



Inventario Estatal

*de Emisiones de Gases y Compuestos
de Efecto Invernadero de Durango, 2010 - 2022*



DURANGO

SRNMA

SECRETARÍA DE RECURSOS NATURALES Y
MEDIO AMBIENTE

Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango

Av. Ferrocarril 109 Anexo Vivero Sahuatoba. CP 34070. Durango. Dgo.
Teléfono: 618 137 9953

Citación sugerida: Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Durango, 2010-2022. Durango 2024. Disponible en [Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente – Gobierno del Estado de Durango](#)



Este estudio fue homologado de acuerdo a los criterios de estilo institucional definidos para las publicaciones digitales de la SRNMA. El texto y los contenidos se mantienen como fueron entregados por su(s) autor(es).

Contenido

Presentación	9
Mensaje	10
Agradecimientos	11
DIRECTORIO	12
1. Resumen ejecutivo	13
1.1. Tendencias agregadas de las emisiones y la absorción	16
1.2. Evolución de las emisiones por sector y por gas	16
1.3. Carbono negro	17
2. Introducción.....	18
2.1. Información básica sobre los inventarios de gases de efecto invernadero y cambio climático.....	18
2.2. Descripción del sistema del inventario.....	19
2.2.1. Disposiciones institucionales, jurídicas y de procedimiento	19
2.2.2. Arreglo institucional	22
2.2.3. Aseguramiento y control de calidad (AC/CC) y verificación del inventario.....	24
2.2.4. Cambios en el sistema del inventario desde el anterior IEEGYCEI	24
2.3. Preparación del IEEGYCEI.....	25
2.4. Visión general de las metodologías y fuentes de datos utilizadas.....	29
2.5. Breve descripción de las categorías clave	30
2.6. Evaluación general de la incertidumbre	31
2.7. Evaluación general de la exhaustividad	32
3. Emisiones de GEI 2022 y tendencia histórica	34
3.1. Principales indicadores socioeconómicos	34
3.2. Descripción e interpretación de las tendencias agregadas de las emisiones.....	35
3.3. Descripción e interpretación de las emisiones por sectores.....	38
3.4. Descripción e interpretación de las tendencias para el carbono negro	47
4. [1] Energía.....	49
4.1. Visión general del sector	49
4.2. Industrias de la energía [1A1].....	51

4.2.1. Descripción de la categoría.....	51
4.2.2. Metodología.....	52
4.2.3. Datos de actividad (DA)	52
4.2.4. Factores de Emisión (FE)	54
4.2.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	54
4.2.6. QA/QC de la categoría y verificación	55
4.2.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	55
4.3. Industrias manufactureras y de la construcción [1A2]	55
4.3.1. Descripción de la categoría.....	55
4.3.2. Metodología.....	57
4.3.3. Datos de Actividad (DA).....	57
4.3.4. Factores de emisión (FE)	58
4.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	58
4.3.6. QA/QC de la categoría y verificación	59
4.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	59
4.4. Otros sectores [1A4]	59
4.4.1. Descripción de la categoría.....	59
4.4.2. Metodología.....	60
4.4.3. Datos de actividad (DA)	60
4.4.4. Factores de emisión (FE)	61
4.4.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	62
4.4.6. QA/QC de la categoría y verificación	63
4.4.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	63
4.5. No especificado [1A5].....	63
4.5.1. Descripción de la categoría.....	63
4.5.2. Metodología.....	64
4.5.3. Datos de actividad (DA)	64
4.5.4. Factores de emisión (FE)	64
4.5.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	65
4.5.6. QA/QC de la categoría y verificación	66

4.5.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	66
4.6. Emisiones fugitivas [1B]	66
4.6.1. Descripción de la categoría.....	66
4.6.2. Metodología.....	67
4.6.3. Datos de actividad (DA)	67
4.6.4. Factores de emisión (FE)	68
4.6.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	69
4.6.6. QA/QC de la categoría y verificación	69
4.6.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	69
4.7. Transporte [1A3]	70
4.7.1. Descripción de la categoría.....	70
4.7.2. Metodología.....	73
4.7.3. Datos de actividad (DA)	74
4.7.3.1. Padrón vehicular	76
4.7.3.2. Actividad Vehicular.....	78
4.7.3.3. Características de los combustibles.....	79
4.7.3.4. Factores de emisión (FE)	80
4.7.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	80
4.7.3.6. QA/QC de la categoría y verificación	81
4.7.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	81
5. [2] Procesos industriales y uso de productos.....	82
5.1. Visión general del sector	82
5.2. Industria de los metales [2C]	83
5.2.1. Descripción de la categoría.....	83
5.2.2. Metodología.....	84
5.2.3. Datos de actividad (DA)	84
5.2.4. Factores de emisión (FE)	85
5.2.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	85
5.2.6. QA/QC de la categoría y verificación	86
5.2.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	86

