositados en los sitios.

Respecto de los residuos de manejo especial, se obtuvieron datos de los sitios de disposición final de este tipo de residuos, así como de las cantidades autorizadas por tipo de residuo.

Las emisiones de GEI para esta categoría recaen en la disponibilidad del carbono orgánico degradable presente en la materia orgánica de los residuos, que se destituyen lentamente y se convierten en CH_4 . Para la estimación se obtuvo la cantidad de residuos específicos del área, además de tener una clasificación propia de los mismos. Por otro lado, se pudieron hacer proyecciones con datos específicos del área, como lo fueron la generación per cápita de los residuos para años anteriores conforme a los lineamientos sugeridos en el inventario

Nacional. Los valores de la constante de generación de metano son específicos para el estado de Guanajuato, en el caso de la fracción disponible de carbono fue considerada la de las directrices del IPCC por defecto. El nivel de estimación alcanzado fue de 3.

B. Quema de residuos

Para este sector se contó con datos del municipio proporcionados por la dirección de Servicios Públicos Municipales de acuerdo con los reportes de quemas de 2019. Esta información se complementó con información estadística del INEGI, sobre el porcentaje de viviendas que queman basura en el municipio.

Tabla 34. Viviendas que queman residuos sólidos en Irapuato, 2019.

| Entidad federativa | Municipio | Viviendas particulares habitadas | Viviendas que queman residuos (%) | Viviendas que queman RSU |
|--------------------|-----------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Guanajuato | Irapuato | 137,907 | 5.05 | 6,964.30 |

Fuentes: Elaboración propia con datos de INEGI.

Conforme a la información recabada para esta subcategoría se considera nivel 2 de estimación, considerando que se contó con la caracterización específica de los residuos y sin embargo, la cantidad de residuos que se quema a cielo abierto está condicionada por el porcentaje de viviendas que lo hacen según lo reportado por INEGI, las fracciones de contenido de carbono y factores de oxidación son los obtenidos por defecto del IPCC.

C. Aguas residuales

Los contaminantes estimados en la actividad de recolección y tratamiento de aguas residuales son principalmente el metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), también se genera CO₂ sin embargo es biogénico y no se consideran parte de las directrices del IPCC, por lo que no se deben de reportar en el inventario.

El metano producido es debido a la descomposición anaeróbica de materia orgánica degradable, por lo que el dato de actividad debe de proporcionar el parámetro de DBO entrante y removida, así como el caudal tratado. Las emisiones de óxido nitroso están asociadas a la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales en urea, nitrato y proteínas, en este caso es preciso determinar el consumo de proteína per cápita.

Los datos obtenidos para esta categoría fueron los caudales de agua residual municipal proporcionados por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y por la Junta de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Irapuato (JAPAMI) por el que fue proporcionado el volumen de agua potable suministrado.

Tabla 35. Volumen de agua potable suministrada

| PTAR operando en 2019 | Caudal suministrado de agua potable (m ³) |
|-----------------------|---|
| Salida a Pueblo Nuevo | 24,997,423.22 |
| Primero de Mayo | 10,713,181.38 |
| Total | 35,710,604.59 |

Fuente: Elaboración propia con datos de JAPAMI.

La cantidad de agua residual doméstica no tratada se obtuvo del balance entre los volúmenes extraídos, potabilizados y distribuidos en el Área y el agua residual tratada. De esta agua también se obtuvieron emisiones, en cantidades menores a la DBO, debido no sólo al caudal generado sino al factor de emisión.

Conforme a la información obtenida para esta subcategoría y no obstante que las estimaciones hechas para las aguas residuales municipales cuentan con todos los parámetros necesarios y específicos para el municipio de Irapuato, el hecho de que el uso de factores de generación de DBO sean la estimación del inventario nacional de Gases ubican a esta categoría en un nivel 3 estimación.

