



**INVENTARIO DE GASES Y COMPUESTOS DE
EFECTO INVERNADERO DEL MUNICIPIO DE
LEÓN, GUANAJUATO Y SU ZONA
METROPOLITANA**

2017

Resumen Ejecutivo





CENTRO MARIO MOLINA PARA ESTUDIOS ESTRATÉGICOS
SOBRE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE A.C.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

El Centro Mario Molina agradece a los siguientes expertos e instituciones, su asesoría, tiempo y experiencia en la elaboración de este estudio: **H. Ayuntamiento de Silao de la Victoria** a través de la Dirección de Ecología, el Instituto Municipal de Planeación Urbana de Silao (IMPLUS), el Departamento de Manejo Integral de Residuos (LIMPIA), y el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Silao (SAPAS); así como al **H. Ayuntamiento de Purísima del Rincón** mediante la colaboración de la Dirección de Ecología, del Sistema de Agua Potable de Purísima del Rincón (SAPAP), y de la Dirección de Planeación; y del **H. Ayuntamiento de San Francisco del Rincón**, mediante la Dirección de Medio Ambiente y Ecología, la Dirección de Servicios Públicos Municipales, el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), y el Sistema y Agua Potable y Alcantarillado de San Francisco (SAPAF); así como al Gobierno del Estado de Guanajuato a través de la Unidad de Transparencia y Archivos del Poder Ejecutivo, de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural y de la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial.

Marzo de 2020.

Prolongación Paseo de los Laureles 458 Despacho 406,
Col. Bosques de las Lomas, Cuajimalpa, C.P. 05120, México, CDMX.
Teléfonos: (52 55) 91 77 16 7

ÍNDICE

I	Introducción.....	4
II	Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	6
II.1	Tendencias de las emisiones de GEI 2010-2017	12
II.2	Comparativo de emisiones con el Inventario 2013	13
III	Emisiones de carbono negro (CN).....	15
III.1	Tendencias de las emisiones de GEI 2010-2017	15
III.2	Comparativo de emisiones con el Inventario 2013	16
IV	Comparativo de GyCEI entre el Municipio de León y su Zona Metropolitana	17
V	Conclusiones y recomendaciones.....	18
VI	Glosario y acrónimos	20
VII	Referencias	21

I Introducción

Para lograr la disminución de las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero, y que los municipios y estados del país sean capaces de adoptar acciones de mitigación efectivas y benéficas en términos económicos y ambientales, es necesario cuantificar dichas emisiones a través del desarrollo de un Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (IEGYCEI). Lo anterior, no solo permite la identificación de actividades específicas para dirigir los esfuerzos de mitigación, además establecer metas de cumplimiento en la gestión pública y social de este objetivo global (INECC, 2019a). Igualmente, el IEGYCEI es la base para el desarrollo de indicadores de seguimiento al cumplimiento de metas, dentro del marco de los compromisos que estableció México, responsabilidad que comparten todos los niveles de gobierno.

En este sentido, el Gobierno Municipal de León Guanajuato desarrolló y publicó su Programa de Acción Climática 2015, en el cual se contempló el primer Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. El municipio asume su responsabilidad ambiental y los compromisos nacionales en materia de cambio climático, el Municipio de León presenta, a través de este documento, la actualización del Inventario Municipal de Emisiones, año base 2017.

El objetivo general de este documento consistió en la actualización del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del Municipio de León Guanajuato, empleando como año base el 2017.

Se llama GEI a los gases que atrapan el calor en la atmósfera, sin su presencia, la temperatura promedio de la superficie terrestre sería alrededor de -18°C , en lugar de la media actual de 15°C , por lo que son fundamentales para la vida (Ma, 1988). No obstante, con el crecimiento y desarrollo de la sociedad, particularmente a partir de 1900 con la aparición y aumento de la industria y el transporte, se incrementaron exponencialmente las emisiones de GEI, que tienen consecuencias sobre el cambio climático.

Un inventario de emisiones de GEI es una herramienta 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, 2019b).

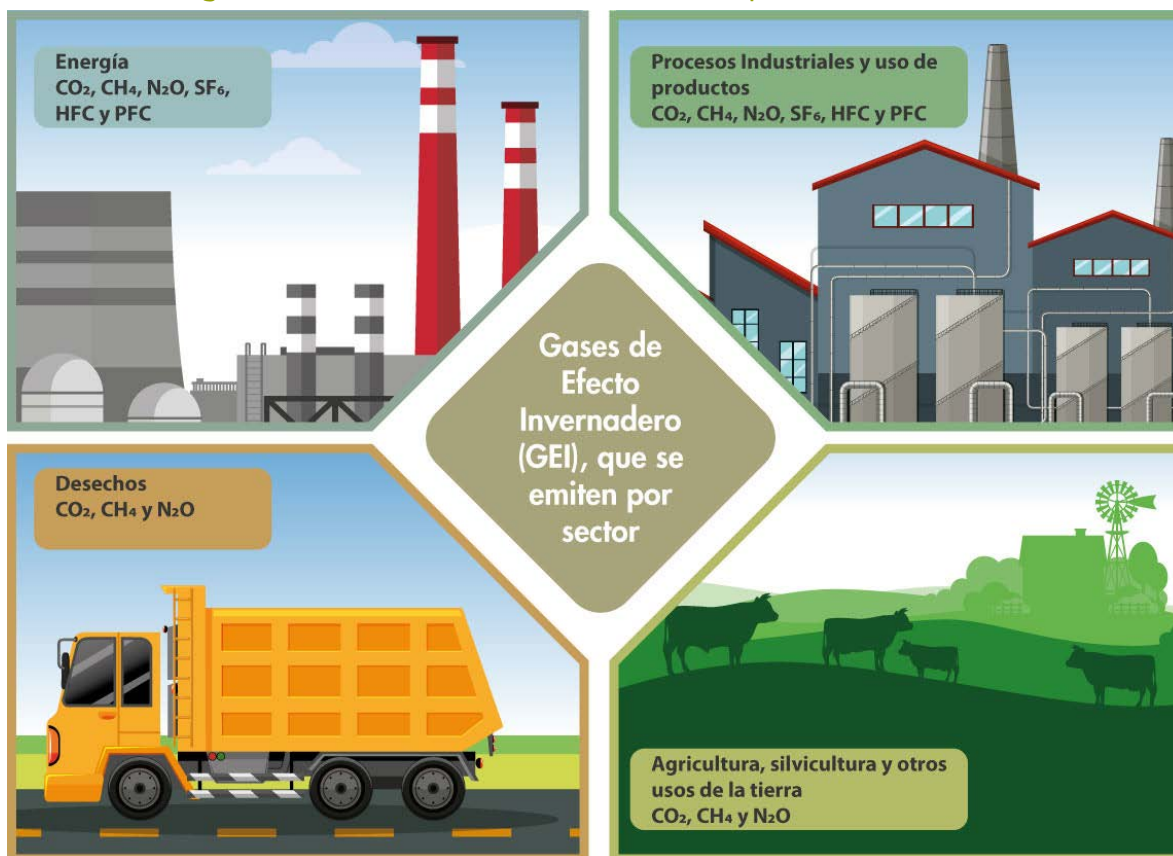
El cálculo de emisiones se realizó con base en las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero publicadas en 2006, asimismo se revisó la actualización realizada a las mismas en 2019. El IPCC considera los siguientes sectores para los cuales se contabilizan las emisiones y las absorciones de GEI:

- **Sector energía:** Se refiere a la quema de combustibles fósiles (gasolina, diesel, gas LP, gas natural, combustóleo, petróleo, etcétera) y biomasa (madera, residuos agrícolas, desechos, etcétera) durante el proceso de producción de energía (electricidad y calor) en termoeléctricas, hornos, calderas, estufas, transporte, entre otros.
- **Sector procesos industriales y uso de productos,** con siglas en inglés IPPU: Contabiliza los GEI que se generan durante la fabricación de ciertos productos industriales, por ejemplo el vidrio, gases refrigerantes o la producción de vehículos.

- **Sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra**, con siglas en inglés AFOLU: Son los GEI generados por la aplicación de fertilizantes en la agricultura, así como los generados por la ganadería debido a los procesos biológicos naturales de los animales (eructos y heces).
- **Sector residuos**: Se calculan las emisiones de GEI que genera el tratamiento y eliminación de aguas residuales, así como el tratamiento, eliminación e incineración de residuos (INECC, 2019b).

En la Figura I.1 se presentan los cuatro grandes sectores en los cuales se clasifican las emisiones y absorciones de GEI de un inventario de emisiones, así como el tipo de gas emitido.

Figura I.1. Gases de efecto invernadero emitidos por sector de actividad



Nota: CO_2 (Dióxido de carbono), CH_4 (Metano), N_2O (Óxido nítrico), HFC (Hidrofluorocarburos) y PFC (Perfluorocarbono), SF_6 (Hexafluoruro de azufre). Fuente: (INECC, 2019b).

En consideración a la complejidad de las dinámicas urbanas que no distinguen límites político-administrativos en el desarrollo de las actividades económicas e interacciones sociales de su población, el IEGYCEI que aquí se presenta incluye la cuantificación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para el Municipio de León y su Zona Metropolitana (San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Silao de la Victoria). Por lo anterior, agradecemos a las autoridades y funcionarios de los Ayuntamientos de estos municipios por su colaboración para la consulta de información que permitió la compilación de un inventario con perspectiva metropolitana.

II Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los GEI más comunes en la atmósfera son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el vapor de agua (H_2O), los gases refrigerantes como el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (CFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

Las emisiones de GEI del municipio de León se estimaron en 2'673,085.20 toneladas (t) de CO_2e [$\pm 5.3\%$]¹ en 2017, esta cifra no considera la categoría [3B] Tierra que registra un balance negativo de emisiones de -19,607.12 tCO_2e [$\pm 113.2\%$]. Esto es así, porque la absorción de CO_2 realizada por los sumideros de carbono como los bosques y otras áreas forestales a través de la fotosíntesis, es superior a las emisiones de GEI de la categoría [3B] Tierra. Si se consideran tanto las emisiones como las absorciones, se obtienen las emisiones netas, que se contabilizaron en 2'653,478.07 tCO_2e [$\pm 5.4\%$], (Figura II.1).

Cabe señalar que si se consideran las emisiones indirectas, por consumo de energía eléctrica, las emisiones estimadas de GEI se elevan a 4'154,198.72 tCO_2e para 2017.

El sector [1] Energía aportó 78.6% de las emisiones totales (2'102,201.80 tCO_2e) [$\pm 5.1\%$], seguido del sector [4] Residuos con el 11.0% (291,807.64 tCO_2e) [$\pm 18.2\%$], en tanto que el sector [3] AFOLU contribuyó con 9.0% (240,068.27 tCO_2e) [$\pm 34.4\%$], y el sector [2] Procesos industriales y uso de productos generó 1.4% de las emisiones (39,007.49 tCO_2e) [$\pm 24.4\%$], (Figura II.2).

La principal fuente de emisiones de GEI es la subcategoría [1A3] Transporte, con el 73.7% de las emisiones de GEI (1'969,676.63 tCO_2e) [$\pm 5.4\%$]. Los resultados desglosados por nivel se presentan en la Tabla II.1.

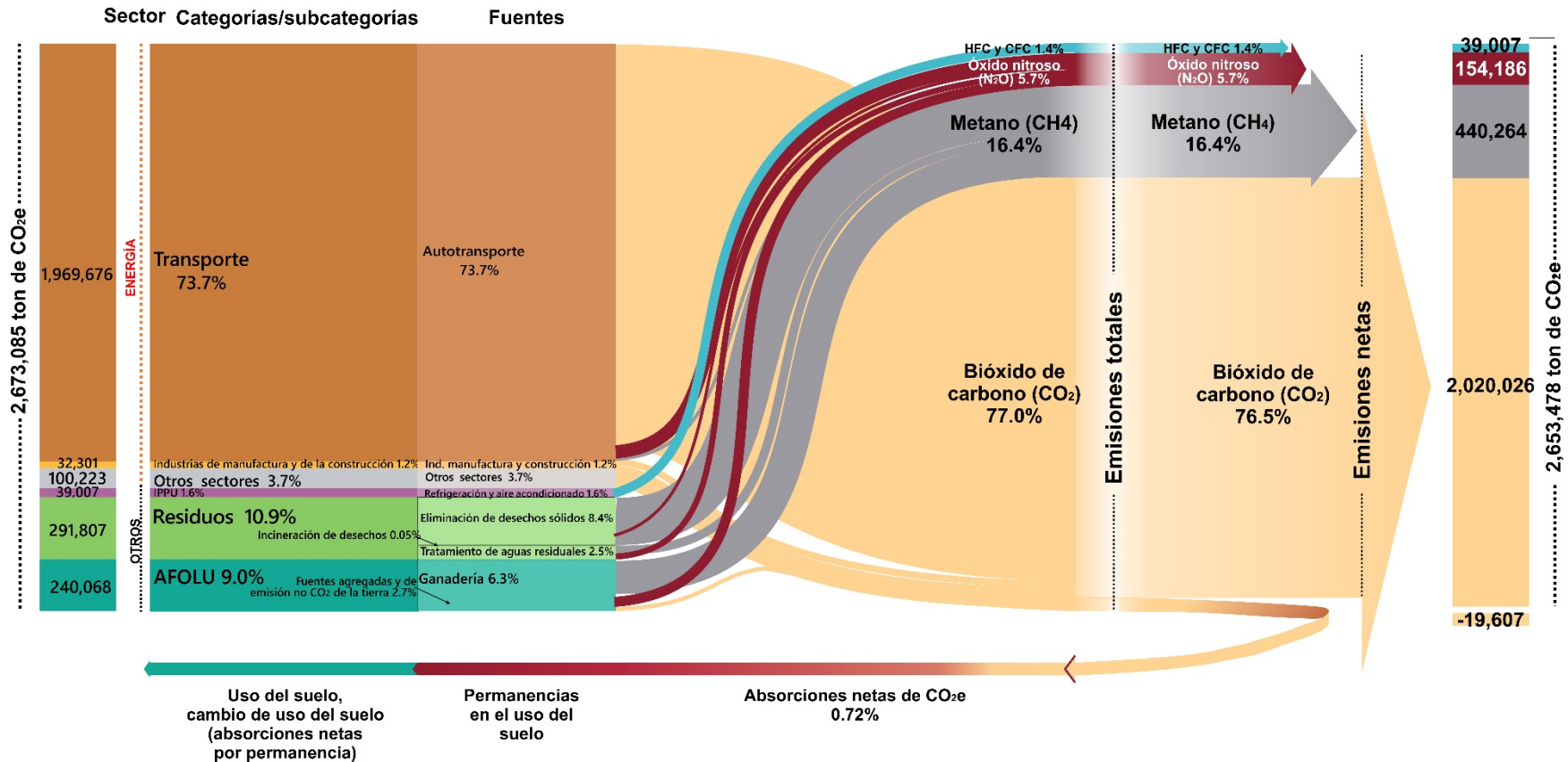
Por tipo de gas de efecto invernadero, las emisiones de CO_2 fueron predominantes con el 76.3% de las emisiones totales (2'039,631.22 tCO_2e), seguidas de las emisiones de CH_4 con 16.5% (440,264.84 tCO_2e), las de N_2O en tercer lugar con 5.8% (154,181.64 tCO_2e) y finalmente las emisiones de HFC con 1.4% (39,007.49 tCO_2e).