5.3. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes [2D]	86
5.3.1. Descripción de la categoría.....	86
5.3.2. Metodología.....	87
5.3.3. Datos de actividad (DA)	87
5.3.4. Factores de emisión (FE)	88
5.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	88
5.3.6. QA/QC de la categoría y verificación	88
5.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	88
5.4. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono [2F].....	88
5.4.1. Descripción de la categoría.....	88
5.4.2. Metodología.....	89
5.4.3. Datos de actividad (DA)	89
5.4.4. Factores de emisión (FE)	90
5.4.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	90
5.4.6. QA/QC de la categoría y verificación	90
5.4.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	90
5.5. Manufactura y utilización de otros productos [2G]	90
5.5.1. Descripción de la categoría.....	90
5.6. Otros [2H]	91
5.6.1. Descripción de la categoría.....	91
6. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (ASOUT) [3].....	92
6.1. Visión general del sector (Agricultura).....	92
6.2. Fermentación entérica [3A1]	93
6.2.1. Descripción de la categoría.....	93
6.2.2. Datos de actividad (DA)	94
6.2.3. Factores de emisión (FE)	94
6.2.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	94
6.2.5. QA/QC de la categoría y verificación	96
6.2.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	96
6.3. Gestión de estiércol [3A2]	96

6.3.1.	Descripción de la categoría.....	96
6.3.2.	Metodología.....	97
6.3.3.	Datos de actividad (DA)	97
6.3.4.	Factores de emisión (FE)	98
6.3.5.	Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	98
6.3.6.	QA/QC de la categoría y verificación	98
6.3.7.	Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	99
6.4.	Emisiones de GEI por quema de biomasa [3C1].....	99
6.4.1.	Descripción de la categoría.....	99
6.4.2.	Metodología.....	100
6.4.3.	Datos de actividad (DA)	100
6.4.4.	Factores de emisión (FE)	101
6.5.	Emisiones por quema de biomasa en tierras de cultivo [3C1b].....	101
6.5.1.	Datos de actividad (DA)	101
6.5.2.	Factores de emisión (FE)	102
6.5.3.	Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	102
6.5.4.	QA/QC de la categoría y verificación	102
6.5.5.	Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	102
6.6.	Suelos gestionados [3C4 y 3C5].....	102
6.6.1.	Descripción de la categoría.....	102
6.6.2.	Metodología.....	104
6.6.3.	Datos de actividad (DA)	104
6.7.	Fertilizantes sintéticos nitrogenados (FSN).....	104
6.7.1.	Estiércol depositado en pasturas y praderas por animales en pastoreo (FPRP)	104
6.7.2.	Residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) reincorporados al suelo en tierras de cultivo (FCR).....	104
6.7.3.	Factores de emisión (FE)	105
6.7.4.	Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	106
6.7.5.	QA/QC de la categoría y verificación	106
6.7.6.	Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	106
6.8.	Otras fuentes de emisión [3C2, 3C3, 3C6, 3C7]	106