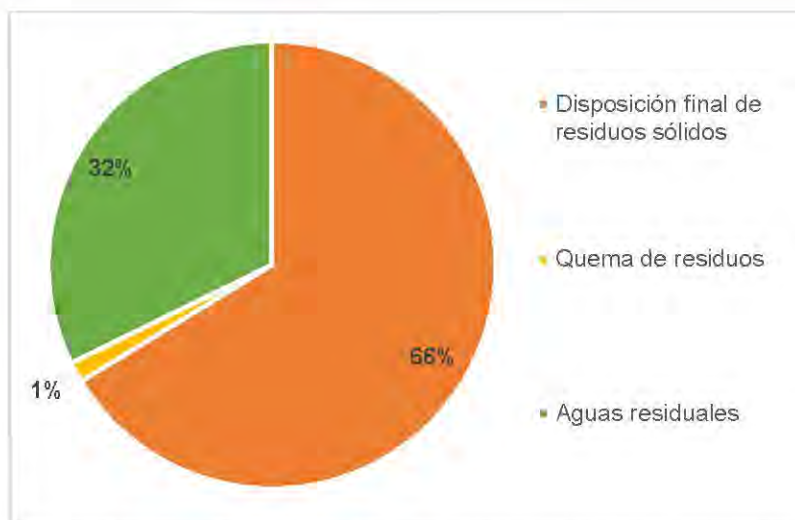
2. Emisiones de GEI para la categoría de Desechos.

Para el municipio de Irapuato durante 2019, las emisiones de GEI asociadas al manejo de desechos fue de 357.74 Gg de CO₂e.

Tabla 36. Emisiones por subcategoría del sector desechos.

| Categoría | Emisiones Gg | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ e |
| Disposición final de residuos sólidos | | 8.47 | | 237.11 |
| Quema de residuos | 3.24 | 2.06 | 0.00 | 5.30 |
| Aguas residuales | | 105.90 | 9.43 | 115.33 |
| Total | 3.24 | 108.22 | 9.43 | 357.74 |

Las emisiones por disposición final de residuos sólidos son las que tienen una mayor contribución en esta categoría representando el 66%, seguida de las aguas residuales con el 32% y quema de residuos con el 1%.



Gráfica 18. Contribución por subcategoría de CO₂e de la categoría de desechos, Irapuato 2019.

3. Incertidumbre asociada a la categoría de Desechos.

Tabla 37. Incertidumbre de la categoría de desechos.

| Categoría | Gg de CO ₂ e | % incertidumbre |
|---------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Disposición final de residuos sólidos | 237.11 | 98.62 |
| Quema de residuos | 5.30 | |
| Aguas residuales | 115.33 | |
| Total | 357.74 | |

VI.3 Emisiones per cápita

Tomando en cuenta las emisiones totales de CO₂e para el municipio de Irapuato, así como la población del municipio para el 2019, se muestran las emisiones generadas por habitante.

| Gg de CO ₂ e | No. Habitantes | Emisiones Per cápita (Ton) |
|-------------------------|----------------|----------------------------|
| 2,374.17 | 604,778 | 3.92 |

VI.4 Comparativa de la clasificación de emisiones del IPCC y del GPC

La metodología IPCC es la que permite tener una comparación a nivel global y con la cual se rigen los países, por ello, las estimaciones que se realicen a nivel internacional deben desarrollarse conforme a los lineamientos establecidos por el IPCC.

Sin embargo, para estudios locales a nivel ciudad, y con la finalidad de contar con información comparable a nivel internacional el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), el Grupo de Liderazgo Climático (C40) y los Gobiernos Locales por la Sustentabilidad (ICLEI), desarrollaron el Protocolo Global para los Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto

Invernadero a Escala Comunitaria (GPC), el cual se basa en las metodologías existentes para calcular y reportar las emisiones de GEI en toda la ciudad. Considerando no solo emisiones locales, sino regionales.

Este protocolo además fue creado con la finalidad de apoyar a las ciudades que inician con el desarrollo de inventarios, para contar con información que permita estimar sus emisiones comparadas con ciudades con un desarrollo y tamaño similar, a fin de contar con su línea base para mitigación de emisiones.

La metodología además, establece los requerimientos y provee una guía para el cálculo y reporte a escala ciudad de los inventarios de emisiones de GEI, ofreciendo a las ciudades y a los gobiernos locales una herramienta útil para un inventario base, aún y cuando no se tiene datos específicos, dado que ofrece un marco robusto, transparente y consistente para calcular y reportar las emisiones del GEI de la ciudad, considerando datos de ciudades similares en otras partes del mundo a fin de que se tenga una estimación de emisiones representativa.

Es importante precisar que la metodología del GPC también incluye la estimación de las emisiones indirectas generadas por el consumo de energía, la generación de emisiones indirectas por disposición de residuos y transporte no local entre otras, que se pueden considerar dependiendo de cada región. Cabe señalar que esta es una diferencia importante con la metodología del IPCC, usada para inventarios nacionales y estatales, la cual no incluye emisiones indirectas, solo emisiones generadas en la zona de estudio.