Adicionalmente, en este Inventario se reportan, pero no se contabilizan de acuerdo a las Directrices del IPCC, las emisiones de GEI derivadas de la quema de biogás, que consideran dos fuentes de emisión: el metano emitido por las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y metano generado y capturado para la generación de energía eléctrica que realiza el Relleno Sanitario "CTR El Verde". Igualmente, las emisiones por quema de biogás se reportan en 15,885.02 tCO_2e . Por otro lado, las emisiones derivadas de la quema de biomasa derivada de residuos agrícolas o incendios se contabilizaron en 1,559.64 tCO_2e .

¹ Las cifras en corchetes indican el cálculo de la incertidumbre en la cuantificación de las emisiones. La incertidumbre es el intervalo en donde se encuentra el valor real de las emisiones calculadas.

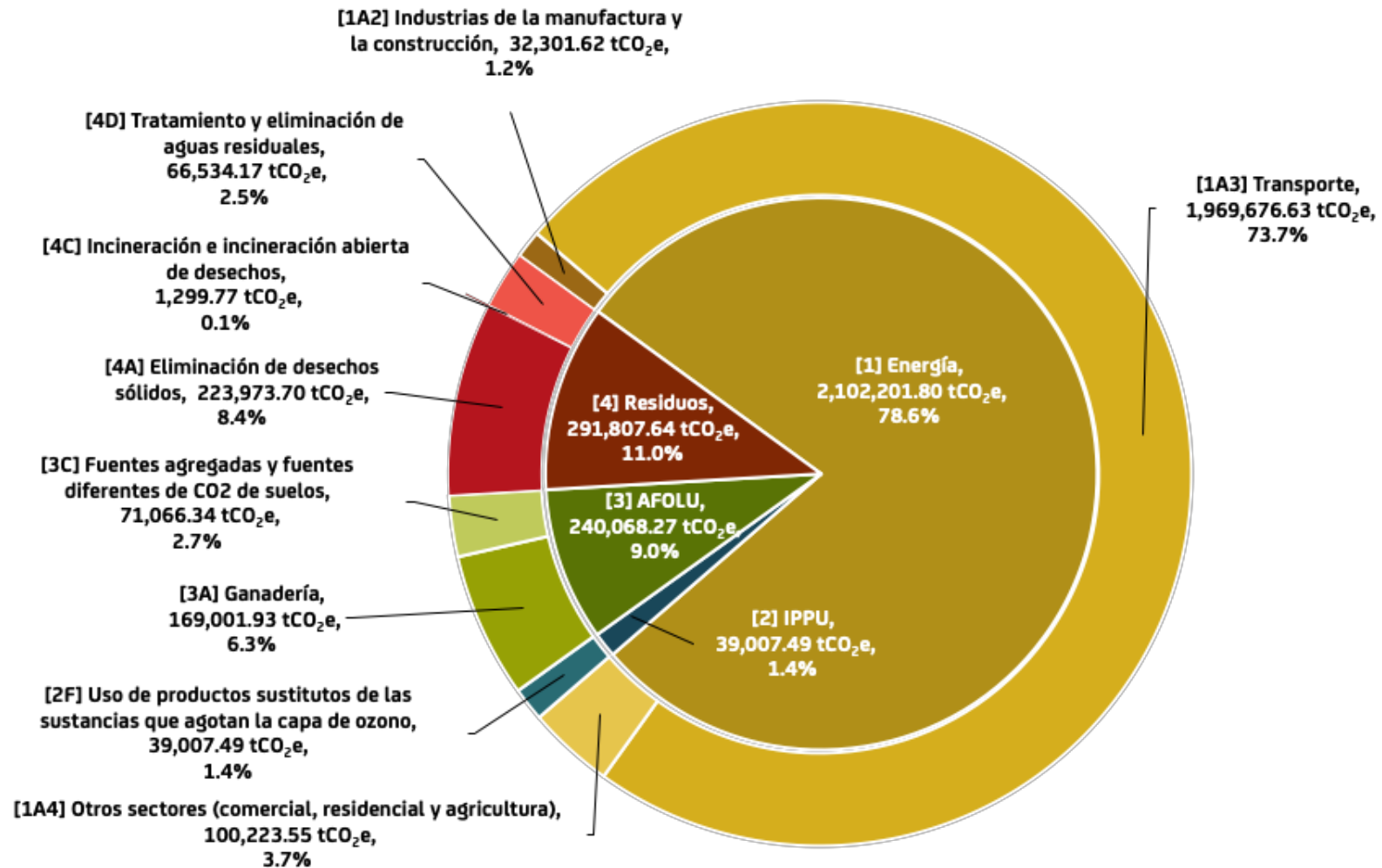
Figura II.1 Inventario de Emisiones de GEI del Municipio de León, 2017

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Municipio de León Gto. 2017



Nota: La suma de los parciales puede no coincidir con los totales debido al redondeo de las cifras. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Figura II.2. Emisiones de GEI por sector municipio de León, 2017