6.8.1.	Descripción de la categoría.....	106
6.8.2.	Metodología.....	107
6.8.3.	Datos de actividad (DA)	108
6.8.4.	Factores de emisión (FE)	108
6.8.5.	Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	108
6.8.6.	QA/QC de la categoría y verificación	108
6.8.7.	Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	109
6.9.	UTCUTS.....	109
6.9.1.	Descripción de la categoría Tierra [3B].....	109
6.9.2.	Definición de Tierra [3B].....	112
6.9.3.	Enfoque para representar superficies, y bases de datos de Tierra [3B]	113
6.9.4.	Descripción de la categoría [3B1].....	115
6.9.5.	Metodología.....	116
6.9.6.	Datos de actividad (DA)	118
6.9.7.	Factores de emisión (FE)	118
6.9.8.	Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	118
6.9.9.	QA/QC de la categoría y verificación	118
6.9.10.	Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	118
6.10.	Tierras de cultivo y pastizales [3B2 y 3B3].....	119
6.10.1.	Descripción de las categorías	119
6.10.2.	Metodología.....	120
6.10.3.	Datos de actividad (DA)	121
6.10.4.	Factores de emisión (FE)	121
6.10.5.	Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	122
6.10.6.	QA/QC de la categoría y verificación	122
6.10.7.	Mejoras previstas específicas de cada subcategoría.....	122
6.11.	Otros usos de la tierra [3B4, 3B5 y 3B6]	122
6.11.1.	Descripción de la categoría.....	122
6.11.2.	Metodología.....	123
6.11.3.	Datos de actividad (DA)	125

6.11.4. Factores de emisión (FE)	125
6.11.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	125
6.11.6. QA/QC de la categoría y verificación	125
6.11.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	125
6.12. Productos de madera recolectada [3D].....	125
6.12.1. Descripción de la categoría.....	125
6.12.2. Metodología.....	126
6.12.3. Datos de actividad (DA)	127
6.12.4. Factores de emisión (FE)	127
6.12.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	127
6.12.6. QA/QC de la categoría y verificación	128
6.12.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	128
7. [4] Residuos	129
7.1. Visión general del sector	129
7.2. Eliminación de residuos sólidos [4A]	130
7.2.1. Metodología.....	132
7.2.2. Datos de actividad (DA)	132
7.2.3. Parámetros de estimación	134
7.2.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	136
7.2.5. QA/QC de la categoría y verificación	136
7.2.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	136
7.3. Incineración y quema a cielo abierto de residuos sólidos [4C].....	136
7.3.1. Descripción de la categoría.....	136
7.3.2. Metodología.....	137
7.3.3. Datos de actividad (DA)	137
7.3.4. Factores de emisión (FE)	138
7.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	138
7.3.6. QA/QC de la categoría y verificación	138
7.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	138
7.4. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales [4D]	138

7.4.1. Metodología.....	139
7.4.2. Datos de actividad (DA)	140
7.4.3. Factores de emisión (FE)	142
7.4.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales.....	144
7.4.5. QA/QC de la categoría y verificación	144
7.4.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría.....	144
8. Carbono Negro (CN).....	145
8.1. Industrias de la energía [1A].....	145
8.1.1. Metodología	145
8.1.2. Elección de los factores de emisión	146
8.2. Quema de biomasa [3C1].....	149
8.2.1. Metodología.....	150
8.2.2. Quema de biomasa [3C1b].....	150
8.2.3. Factores de emisión (FE)	151
8.3. Quema a cielo abierto de residuos sólidos [4C2]	152
8.3.1. Descripción de la categoría.....	152
8.3.2. Metodología.....	153
8.3.3. Datos de actividad (DA)	153
8.3.4. Factores de emisión (FE)	154
9. Anexos	155
9.1. Anexo I: Categorías Clave	155
9.2. Anexo II Evaluación de Incertidumbre	159
9.3. Anexo III Fuentes estimadas y no estimadas	162
*no ocurre en 2022.....	173
9.4. Anexo IV: Compuestos, unidades, siglas y acrónimos	174
10. Acrónimos.....	176
11. Referencias y literatura citada	180



**Dr. Esteban Alejandro
Villegas Villareal**
Governador Constitucional
del Estado de Durango

Presentación

El cambio climático es una crisis global que afecta al medio ambiente, a la biodiversidad y a todas las personas por igual, debido al aumento de las temperaturas, a las variaciones climáticas, al aumento del nivel del mar y a los fenómenos meteorológicos extremos como sequías, tormentas, huracanes, tornados, y ciclones.

A partir de que México firmó los compromisos internacionales en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y ratificó sus compromisos en la Conferencia de las Partes (COP 27) con el objetivo de reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 35% para el año de 2030; el Estado de Durango ha trabajado en estrategias para cumplir con los compromisos climáticos de México.