De acuerdo con el documento "Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a escala Comunitaria. Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades" publicado por el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), C40 y Gobiernos Locales para la Sustentabilidad (ICLEI) en 2014, la contabilidad y el reporte de las emisiones de GEI de una ciudad se basan en los principios anteriormente mencionados en el apartado de aseguramiento y control de calidad, con el fin de representar una contabilidad justa y real de las emisiones.

Una de las principales diferencias entre las metodologías IPCC y GPC, es la clasificación que se les da a los inventarios de acuerdo con los niveles o alcances de cada categoría. Mientras que en la metodología del IPCC los niveles denominados "Tier" se refieren a la precisión de las estimaciones conforme a la cantidad de información recabada y las metodologías de estimación utilizadas, para la metodología GPC los niveles por "Alcances" se refieren a las emisiones en función del lugar donde se producen.

A continuación, se describen ambos casos según la metodología.

VI.4.1 Niveles (Tiers) metodología IPCC

De acuerdo con las Directrices del IPCC, para un inventario se pueden manejar tres niveles (Tiers) de estimación de acuerdo con la calidad de los datos de actividad y los factores de emisión usados; estos niveles de estimación son los siguientes:

Tier 1: es el menos detallado, utiliza factores de emisión internacionales relacionados a información socioeconómica, generalmente con un amplio rango e incertidumbre elevada, e información de actividad general relacionada al sector que genera las emisiones. Los datos de actividad requeridos son tomados de las fuentes de información estadística nacionales o internacionales, como pueden ser los Censos Socioeconómicos y de Población, estadísticas del sistema de Naciones Unidas, los Balances Nacionales de Energía y los Anuarios Estadísticos de empresas como PEMEX y CFE.

Tier 2: están basados en métodos específicos como el balance de masa y factores de emisión nacionales y de proceso, para determinar la cantidad de emisiones.

Tier 3: es una evaluación rigurosa y específica de la fuente, tipo “de la base a la cúspide” (bottom-up), que requiere de inventarios detallados de la infraestructura y de factores de emisión específicos o determinación de emisiones en la fuente.

VI.4.2 Alcances metodología GPC

El GPC requiere que las ciudades reporten las emisiones de GEI por alcance y sector. Las actividades que se llevan a cabo dentro de una ciudad pueden generar emisiones de GEI tanto dentro como fuera de los límites de la ciudad. Para distinguirlos, el GPC agrupa las emisiones en tres categorías en función de dónde se producen para evitar el doble conteo: alcance 1, alcance 2 o alcance 3.

Alcance 1: Emisiones de GEI de fuentes localizadas dentro de los límites de la ciudad.

Alcance 2: Emisiones de GEI que ocurren como consecuencia del uso de electricidad suministrada en red, calor, vapor o frío dentro de los límites de la ciudad.

Alcance 3: Todas las otras emisiones de GEI que ocurren fuera de los límites de la ciudad como resultado de actividades que ocurren dentro de los límites de la ciudad.

VI.4.3 Sistema de Información y Reporte de Inventario de la Ciudad (CIRIS)

Conforme con C40 (2018), el Sistema de Información y Reporte de Inventario de la Ciudad (CIRIS) es una herramienta fácil de usar para gestionar los datos de inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad. Basada en la metodología GPC, permite el cálculo y reporte transparente de emisiones para todos los sectores. En este Sistema se incluyen cinco calculadoras para estimar las emisiones de fuentes que implican un desafío, como los residuos sólidos y las aguas residuales.

El uso de CIRIS considera cuatro pasos básicos:

1. **Configuración.** Definir los límites del inventario y se proporcione información básica de apoyo como la población y la superficie.
2. **Inventario.** El siguiente paso es registrar los datos de actividad. Utilizando los factores de emisión definidos en la configuración, las emisiones se calculan de acuerdo con el

marco del reporte del GPC. Energía estacionaria, transporte, y residuos deben completarse para un inventario BÁSICO. IPPU (Procesos Industriales y Uso de Productos) y AFOLU (Agricultura, Silvicultura y Cambios de Uso de Suelo) son sectores adicionales requeridos para un inventario BÁSICO +.

3. **Calculadoras.** CIRIS incluye cinco calculadoras para ayudar a las ciudades a estimar las emisiones para: pérdidas fugitivas de la distribución de gas, rellenos sanitarios, tratamiento biológico de residuos, incineración de residuos y aguas residuales. Los cálculos se basan en las Guías del IPCC y utilizan los factores por defecto del IPCC. Éstos únicamente deben utilizarse si no se dispone de dichos datos, o de lo contrario, para comparar los resultados estimados utilizando otra metodología.
4. **Resultados.** Presenta las emisiones de la ciudad de diferentes maneras y proporciona un resumen de las emisiones totales, desglosadas por (sub) sectores basados en los datos de actividad y los factores de emisión considerados.