Nota: La gráfica presenta las emisiones de GEI cuantificadas para el municipio de León sin la categoría [3B] Tierra a nivel sector (círculo interno), y a nivel categoría y subcategoría principales (anillo exterior). Cada nivel suma la totalidad de las emisiones estimadas, y la tonalidad de color identifica las emisiones de cada categoría y subcategoría con el sector al que pertenecen.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla II.1. Emisiones y absorciones de GEI por nivel para el municipio de León, 2017

Código IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones sin [3B] Tierra	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	HFC	Nivel de precisión	Incertidumbre	Contribución porcentual
				tCO ₂ e						
TOTAL EMISIONES / ABSORCIONES		2,653,478.07	2,673,085.20	440,264.84	154,181.64	2,039,631.22	39,007.49	1 y 2	5.3	100.0
1	ENERGÍA	2,102,201.80	2,102,201.80	16,509.60	47,042.65	2,038,649.55	0.00	1 y 2	5.1	78.6
1A	Actividades de quema del combustible	2,102,201.80	2,102,201.80	16,509.60	47,042.65	2,038,649.55	0.00	1 y 2	5.1	78.6
1A2	Industrias de la manufactura y la construcción	32,301.62	32,301.62	20.91	29.69	32,251.01	0.00	1 y 2	3.6	1.2
1A3	Transporte	1,969,676.63	1,969,676.63	16,270.52	46,971.25	1,906,434.86	0.00	1 y 2	5.4	73.7
1A3b	Transporte terrestre	1,969,676.63	1,969,676.63	16,270.52	46,971.25	1,906,434.86	0.00	1 y 2	5.4	73.7
1A4	Otros sectores	100,223.55	100,223.55	218.16	41.71	99,963.68	0.00	1 y 2	9.1	3.7
1A4a	Comercial / Institucional	5,892.05	5,892.05	14.85	3.22	5,873.99	0.00	1 y 2	8.9	0.2
1A4b y 1A4c	Residencial y Agricultura/Silvicultura/ pesca/Piscifactorías	94,331.50	94,331.50	203.32	38.49	94,089.69	0.00	1 y 2	9.6	3.5
2	IPPU	39,007.49	39,007.49	0.00	0.00	0.0	39,007.49	1	24.4	1.4
2F	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	39,007.49	39,007.49	0.00	0.00	0.00	39,007.49	1	24.4	1.4
2F1	Refrigeración y aire acondicionado estacionario	39,007.49	39,007.49	0.00	0.00	0.00	39,007.49	1	24.4	1.5
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado estacionario (sector doméstico)	7,971.72	7,971.72	0.00	0.00	0.00	7,971.72	1	21.3	0.3

Código IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones sin [3B] Tierra	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	HFC	Nivel de precisión	Incertidumbre	Contribución porcentual
				tCO ₂ e						
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado estacionario (edificaciones no residenciales)	31,035.77	31,035.77	0.00	0.00	0.00	31,035.77	1	30.2	1.1
3	AFOLU	220,461.15	240,068.27	157,684.94	82,383.33	0.00	0.00	1 y 2	33.1	9.0
3A	Ganadería	169,001.93	169,001.93	157,684.94	11,316.99	0.00	0.00	1	41.3	6.3
3A1	Fermentación entérica	154,776.85	154,776.85	154,776.85	0.00	0.00	0.00	1	44.7	5.8
3A2	Manejo de excretas	14,225.08	14,225.08	2,908.09	11,316.99	0.00	0.00	1	62.2	0.5
3B	Tierras	-19,607.12		0.00	0.00	-19,607.12	0.00	1 y 2	113.2	
3B1	Tierras forestales	-32,974.11		0.00	0.00	-32,974.11	0.00	2	56.85	
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal	-32,759.52		0.00	0.00	-32,759.52	0.00	2	56.85	
3B1b	Tierras convertidas a tierras forestales	-214.59		0.00	0.00	-214.59	0.00	2	0.26	
3B2	Tierras de cultivo	19,505.96		0.00	0.00	19,505.96	0.00	1 y 2	46.54	
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tal	19,701.70		0.00	0.00	19,701.70	0.00	1 y 2	-0.77	
3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo	-195.73		0.00	0.00	-195.73	0.00	1 y 2	46.54	
3B3	Pastizales	-9,814.30		0.00	0.00	-9,814.30	0.00	2	78.27	
3B3a	Praderas que permanecen como tal	-11,152.28		0.00	0.00	-11,152.28	0.00	2	78.23	
3B3b	Tierras convertidas a praderas	1,337.97		0.00	0.00	1,337.97	0.00	2	-2.39	
3B5	Asentamientos	2,666.21		0.00	0.00	2,666.21	0.00	2	8.01	
3B5b	Tierras convertidas a asentamientos	2,666.21		0.00	0.00	2,666.21	0.00	2	8.01	
3B6	Otras tierras	1,009.12		0.00	0.00	1,009.12	0.00	2	41.72	
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	1,009.12		0.00	0.00	1,009.12	0.00	2	41.72	