Estos compromisos climáticos también están asentados en el Plan Estatal de Desarrollo 2022 – 2028, a través de acciones sostenibles y sustentables que legitiman el cuidado y la protección de nuestro ecosistema, nuestro clima y nuestro hogar.

Por esta razón, el Gobierno del Estado de Durango, a través de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente actualiza el Inventario Estatal de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Durango para el periodo 2010 – 2022.

Con la actualización de este inventario, podremos diseñar mejores políticas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero para Durango y a la par, contribuir a los objetivos climáticos nacionales.

Les invito a que lean este documento y que en equipo podamos proponer soluciones más innovadoras para lograr descarbonizar a Durango y a México.

Juntas y juntos podremos impulsar una economía baja en carbono y podremos transformar a Durango en un Estado más verde, más ecológico y más sostenible.



**Mtra. Claudia Ernestina
Hernández Espino**

Secretaria de Recursos Naturales y
Medio Ambiente

Mensaje

El nuevo Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero de Durango es una herramienta esencial para el desarrollo sostenible de nuestro estado. Este documento, que llevaba más de una década sin actualizarse, ha sido rigurosamente elaborado por el Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente y avalado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, reflejando nuestro compromiso con la transparencia y la precisión científica.

La actualización de este Inventario marca un hito significativo en nuestra labor para mitigar los efectos del cambio climático. Contar con datos actualizados nos permite identificar con mayor claridad las fuentes de emisiones y evaluar la efectividad de nuestras políticas ambientales. Además, este inventario nos proporciona una base sólida para diseñar e implementar estrategias que no solo reduzcan nuestra huella de carbono, sino que también promuevan el desarrollo económico sostenible y la salud pública.

En Durango, entendemos que la protección del medio ambiente no es solo una responsabilidad gubernamental, sino una tarea compartida por toda la sociedad.

Este documento no solo es un reflejo de nuestro compromiso, sino también una invitación a la colaboración entre ciudadanos, empresas y autoridades para construir un futuro más limpio y saludable para las generaciones venideras.

Reconozco el interés del gobernador del Estado Dr. Esteban Alejandro Villegas Villarreal con el medio ambiente y los recursos naturales y expreso nuestro agradecimiento al Centro Mario Molina por su invaluable apoyo y a todos aquellos que han contribuido a la elaboración de este inventario. Juntos, avanzamos hacia un Durango con más valor, próspero, verde y sostenible.

Agradecimientos

La Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SRNMA) del Estado de Durango desea expresar su agradecimiento a las instituciones, municipios y personas siguientes por su invaluable contribución al desarrollo y enriquecimiento de este inventario, agradeciendo la información suministrada, la disposición y las facilidades brindadas.

- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)
- Dr. Rafael Jiménez Ocampo, Director de Coordinación y Vinculación, Dirección Regional Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)
- Línea Coahuila Durango S.A. de C.V.
- Municipio de Guanacevi
- Municipio de Rodeo
- Municipio de San Juan del Río
- Municipio de Tepehuanes
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER)
- Secretaría de Energía (SENER)
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

y a la Dirección de Inventario y Prospectivas de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) por la revisión técnica del presente inventario.

DIRECTORIO

Dr. Esteban Alejandro Villegas Villareal
Gobernador Constitucional del Estado de Durango

Mtra. Claudia Ernestina Hernández Espino
Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente

Coordinador

M.S.A. Mónica Judith Díaz Rosales
Área de Cambio Climático

Consultoría

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

Ing. Graciela Hernández Cano
Coordinador
Sector Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP)

Mtro. Ángel Pérez Padilla
Sector Energía

Ing. Salvador Montero
Ing. Carolina González Martínez
Categoría Transporte

Lic. Nancy Hernández Valdez
Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (ASOUT)

Biol. Agustín de la Rosa Segura
Sector Otros usos de la Tierra (USCUSS)

Lic. Julieta Leo
Sector Residuos

Mtro. David Alberto Díaz Mata
Especialista en Derecho Ambiental

1. Resumen ejecutivo

El informe del sexto ciclo de evaluación (AR6) sobre los impactos del calentamiento global, elaborado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), aborda información científica reciente acerca del estado climático global. En dicho informe se establece que el cambio climático inducido por la actividad humana está generando perturbaciones significativas y generalizadas en el entorno natural, con repercusiones para la vida de miles de millones de personas en todo el mundo. Se subraya la existencia de una relación prácticamente lineal entre las emisiones de CO₂ de origen antropogénico acumuladas y el calentamiento global resultante, estimando que cada incremento de 1,000 GtCO₂ en las emisiones acumuladas puede producir un aumento de la temperatura global en superficie de entre 0.27°C y 0.63°C. La evidencia presentada señala que son las acciones humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles y la deforestación, las principales responsables de estos cambios.