Es importante mencionar que para el desarrollo del presente inventario no se usaron las calculadoras del CIRIS, debido a que el nivel y alcance de la precisión de las estimaciones fue mayor. Dado que, como se mencionó, las calculadoras del CIRIS deben ser utilizadas solo en caso de no contar con los datos necesarios o para comparar resultados.

Además, para las estimaciones de GEI realizadas en el presente inventario, los factores de emisión usados fueron específicos a nivel local, por lo que se tuvieron emisiones más precisas.

VI.4.4 Comparación de las estimaciones IPCC y GPC

Para realizar una comparación entre ambas metodologías se integró la tabla por alcances con el CIRIS con los resultados obtenidos con la metodología del IPCC que, como se mencionó anteriormente, sólo considera aquellas emisiones generadas dentro de la zona de estudio y que son comparables con el Alcance 1 del GPC. Además, se consideraron las emisiones indirectas (Alcance 2 y 3) por cada categoría, conforme a la información que se tenía disponible.

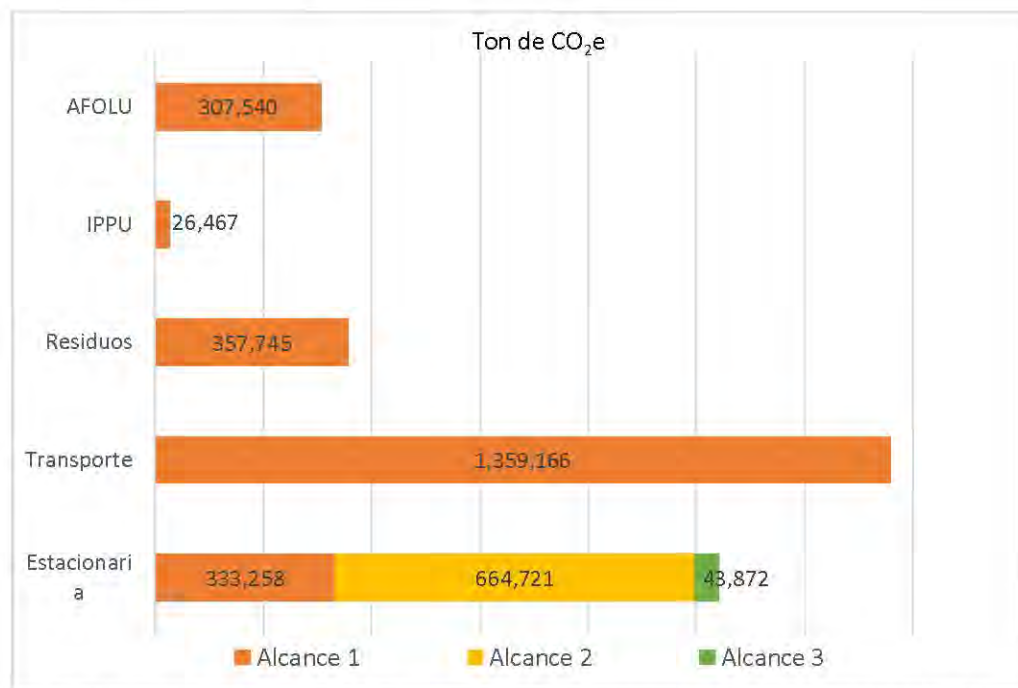
Las emisiones para las categorías de Transporte, IPPU, AFOLU y Residuos se consideraron como alcance 1, debido a que, en la categoría de Residuos todos los residuos que se generan tienen disposición final dentro del mismo municipio, en cuanto a las categorías de Transporte, IPPU y AFOLU no existen emisiones indirectas. Para la categoría de Energía Estacionaria se estimaron las emisiones indirectas (alcance 2), referentes a las emisiones producidas como consecuencia del consumo de energía, y la estimación alcance 3 para las emisiones por pérdidas de la distribución de energía.