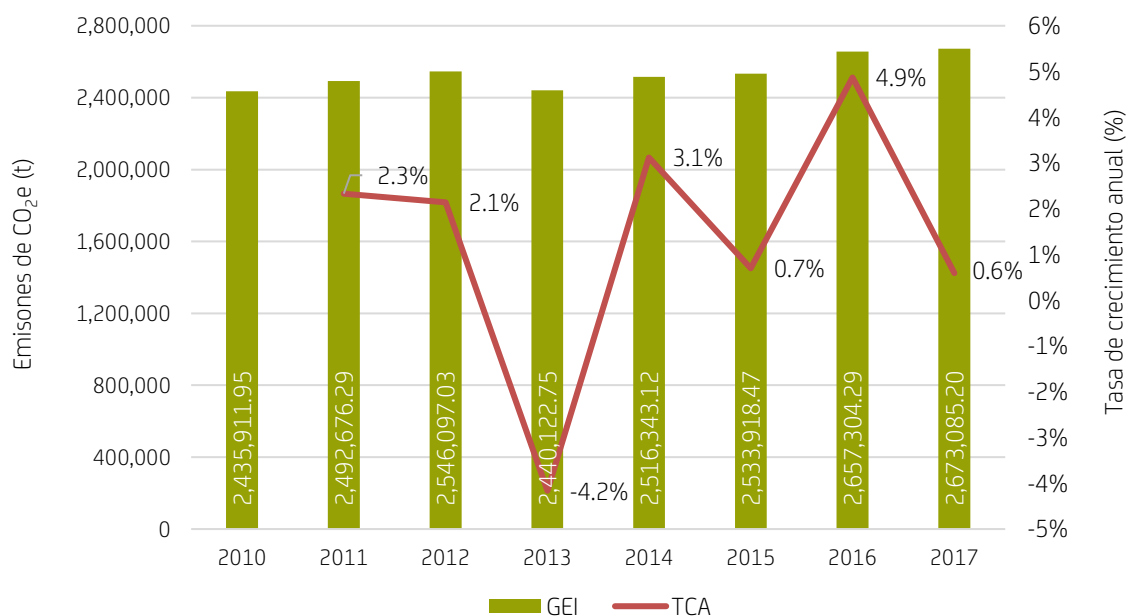
Código IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones sin [3B] Tierra	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	HFC	Nivel de precisión	Incertidumbre	Contribución porcentual
				tCO ₂ e						
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	71,066.34	71,066.34	0.00	71,066.34	0.00	0.00	1	36.3	2.7
3C1	Quema de biomasa	1,559.64	1,559.64	1,223.55	336.09	0.00	0.00	1	60.45	
3C3	Aplicación de urea	6,753.71	6,753.71	0.00	6,753.71	0.00	0.00	1	72.79	0.3
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de suelos gestionados	49,207.83	49,207.83	0.00	49,207.83	0.00	0.00	1	50.30	1.8
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	6,662.06	6,662.06	0.00	6,662.06	0.00	0.00	1	50.30	0.3
3C6	Emisiones Indirectas de N ₂ O por SME	8,442.74	8,442.74	0.00	8,442.74	0.00	0.00	1	50.30	0.3
4	RESIDUOS	291,807.64	291,807.64	266,070.31	24,755.66	981.67	0.00	1 y 2	18.2	11.0
4A	Eliminación de desechos sólidos	223,973.70	223,973.70	223,973.70	0.00	0.00	0.00	2	23.7	8.4
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	1,299.77	1,299.77	318.04	0.06	981.67	0.00	1	0.8	0.1
4C2	Incineración abierta de residuos	1,299.77	1,299.77	318.04	0.06	981.67	0.00	1	0.8	0.1
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	66,534.17	66,534.17	41,778.57	24,755.60	0.00	0.00	1 y 2	0.1	2.5
4D1	Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales	56,268.25	56,268.25	31,512.65	24,755.60	0.00	0.00	1 y 2	0.1	2.1
4D2	Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales	10,265.92	10,265.92	10,265.92	0.00	0.00	0.00	1 y 2	0.1	0.4

Nota: La sumatoria de las emisiones no considera la categoría [3B] Tierra, por ello no se registra su contribución porcentual. El nivel de precisión refiere a la exactitud de los datos de actividad y factores de emisión de GEI, siendo 3 el nivel máximo y 1 el nivel básico. La incertidumbre es el intervalo en donde se encuentra el valor real de las emisiones calculadas. Fuente: Elaboración propia, 2019.

II.1 Tendencias de las emisiones de GEI 2010-2017

En el periodo 2010-2017, las emisiones de GEI en el municipio de León se incrementaron en 1.3% promedio anual, al pasar de 2'435,911.95 tCO₂e en 2010 a 2'673,085.20 tCO₂ en 2017. En la Figura II.3 se presenta la evolución en las emisiones de GEI durante este periodo, donde se observa una ligera tendencia ascendente.

Figura II.3. Evolución de las emisiones de CO₂e en el municipio de León, 2010-2017



Nota: Las emisiones no consideran la categoría [3B] Tierra, TCA (Tasas de Crecimiento Anual). Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la Tabla II.2 se registran las tasas de crecimiento promedio anual por categoría y subcategoría principales. Las fuentes con mayores incrementos en el periodo de análisis son [4A] Eliminación de residuos sólidos con 5.5% promedio anual, así como [1A2] Industrias de la manufactura y la construcción, [1A4] Otros sectores (comercial, residencial y agricultura), y [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, las tres con un crecimiento promedio anual de 4.9% entre 2010 y 2017.

Si bien este incremento puede no coincidir con lo proyectado en el Inventario año base 2013, la tendencia incremental de las emisiones es clara, y las diferencias en las tasas de crecimiento pueden deberse a la corrección de las series históricas de los datos de actividad, así como a la actualización de factores de emisión o metodologías empleadas en la cuantificación.

II.2 Comparativo de emisiones con el Inventario 2013

El Inventario 2013 estimó 5'012,133 tCO₂e, en comparación con las 2'673,085.20 tCO₂e para 2017. Las diferencias entre la cuantificación de emisiones entre el Inventario año base 2013 y el presente, se deben principalmente a las siguientes razones:

- Las emisiones indirectas por concepto de consumo de energía eléctrica en el Municipio de León, ascienden 1'481,113.52 tCO₂e para 2017. Estas emisiones, de acuerdo a la metodología del IPCC se reportan pero no se cuantifican en el Inventario debido a que en el municipio no se registran industrias de generación de energía eléctrica. No obstante, se reportan para su conocimiento e inclusión en acciones de mitigación.
- Las emisiones de la subcategoría [1A4] Otros sectores (comercial, residencial y agricultura) emplearon datos de actividad de fuentes distintas en ambos inventarios. En 2013 se realizó una estimación mediante la aplicación de un factor realizado a los datos estatales, calculado como la razón entre la población del estado y del municipio. En contraste en 2017, se obtuvo información del municipio respecto al consumo de combustibles en comercios y edificaciones no residenciales (información contenida en las COA 2018).
- Para la estimación de emisiones por uso de gases refrigerantes de la subcategoría [2F1] Refrigeración y aire acondicionado estacionario, en el Inventario 2013 se aplicaron factores de proporción de refrigeradores, aires acondicionados estacionarios y a bordo de unidades móviles con base en los datos nacionales. Sin embargo, para 2017 se dispuso de la Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018, con lo cual fue posible estimar con mayor precisión las emisiones de sistemas de aire acondicionado y refrigeración doméstica. No obstante, no incluye información para fuentes móviles.
- En el caso de la categoría [4A1] Sitios gestionados de eliminación de residuos, en el Inventario 2013 el total de residuos depositados en el Centro de Tratamiento de Residuos El Verde del Municipio de León, se estimó con base en las estadísticas de población; en tanto que en 2017 se empleó el dato del volumen de residuos ingresados al sitio de disposición final y reportado por el Sistema Integral de Aseo Público del Municipio de León (SIAP). Adicionalmente, la actualización de factores de emisión del IPCC en 2019 supone cambios en la cuantificación de emisiones.
- La actualización del Inventario 2017 contempla la cuantificación de emisiones y absorciones de la categoría [3B] Tierra, la cual no se incluyó en el Inventario 2013, es relevante su consideración debido a que el Municipio es considerado un sumidero de carbono.
- El Inventario 2013 contabiliza las emisiones derivadas de la quema de biomasa, no obstante, de acuerdo a las Directrices del IPCC estas emisiones solo deben ser reportadas pero no contabilizadas, debido a su carácter biogénico.