Dada esta evidencia, el Acuerdo de París establece el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a un máximo de 2°C. Este objetivo requiere una transformación significativa en los métodos de producción y consumo de bienes y servicios en las sociedades. En este contexto, México ha ratificado su compromiso de reducir las emisiones, lo cual demanda la participación de todos los sectores y estados del país responsables de dichas emisiones. Aunque el cambio climático representa uno de los desafíos más importantes para los estados y la economía mexicana, también se percibe como una oportunidad para promover la transición hacia un crecimiento sostenible y eficiente en el uso de los recursos naturales.

Para lograr lo mencionado y facilitar a los estados y municipios de la República la adopción de medidas de mitigación efectivas y beneficiosas desde un punto de vista económico, es fundamental disponer de herramientas que faciliten la cuantificación de las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) mediante la elaboración de un inventario detallado de dichas emisiones. Esta acción no solo permite identificar las actividades específicas que requieren un enfoque prioritario en las labores de mitigación, sino también establecer indicadores y objetivos que posibiliten supervisar el avance hacia su cumplimiento.

En este contexto, el Estado de Durango ha publicado su Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (IEEGYCEI) correspondiente al periodo 2010-2022. Este informe se ha elaborado siguiendo las Directrices 2006 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y el Refinamiento 2019.

En el año 2022, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Estado de Durango alcanzaron las 13,201.59 gigagramos en CO₂ equivalente (GgCO₂e), excluyendo la categoría [3B] Tierra y [3D] Productos de madera recolectada (PMR) que muestra un balance de emisiones netas de 1,452.59 GgCO₂e. Este resultado se debe a la absorción de CO₂ por parte de los sumideros de carbono como son principalmente las tierras forestales que permanecen como tal, los productos de madera recolectada y las praderas que permanecen como tal.

Considerando solo emisiones, las emisiones totales en el Estado de Durango ascienden a 14,575.60 GgCO₂e (Figura 1).

En el año 2022, la principal fuente de emisión de gases de efecto invernadero (GEI), excluyendo las absorciones, proviene de las emisiones por la generación de energía eléctrica con 25.12% del total, seguidas por las emisiones generadas por el ganado, con un 26.84%, y la quema de combustibles fósiles en el transporte terrestre, con un 21.71%.