Los resultados de las emisiones en toneladas de CO₂e conforme la estructura considerada el CIRIS se presenta en la tabla 38 y gráfica 19. Cabe mencionar que los valores en este caso se presentan números enteros.

| Emisiones Ton CO ₂ e | | | |
|---------------------------------|------------------|----------------|---------------|
| Básico + | Alcance 1 | Alcance 2 | Alcance 3 |
| Estacionaria | 333,258 | 664,721 | 43,872 |
| Transporte | 1,359,166 | - | - |
| Residuos | 357,745 | - | - |
| IPPU | 26,467 | - | - |
| AFOLU | 307,540 | - | - |
| Total | 2,384,176 | 664,721 | 43,872 |

Tabla 38. Resultados presentados conforme a la estructura del CIRIS
Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 38 y gráfica 19 el sector transporte es el que mayor aportación tuvo a las emisiones de gases GEI del municipio de Irapuato. Es de resaltar que debido a la desagregación que se tiene del sector transporte es más evidente su contribución que con la metodología del IPCC en la cual las emisiones de transporte se reportan como parte de la categoría de Energía.



Gráfica 19. Emisiones de CO₂e en ton de emisiones de GEI, metodología GPC
Fuente: elaboración propia

Conforme a los resultados del CIRIS, las emisiones per cápita son de 5.1 ton/hab y 3,634.2 ton/km².

VII. Conclusiones

Se logró una buena coordinación con el municipio por lo que se dio el seguimiento oportuno a la recopilación de información con las dependencias federales, estatales y municipales logrando obtener la información requerida para las estimaciones.

Se estimaron las categorías consideradas en el inventario nacional y estatal; integrando los datos de actividad, metodologías utilizadas, control y aseguramiento de calidad, alcanzando una buena certidumbre en los resultados.

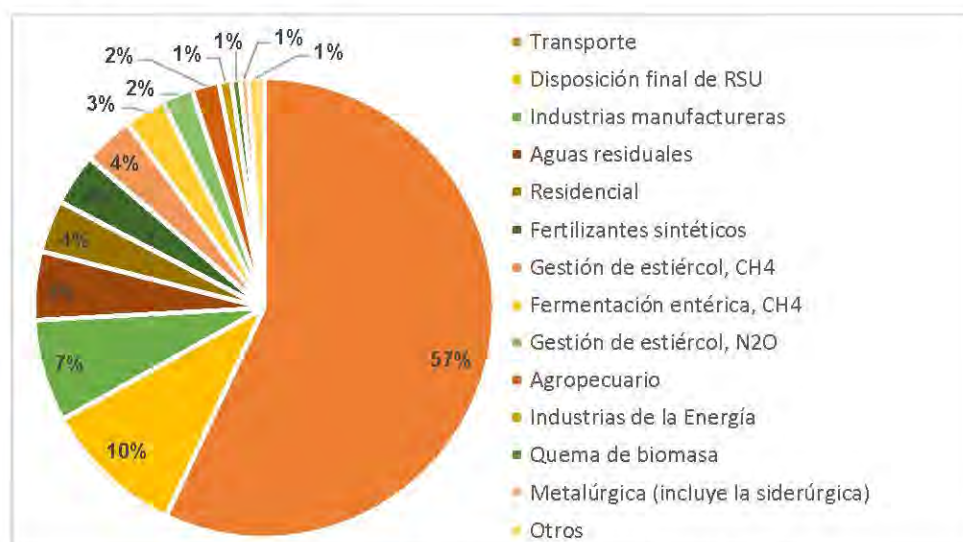
Conforme a los resultados obtenidos la categoría de energía es la que tiene la mayor aportación de CO₂e con el 80.55% del total. Se observa una ligera absorción en la categoría de AFOLU por los cambios de uso de suelo, que sirvieron como sumideros de carbono.

Como parte del análisis de resultados se realizó la identificación de las categorías principales que conforme a lo establecido en por el IPCC 2006, son las que por su estimación influye significativamente sobre el inventario total de gases de efecto invernadero en cuanto al nivel absoluto, la tendencia, o la incertidumbre de las emisiones.

Identificación de categorías principales

De acuerdo con los resultados observados para el municipio las categorías principales son las siguientes:

- Transporte con 57%
- Disposición final de RSU con 10%
- Industrias Manufactureras con 7%
- Aguas Residuales con 5%
- Residencial, fertilizantes sintéticos, gestión de estiércol y fermentación entérica cada una con 4%



Gráfica 20. Identificación de categorías principales.

VIII. Recomendaciones

Es importante impulsar la creación de sistemas de información que permitan actualizar de forma continua los datos de actividad requeridos para la estimación de emisiones principalmente en categorías prioritarias.