Tabla II.2. Evolución de las emisiones de GEI en el municipio de León, 2010-2017

Sector	Categoría / Subcategoría	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCPA
		tCO ₂ e								
[1] Energía	[1A2] Industrias de la manufactura y la construcción	23,144.30	24,531.37	25,549.87	26,608.41	27,791.22	29,590.95	30,846.50	32,301.62	4.9%
	[1A3] Transporte	1'753,044.23	1'794,579.34	1'834,845.63	1'791,231.85	1'849,260.77	1'830,313.75	1'932,925.83	1'969,676.63	1.7%
	[1A4] Otros sectores (comercial, residencial y agricultura)	71,810.77	76,114.47	79,274.62	82,559.00	86,228.94	91,813.03	95,708.69	100,223.55	4.9%
[2] IPPU	[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	27,949.10	29,624.12	30,854.07	32,132.36	33,560.72	35,734.08	37,250.29	39,007.49	4.9%
[3] AFOLU	[3A] Ganadería	249,555.29	246,621.97	242,682.74	175,623.03	178,749.95	190,754.53	200,090.55	169,001.93	-5.4%
	[3B] Tierra	-60,724.45	-19,607.12	-19,607.12	-19,607.12	-19,607.12	-19,607.12	-19,607.12	-19,607.12	-14.9%
	[3C] Fuentes agregadas y fuentes diferentes de CO ₂ de suelos	96,684.03	96,409.51	95,331.20	81,601.70	84,874.71	85,638.61	79,952.51	71,066.34	-4.3%
[4] Residuos	[4A] Eliminación de residuos sólidos	153,999.01	165,596.76	175,117.07	184,043.09	193,173.40	202,749.41	213,379.65	223,973.70	5.5%
	[4C] Incineración e incineración abierta de residuos	1,135.15	1,157.32	1,179.93	1,202.98	1,226.48	1,250.44	1,274.87	1,299.77	2.0%
	[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales	58,590.07	58,041.43	61,261.91	65,120.33	61,476.92	66,073.66	65,875.41	66,534.17	1.8%
Total		2'435,911.45	2'492,676.29	2'546,097.03	2'440,122.75	2'516,343.12	2'533,918.47	2'657,304.29	2'673,085.20	1.3%

Nota: La sumatoria de las emisiones no considera la categoría [3B] Tierra. TCA (Tasa de Crecimiento Anual). Fuente: Elaboración propia, 2019.

III Emisiones de carbono negro (CN)

El carbono negro (CN) es un compuesto en estado sólido y/o líquido con un efecto similar a un gas de efecto invernadero, que se forma a partir de la combustión incompleta, por falta de oxígeno o bajas temperaturas, de los combustibles fósiles (diesel, gasolina, carbón, combustóleo, gas natural, querosenos, coque, gas licuado, etcétera), leña, residuos sólidos, agrícolas e incendios forestales.

En el Municipio de León se contabilizaron 319.46 tCN en 2017, de las cuales el 98.9% provienen del sector [1] Energía (315.91 tCN), 0.9% del sector [3] AFOLU (2.92 tCN), y 0.2% del sector [4] Residuos (0.62 tCN). Como en el caso de emisiones de GEI, la subcategoría [1A3] Transporte genera la mayor proporción de las emisiones con 282.04 tCN equivalentes al 88.3% del total de emisiones de este compuesto (Tabla III.1).

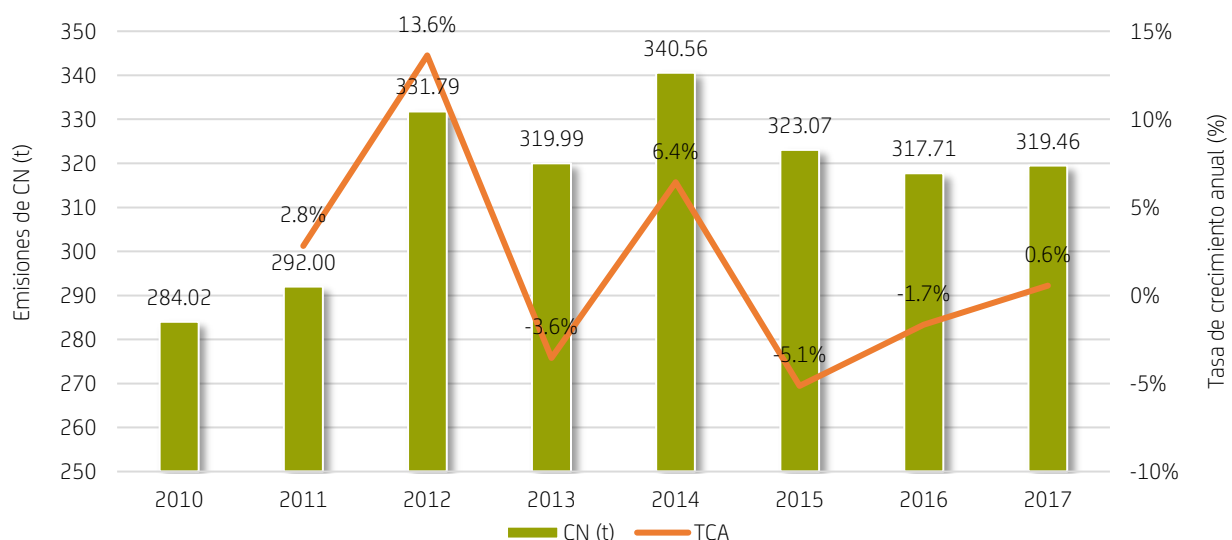
Tabla III.1. Emisiones de carbono negro por sector para el municipio de León, 2017

Sector	CN (t)	Contribución porcentual	Categoría	Subcategoría	CN (t)	Contribución porcentual
[1] Energía	315.91	98.9%	[1A] Actividades de quema del combustible	[1A2] Industrias de la manufactura y la construcción	33.52	10.5%
				[1A3] Transporte	282.04	88.3%
				1A4 Otros sectores (comercial, residencial y agricultura)	0.35	0.1%
[3] AFOLU	2.92	0.9%	[3C] Quema de biomasa	[3C1] Quema de biomasa y quema agrícola	2.92	0.9%
[4] Residuos	0.62	0.2%	[4C] Incineración e incineración abierta de residuos	[4C1] Incineración abierta de residuos	0.62	0.2%
Total	319.46	100.0%	Total		319.46	100.0%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

III.1 Tendencias de las emisiones de GEI 2010-2017

Figura III.1. Evolución de las emisiones de CN en el municipio de León, 2010-2017



Nota: TCA (Tasa de Crecimiento Anual). Fuente: Elaboración propia, 2019.

Las emisiones de CN experimentaron un incremento del 1.7% al pasar de 284.02 tCN en 2010 a 319.46 tCN en 2017 (Figura III.1).

La subcategoría [1A2] Industrias de la manufactura y la construcción observa el mayor incremento de las emisiones de 6.6% promedio anual entre 2010 y 2017 (Tabla III.2).