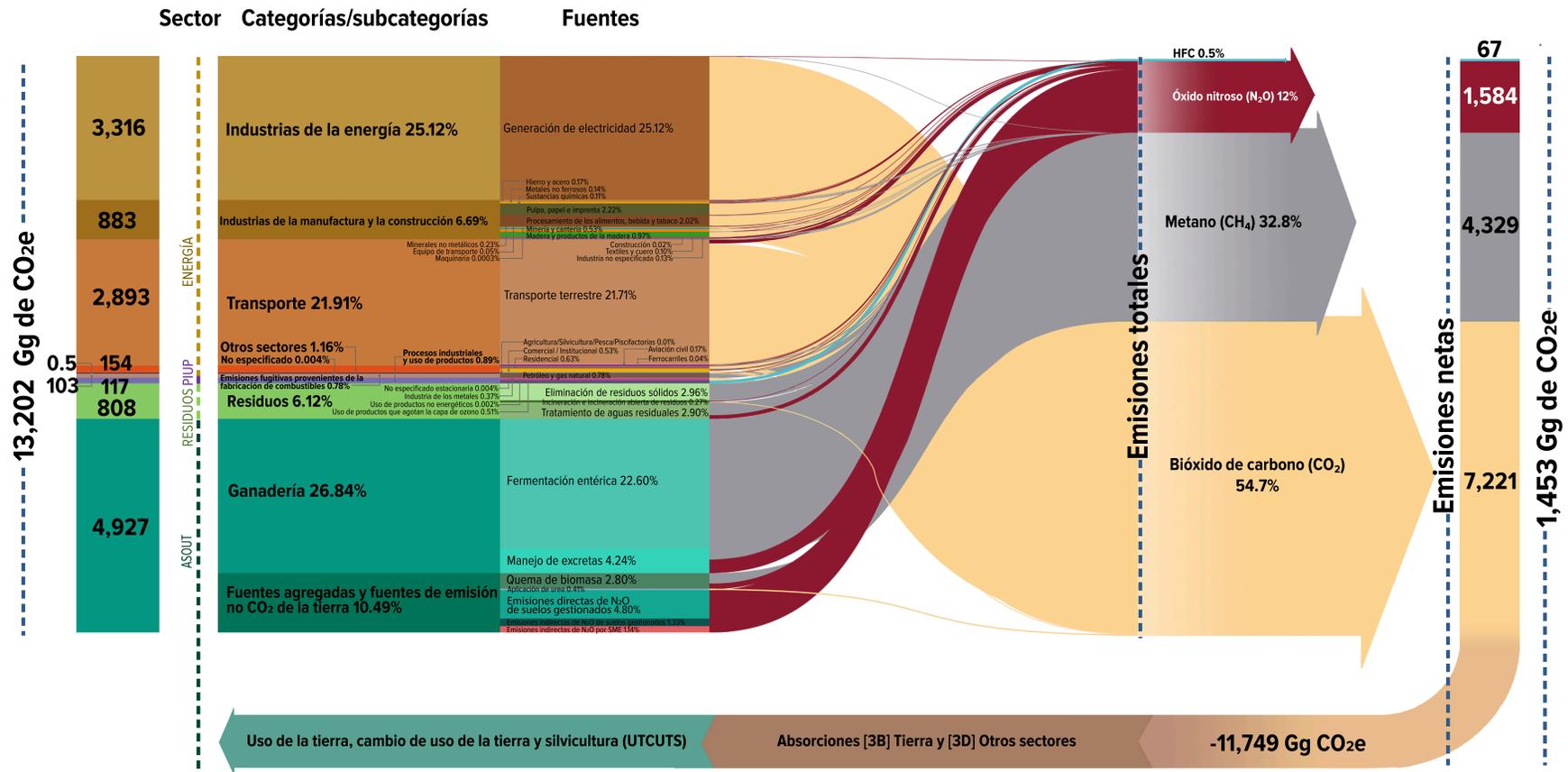
En cuanto a las emisiones de fuentes biogénicas estas se estimaron para 2022 en 3,452.42 GgCO₂e con una TMCA 5.43%, siendo la principal fuente de emisión la quema de biomasa en tierras forestales con el 81.14% seguido por la quema de leña en el sector residencial con el 10.62%

El principal gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono con una contribución del 54.69% seguido por el metano con el 32.80, el óxido nitroso con el 12.00% y el resto corresponde a los gases "F" con el 0.51%.

En cuanto al carbono negro (CN), un forzador climático de vida corta, se registraron emisiones de 2.19 Gg en 2022. La principal fuente de emisión de este contaminante fue la quema de biomasa con un 57.36%, seguido por la quema de combustibles en el sector del transporte, con un 40.65%, y en menor medida, la quema a cielo abierto de residuos, con 1.30%.

En el Estado de Durango, las emisiones per cápita se estiman en 7.08 toneladas de CO₂e por habitante en el año 2022, lo que representa una disminución del -1.20% respecto a las emisiones per cápita en 2010 (8.19 tCO₂e/hab). Estos valores sitúan al Estado por encima de la media nacional en emisiones per cápita la cual es estimada para 2022 en 5.57 tCO₂e/hab.

Figura 1. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del Estado de Durango, 2022



Notas: La suma de los parciales puede no coincidir con los totales debido al redondeo de las cifras.

Fuente: Elaboración propia.

1.1. Tendencias agregadas de las emisiones y la absorción

Durante el período de 2010 a 2022, las emisiones (excluyendo absorciones) disminuyeron de 13,376.42 GgCO₂e a 13,201.59 GgCO₂e, mostrando una disminución constante con una tasa de crecimiento media anual (TCMA) del -0.11% (Figura 4).