- Sector transporte, fortalecer la información de transporte local y transporte público a través de actualización periódica de registros y/o autorizaciones que permitan contar con información sobre características de unidades y actividad vehicular, como rutas de desplazamiento y cantidad de recorridos, entre otras. Impulsar la elaboración de estudios sobre movilidad en los cuales se recabe también esta información.
- Residuos, creación de sistemas que permitan obtener información continua sobre la generación y disposición final de residuos e impulsar su valorización.
- Industria manufacturera, fortalecer la coordinación con autoridades federales y estatales para identificar esquemas de registro y/o regulación que permitan contar con información de las empresas que operan en el municipio.
- Aguas residuales, sistematizar información para conocer con precisión el tipo de tratamiento, la cantidad de lodos generados.
- Producción agrícola y ganadera, impulsar la generación de información continua mediante sistemas de información que permita la precisión de la información sobre quemas agrícolas, fertilizantes y pesticidas usados, generación de excretas.

Para la generación de siguientes versiones de inventario, es importante cuidar la consistencia de la información y generar series históricas que permitan tener una evolución de las emisiones.

Es recomendable que, en la siguiente versión del inventario dentro del alcance, se considere como parte de la recopilación de información el juicio de expertos e impulsar proyectos locales que permitan tener información precisa a nivel municipal, con lo que se podrá reducir el error asociado a los datos de actividad sobre todo en categorías prioritarias, así como realizar el cálculo de la incertidumbre asociada a los datos de actividad.

Acrónimos

| | |
|----------|--|
| CADER | Cetros de Apoyo al Desarrollo Rural |
| CARB | California Air Resources Board |
| CENACE | Centro Nacional de Control de Energía |
| CFE | Comisión Federal de Electricidad |
| CONAFOR | Comisión Nacional Forestal |
| CONAPO | Consejo Nacional de Población |
| CONEVAL | Consejo Nacional de Evaluación de la Política del Desarrollo Social |
| CRE | Comisión Reguladora de Energía |
| DENUE | Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas Unidad de Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad |
| GITS | del Instituto de Geografía, UNAM |
| IMTA | Instituto Mexicano de Tecnología del Agua |
| INECC | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| INIFAP | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. |
| IPCC | Panel Intergubernamental del Cambio Climático Junta de Agua Potable, Drenaje, Alcantarillado y Saneamiento del |
| JAPAMI | Municipio de Irapuato. |
| PROFECO | Procuraduría Federal del Consumidor |
| SDAyR | Secretaría de Desarrollo Agroalimentario y Rural |
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| SENER | Secretaría de Energía |
| SIAP | Sistema de Información Agrícola y Pesquera |
| SICES | Secretaría de Innovación, Ciencia y Educación Superior de Guanajuato |
| SIE | Sistema de Información Energética |
| SMAOT | Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial |
| U.S. EPA | United States Environmental Protection Agency |
| UNAM | Universidad Autónoma Nacional |

Referencias

- Arias, T. 2008. "Biofuels assessment on Technical Opportunities and Research Needs for Latin America": Feedstock production in Latin America.
- CADER Irapuato, 2020. Información enviada vía correo electrónico
- CARB, 2003. Detailed Documentation for Fugitive Dust and Ammonia Emission Inventory Changes for the SJVU APCD Particulate Matter SIP. California Air Resources Board: Planning & Technical Support Division.
- CENACE. 2020. Estimación de Pérdidas Reales. Redes Generales de Distribución 2019. Recuperado de:
<https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Reportes/EstimacionPerdidasReales.aspx>
- CFE, 2020. Unidad de transparencia. Respuesta a solicitud de acceso a la información Ref. UT/SAIP/3337/20.
- CONAGUA, 2020. Comisión Nacional del Agua. Información obtenida en respuesta a la solicitud de la PNT, folio 1610100233520
- CONAPO, 2020. Consejo Nacional de Población. Proyecciones 2016-2050.
<https://datos.gob.mx/busca/dataset/proyecciones-de-la-poblacion-de-mexico-y-de-las-entidades-federativas-2016-2050>
- CONEVAL, 2015. Informe de la pobreza en los municipios de México 2015.
- CRE, 2013. RES/094/2013. Recuperado de:
<https://drive.cre.gob.mx/Drive/ObtenerResolucion/?id=MzU5NTQ3NWVtODhiMi00ZjZmLTc1MDAtODM3ZTkzYjkxYzIx>
- CRE, 2016. NOM-016-CRE-2016
- CRE. 2020. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2019. Recuperado de:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538473/Factor_emision_electrico_2019.pdf
- Diario Oficial de la Federación, 2015. ACUERDO que establece las particularidades técnicas y las fórmulas para la aplicación de metodologías para el cálculo de emisiones de gases o compuestos de efecto invernadero. Recuperado de:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5406149&fecha=03/09/2015
- EPA, 2011. Air Emissions Inventory Improvement Program (EIIP).
- GITS-UNAM, 2020. Unidad de Geotecnología en Infraestructura, Transporte y Sustentabilidad del Instituto de Geografía, UNAM. Infraestructura de Datos Espaciales Abiertos (IDEA). Recuperado de:
<https://www.gits.igg.unam.mx/idea/descarga>
- Gobierno del Estado de Guanajuato, 2008. Hacia una estrategia Estatal de Cambio Climático en Guanajuato.
- GREENPEACE, 2010. México ante el cambio climático. Evidencias, impactos, vulnerabilidad y adaptación. México, D.F., México, 70 págs. Recuperado de:
<https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/01/173a95d4-vulnerabilidad-mexico-cambio-climatico.pdf>