Tabla III.2. Evolución de las emisiones de CN en el municipio de León por sector, 2010-2017

Sector	Categoría	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TCPA
		t								
[1] Energía	[1A2] Industrias de la manufactura y la construcción	21.43	22.98	24.17	29.39	28.47	31.07	32.29	33.52	6.6%
	[1A3] Transporte	259.00	265.37	304.22	287.08	307.50	287.81	279.40	282.04	1.2%
	[1A4] Otros sectores (comercial, residencial y agricultura)	0.25	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.34	0.35	4.9%
[3] AFOLU	[3C1] Quema de biomasa y quema agrícola	2.79	2.82	2.56	2.66	3.70	3.27	5.07	2.92	0.7%
[4] Residuos	[4C1] Incineración e incineración abierta de residuos	0.54	0.55	0.57	0.58	0.59	0.60	0.61	0.62	2.0%
Total		284.02	292.00	331.79	319.99	340.56	323.07	317.71	319.46	1.7%

Fuente: Elaboración propia, 2019.

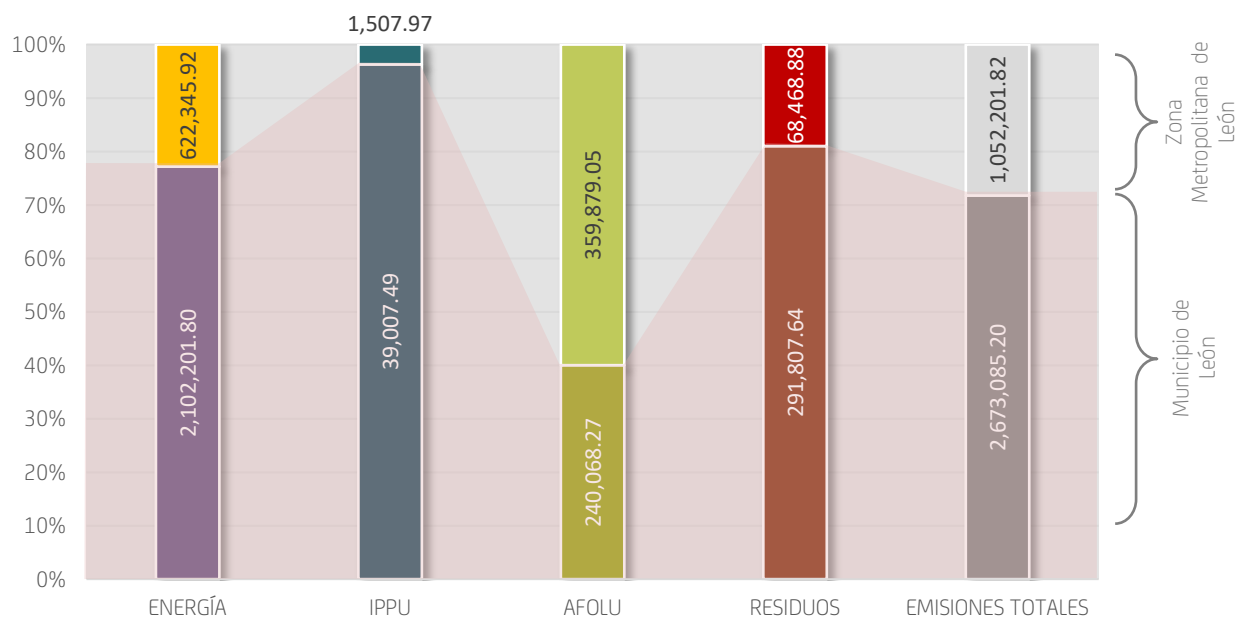
III.2 Comparativo de emisiones con el Inventario 2013

La cuantificación de emisiones en el Inventario 2013 fue de 499.45 tCN, las cuales presentan una reducción de 180.01 tCN con respecto a la estimación realizada en el presente Inventario 2017. La discrepancia en las estimaciones se debe al empleo de fuentes de información distintas para las subcategorías 1A2 y 1A4; y fundamentalmente a la disposición de factores de emisión locales para los centro de producción de ladrillos para el Inventario 2017, que es significativamente menor que el dato por defecto empleado en el inventario previo.

IV Comparativo de GyCEI entre el Municipio de León y su Zona Metropolitana

Las emisiones de GEI, sin la categoría [3B] Tierra, para la Zona Metropolitana de León (ZML), se calcularon en 3'725,287.02 tCO₂e en 2017, en tanto que las emisiones netas ascendieron a 3'708,255.07 tCO₂e. La generación de emisiones por sector observa una distribución similar a la reportada por el municipio de León, no obstante la participación de éste último es distinta en cada sector. Como se muestra en la Figura IV.1, la contribución del Municipio de León en las emisiones metropolitanas de GEI es del 72% (2,673,085.20 tCO₂e), particularmente en el sector Energía aportó el 77%, en el sector IPPU el 96%, en el sector AFOLU el 40% y en el sector Residuos el 81%.

Figura IV.1. Contribución del municipio de León en la generación de emisiones de GEI de su zona metropolitana, 2017 (tCO₂e)



Nota: La gráfica considera las emisiones sin la categoría [3B] Tierra. Para el sector IPPU no se dispuso de información para estimar emisiones de [1A4] Otros sectores (comercial, residencial y agricultura), ni [2F1a] Refrigeradores y aire acondicionado comercial de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Silao. Fuente: Elaboración propia, 2019.

Cabe señalar que el Municipio de León es considerado municipios sumidero, es decir, que absorbe mayor cantidad de carbono del que emite la categoría [3B] Tierra.

En relación a las emisiones de carbono negro, se estimaron para la ZML un total de 428.02 toneladas para 2017, de las cuales el 75% (319.46 tCN) se emitieron en el Municipio de León. A nivel de sector de actividad, en el Municipio de León se emitieron el 75% de las emisiones de CN del sector Energía, y el 31% de las emisiones del sector Residuos. En este ejercicio del Inventario metropolitano, el Municipio de León contabiliza la totalidad de las emisiones de CN del sector AFOLU, debido a que no se dispuso de datos de actividad para estimar las emisiones de los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Silao.

V Conclusiones y recomendaciones

La elaboración de este Inventario ratifica el compromiso del Municipio de León por contribuir a la solución del problema global del cambio climático. Por segunda ocasión desde 2015, se realiza la contabilización de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero a nivel municipal. El presente documento constituye una herramienta sólida que consolida el conocimiento técnico y científico sobre las emisiones del Municipio de León durante 2017.

En 2017 las emisiones de GEI del Municipio de León se contabilizaron en 2'673,085.20 tCO₂e [±5.3%], es decir, el 72% de las emisiones totales estimadas para su zona metropolitana que ascienden a 3'725,287.02 tCO₂e [±6.4%]. Adicionalmente, el municipio registró absorción de emisiones por -19,607.12 tCO₂e [±113.2%].

La fuente predominante de emisiones es la subcategoría [1A3] Transporte, que aportó 74% de las emisiones municipales (1'969,676.63 tCO₂e) [±5.4%], y 68% de las emisiones de la ciudad (2'527,828.06 tCO₂e) [±5.2%]. El transporte terrestre emite 96% de las emisiones de esta subcategoría a nivel metropolitano (2'427,829.60 tCO₂e) [±5.4%]; en tanto que la aviación civil aporta el 4% restante (99,998.46 tCO₂e [±5.0%]). A escala regional, el transporte terrestre es la única fuente de emisión para esta subcategoría.

La segunda fuente de emisiones en importancia a nivel municipal es la categoría [4A] Eliminación de desechos, que corresponde al manejo del Centro de Tratamiento de Residuos El Verde, para el cual en 2017 se estimaron 223,973.70 tCO₂e [±23.7%], que representan 8.4% de las emisiones del GEI del municipio de León. Esta misma fuente es la tercera en importancia en el ámbito metropolitano con 277,000.16 tCO₂e [±21.8%].

La tercera fuente emisora de GEI en el municipio de León es la subcategoría [3A1] Fermentación entérica, con 154,776.85 tCO₂e [±44.7%], con el 5.8% de las emisiones. Esta fuente, ocupa el segundo lugar a nivel metropolitano con 374,312.19 tCO₂e [±42.2%], y representa el 10% de las emisiones totales de GEI de la Zona Metropolitana de León.

En relación a las emisiones de carbono negro, destaca la contribución de la subcategoría [1A2] Transporte, con el 86.9% de las emisiones metropolitanas totales (372.26 tCN), y el 88.3% de las emisiones municipales para este mismo compuesto (282.04 tCN).

El último inventario de emisiones de GEI y CN del municipio de León tuvo año base 2013, donde se reportaron 5'012,133 tCO₂e, donde el 85.3% se registró en el sector Energía (4'276,173 tCO₂e); seguido del sector Desechos con el 8.4% (421,021 tCO₂e), el sector AFOLU con el 4.4% (220,374 tCO₂e) y el sector Procesos Industriales y Uso de Productos con el 1.9% (94,564 tCO₂e). En este inventario se contabilizó el consumo de energía eléctrica, sin embargo, de acuerdo a las guías del IPCC (IPCC, 2006a) esta categoría no se reporta para evitar la doble contabilidad entre inventarios; por lo que, sin considerar esta categoría, el total de emisiones estimadas en el año base 2013 fue de 2'726,539 tCO₂e, lo que representa una diferencia de sólo 53,454 tCO₂e menos con respecto a los resultados de 2017. En el caso del inventario año base 2017, el consumo de energía eléctrica se estimó en 2'673,085.20 tCO₂, lo que representa una

diferencia de 17% (387,492 tCO₂e), con respecto a lo reportado en 2013 (2'285,593 tCO₂) por el mismo concepto.

En ambos inventarios, la subcategoría [1A3] Transporte es la de mayor aportación, con el 88.4%² en 2013 y 74% en 2017. Es importante aclarar que la diferencia entre metodologías y datos de actividad empleados arroja diferencias en algunos rubros entre ambos inventarios. No obstante, se presenta la comparación en la Tabla V.1 para hacer notar que las proporciones entre ambos inventarios son similares.

Tabla V.1. Comparación entre inventario año base 2013 y 2017

Clave	Sector / Categoría	Año base 2013 (tCO ₂ e)	Año base 2017 (tCO ₂ e)
	EMISIONES TOTALES	2,724,675	2,673,085
1	ENERGÍA	1,990,580	2,102,202
1A2	Actividades de quema del combustible	1,990,580	2,102,202
2	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	94,564	39,007
2F	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	94,564	39,007
3	AFOLU	218,510	240,068
3A	Ganadería	152,304	169,002
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra	66,206	71,066
4	RESIDUOS	421,021	291,808
4A	Eliminación de desechos sólidos	352,470	223,974
4C	Incineración e incineración abierta de desechos	0	1,300
AD	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	68,551	66,534

Nota: Del sector AFOLU se descontaron las emisiones correspondientes a la Quema de biomasa, que se reportan pero no se contabilizan en el Inventario. Fuente: Elaboración propia, 2019.

En el caso de las emisiones de CN, la principal diferencia entre las cuantificaciones realizadas en el Inventario 2013 (499.45 tCN), y las emisiones contabilizadas para 2017 (319.46 tCN) radica en que en la actualización se dispuso de factores de emisión a nivel local para estimar las emisiones asociadas a la fabricación de ladrillos, que en el ejercicio previo sumaron 286.66 tCN y en 2017 se contabilizaron en 33.52 tCN.

Las emisiones de GEI calculadas para el municipio de León en 2015 (2.5 MMtCO₂e), corresponden al 0.36% de las emisiones nacionales contabilizadas en 699.6 MMtCO₂e para ese mismo año, en el Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (INGYCEI). Las emisiones per cápita se calculan en 1.6 tCO₂e por habitante del Municipio de León para 2015, comparado con el promedio nacional de 4.6 tCO₂e (estimación con datos del INGYCEI para 2015). Ambas cifras se encuentran por debajo del promedio mundial de 6.7 tCO₂e por habitante para 2015 (EC, 2019). Adicionalmente, se calcula que en 2017 se emitieron 0.011 kgCO₂e por cada peso de Valor Agregado Censal Bruto generado en el municipio de León.

² Con respecto al total, sin considerar las emisiones de consumo de energía eléctrica.

VI Glosario y acrónimos

AFOLU	Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, por sus siglas en inglés
CH ₄	Metano
COA	Cédulas de Operación Anual
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CONEVAL	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CO ₂	Dióxido de carbono
CO ₂ e	Dióxido de carbono equivalente
CN	Carbono negro
CRE	Comisión Reguladora de Energía
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, por sus siglas en inglés
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IEGyCEI	Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
Kg	Kilogramo
MMt	Millones de toneladas
NO _x	Óxidos de nitrógeno
N ₂ O	Óxido nitroso
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PM _{2.5}	Material Particulado de 2.5 micrómetros o menos
SAPAL	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de León
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SIE	Sistema de información Energética
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
t	Toneladas
TCA	Tasa de Crecimiento Anual
TMCA	Tasa Media de Crecimiento Anual
UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
USCUSS	Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura
ZML	Zona Metropolitana de León
°C	Grados centígrados

VII Referencias

- INECC. (2019a). *Módulo 1. Orientación general y generación de informes de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. México: SEMARNAT, INECC.
- INECC. (2019b). Curso virtual "Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero". *Curso virtual "Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero"*. Ciudad de México, México.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- IPCC. (2019). *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Ma, Q. (March de 1988). Greenhouse Gases: Refining the Role of Carbon Dioxide. National Aeronautics and Space Administration-Goddard Institute for Space Studies.



Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos Sobre Energía y Medio Ambiente A.C.

Paseo de los Laureles No 458 Int. 406

Col. Bosques de las Lomas

C.P. 05120 Ciudad de México

T: (+55) 9177.1670 F: (+55) 9177.1690

www.centromariomolina.org

Twitter: @CentroMMolina

Facebook.com/CentroMarioMolina