- H. Ayuntamiento de Irapuato, 2016. Programa de Gobierno Municipal 2015-2018. Irapuato, Gto., México, Págs.120. Recuperado de: http://www.irapuato.gob.mx/transparencia/files/a_gen/PGM_2015-2018.pdf
- H. Municipio de Irapuato, 2020. Dirección de Servicios Municipales de Irapuato. Oficio DLYAP/3951/2020
- H. Municipio de Irapuato, 2020. Rastro Municipal. Ganado sacrificado en 2019.
- IMTA, INE y SEMARNAT, 2013. Estudio de políticas, medidas e instrumentos para la mitigación de gases de efecto invernadero en el sector aguas residuales en México TC1241.3. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/documentos/estudio-de-politicas-medidas-e-instrumentos-para-la-mitigacion-de-gases-de-efecto-invernadero-en-el-sector-aguas-residuales-en-mexico>
- INEC, 2015. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI. Anexo E; tabla 1
- INECC, 2005. Instituto Nacional de Ecología. Aspectos Metodológicos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero INEGIE 2002. Apartado 2.2.1 Requerimientos de transparencia, descripción de metodologías y determinación de Tiers. Pag. 15. Recuperado de: http://www2.inecc.gob.mx/descargas/cclimatico/aspectos_metod_inegei02.pdf
- INECC, 2014. Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México.
- INECC, 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI. Anexo E. Tabla 6. Recuperado de: <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/226>
- INECC. 2018. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Recuperado de: <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/226>
- INEGI, 2017. Anuario Estadístico y Geográfico de Guanajuato. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825092146>
- INEGI, 2015. Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie V de INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- INEGI, 2015. Tabulados de la Encuesta Intercensal. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/>
- INEGI, 2017. Carta de Uso de Suelo y Vegetación serie VI de INEGI. Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/temas/usosuelo/>
- INEGI, 2018. Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato 2017. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/biblioteca>
- INEGI, 2018. Encuesta Nacional de los Hogares (ENH) 2017. Tabulados básicos.
- INEGI, 2019. Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa. Recuperado de: http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/AEGPEF_2019/702825192242.pdf
- INEGI, 2019. Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH 2018). Tabulados de hogares y viviendas. Viviendas por Entidad Federativa, según combustible más utilizado para cocinar.
- INEGI. 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007. Número y superficie total de unidades de producción según desarrollen o no actividad agropecuaria o forestal

- por entidad y municipio. Recuperado de:
<https://www.inegi.org.mx/programas/cagf/2007/>
- INEGI. 2016. Actualización del marco censal agropecuario 2016. Número de terrenos y superficie total principalmente con actividad agrícola según tipo de agricultura por entidad federativa y municipio. Recuperado de:
<https://www.inegi.org.mx/programas/amca/2016/>
 - INEGI-Censos poblacionales INEGI. Recuperado de:
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/#Tabulados>
 - INEGI, 2020. Censo de Población y Vivienda 2020. Tabulados de las viviendas. Recuperado de: <https://inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
 - INEGI-DENUE, 2020. Número de establecimientos con clave: 31-33 (Industrias Manufactureras). Descarga masiva Guanajuato. Recuperado de:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/masiva/denue/2020_04/denue_11_0420_csv.zip
 - INIFAP, 2017. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Agenda Técnica Agrícola Guanajuato. Recuperado de:
https://www.academia.edu/38697003/Agenda_T%C3%A9cnica_Guanajuato_OK
 - Instituto de Ecología, 2012. Plan de Acción Climática Municipal.
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 4 AFOLU. Capítulo 11 Tabla 11.1
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 4 AFOLU. Capítulo 11 Tabla 11.13
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 4 AFOLU. Capítulo 11 Tabla 11.3
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 4 AFOLU. Capítulo 2: Metodología Genéricas
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 4. AFOLU. Capítulo 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol.
 - IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Vol. 5 Desechos, Cuadros 2.4 y 2.15
 - IPCC, 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs. Recuperado de:
<https://archive.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
 - IPCC, 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>
 - JAPAMI, 2020. Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Irapuato. Información enviada vía correo electrónico.
 - Martínez, M., 2020. Punto y aparte radio. Superan meta de reforestar Irapuato, plantando más de 12 mil árboles. Recuperado de:

<https://puntoyaparteradio.com.mx/superan-meta-de-reforestar-irapuato-plantando-mas-de-12-mil-arboles/>

- Periódico oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2012. Decreto Gubernativo Número 248, Cuarta Parte. <https://app.ecologiagto.mx/servicios/archivo.php?id=23>
- Presidencia Municipal Irapuato, Gto., 2013. Plan Municipal de Desarrollo 2013-2040. Recuperado de: <http://www.implanirapuato.gob.mx/index.html>
- Presidencia Municipal Irapuato, Gto., 2014. Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial (PMDUOET). Recuperado de: <http://www.implanirapuato.gob.mx/index.html>
- Presidencia Municipal Irapuato, Gto., 2018. Programa de Gobierno Municipal 2018-2021. Recuperado de: <http://www.implanirapuato.gob.mx/index.html>
- Profeco, 2015. Revista del consumidor, abril. "Estudio de calidad de los pañales". Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100350/RC458_Estudios_Calidad_de_Paales_Desechables.pdf
- SAGARPA-SIAP, 2007. SISPRO-SECOPPA. Seguimiento de Costos de Producción Pecuaria y Agrícola por Sistema-Producto. <http://www.campomexicano.gob.mx/viocs/acceso.php>
- Santiago-De la Rosa, N., et. Al. 2017. "Emission factors from different burning stages of agriculture wastes in México".
- SDAYR, 2020. Respuesta a la solicitud de la PNT folio 02407820. Información del Comité Estatal para el Fomento y Protección Pecuaria del Estado de Gto. A. C.
- Secretaría de Bienestar, 2019. Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social. Recuperado de: https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2019_BIENESTAR_Informe_anual_situacion_pobreza_rezago_social_irapuato.pdf
- SEMARNAT, 2020. "Diagnóstico básico para la Gestión Integral de los Residuos". Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- SENER, 2018. Balance Nacional de Energía. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sener/documentos/balance-nacional-de-energia-2018>
- SIAP, 2020. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap>
- SICES, 2017. Balance de energía del estado de Guanajuato. Recuperado de: https://sices.guanajuato.gob.mx/resources/balance_2017_v3-3.pdf
- SICES, 2017. Balance de energía del estado de Guanajuato. Reporte técnico. Tabla 5.15 Consumo de combustibles en Guanajuato al año 2017. Pág. 60. Recuperado de: https://sices.guanajuato.gob.mx/resources/balance_2017_v3-3.pdf
- SIE, 2020. Demanda Interna de Diesel por Estado, Sector Industrial. Recuperado de: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>
- SIE, 2020. Demanda Interna de Gas Natural por Estado, Sector Industrial y autogeneración de Electricidad. Recuperado de: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>
- SIE, 2020. IMP: Demanda interna de Gas Natural por Estado Sectores Residencial, Servicios y Autotransporte 2019.

- SIE, 2020. Instituto Mexicano del Petróleo IMP: Demanda Interna de Gas LP por Estado 2019. Recuperado de:
http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cveca=VIGLP_PSP
- SIE, 2020. Volumen de ventas internas de Petrolíferos por entidad federativa 2019. Petróleos Mexicanos. Recuperado de:
<http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&subAction=applyOptions>
- SIE. Demanda Interna de Diesel por Estado, Sector Transporte Ferroviario 2018. Fuente: IMP, con base en información de INEGI, Pemex, SENER y STC.
- SMAOT, Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio y Precursores del Estado de Guanajuato, Actualización 2017. Recuperado de:
<https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/calidad-del-aire/4/Inventario-de-Emisiones-de-Contaminantes-Criterio>
- SMAOT, 2020. Respuesta a la solicitud PNT, folio 02284320
- U.S. EPA, 2000. Factor Information Retrieval (FIRE) Data System. version 6.23.
- U.S. EPA, 2010. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990 – 2008. Recuperado de: <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2008>
- Valdez, I., et. Al. 2010. "Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in México". Recuperado de:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032110000961>