La mayoría de los sectores registraron un incremento en dicho lapso. El sector residuos destacó por su mayor crecimiento, con una TCMA del 2.34%, seguido por el sector PIUP con 0.74% y el sector ASOUT (sin absorciones) con 0.16%. En contraste, el sector Energía experimentó una disminución con una TCMA de -0.52%.

Por otro lado, en relación a las absorciones, se observa que la categoría [3B] tierra redujo su capacidad de absorción en un -0.78% durante el período mencionado. Este descenso se atribuye a la conversión de praderas y tierras de cultivo, generando una liberación de 1,290.33 GgCO₂e. En contraposición, la conservación de tierras forestales permitió la absorción de -8,793.13 GgCO₂e y los productos de madera recolectada de -2,904.27 GgCO₂e.

1.2. Evolución de las emisiones por sector y por gas

En la Figura 6, se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero por sector, conforme a la clasificación del IPCC, los sectores Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) y Residuos, así como las categorías de Agricultura y Uso de la Tierra y Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUS) pertenecientes al sector Agricultura, Forestal y Otros Usos de la Tierra (ASOUT); en la Tabla 9 se presentan las emisiones y absorciones en el Estado de Durango por nivel para el año 2022.

En el año 2022, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Estado de Durango se estimaron en 13,201.59 GgCO₂e (sin considerar absorciones), el total de absorciones en el Estado se estiman en -13,123.01 GgCO₂e dando como resultado 1,452.59 GgCO₂e de emisiones netas.

Se observa que en Durango, el sector con mayor emisión de GEI es Energía seguido por Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (ASOUT) y en menor medida el sector Residuos y Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP), una tendencia que se ha mantenido a lo largo del tiempo.

El gas de efecto invernadero de mayor contribución es el dióxido de carbono (CO₂) con el 54.69% seguido del gas metano (CH₄) con el 32.80%, el óxido nitroso (N₂O) con el 12% y el resto corresponde a los gases "F" con el 0.51% (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de las emisiones de GEI por tipo de gas

Tipo de gas	Emisiones (GgCO ₂ e)	Contribución porcentual
Dióxido de carbono (CO ₂)	7,220.63	54.69
Metano (CH ₄)	4,329.49	32.80
Óxido nitroso (N ₂ O)	1,584.42	12.00
Gases "F" (HFC)	67.05	0.51
Emisiones sin [3B] y [3D]	13,201.59	
Emisiones de CO ₂ de [3B]+[3D]	1,374.01	
Emisiones totales	14,575.60	
Absorciones de CO ₂ de [3B]+[3D]	-13,123.01	
Emisiones netas	1,452.59	

Fuente: Elaboración propia.

1.3. Carbono negro

La estimación de las emisiones de carbono negro (CN) es de gran importancia, tanto en el contexto del cambio climático, debido a su condición de contaminante y forzador climático de vida corta (CFCV), como en el ámbito de la salud pública, dada la severidad de los problemas de salud que puede ocasionar su exposición a la población.

En el año 2022, se calcula que en el Estado de Durango se emitieron aproximadamente 2.19 Gg en CN, principalmente a raíz de la quema de biomásas y el sector del transporte, con especial énfasis en la quema de biomasa en tierras forestales y el uso de diésel en vehículos automotores (Tabla 10 y Figura 7). Al analizar la tendencia de las emisiones de carbono negro durante el periodo comprendido entre 2010 a 2022, se observa un incremento constante, proyectándose una tasa de crecimiento anual promedio del 8.10%.

2. Introducción

2.1. Información básica sobre los inventarios de gases de efecto invernadero y cambio climático

En este informe, el Estado de Durango presenta la actualización de su Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (IEEGYCEI) correspondiente al periodo 2010-2022. La elaboración de dicho inventario se llevó a cabo conforme a las directrices actuales del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), basadas en las Directrices de 2006 y el 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (en adelante Refinamiento 2019).

Se presentan las estimaciones de emisiones y absorciones de gases y compuestos de efecto invernadero (GYCEI) por fuentes y sumideros para los cuatro sectores de emisión establecidos por el IPCC: [1] Energía; [2] Procesos industriales y uso de productos (PIUP); [3] Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (ASOUT); y [4] Residuos.

Los gases considerados son los seis especificados en el Anexo A del Protocolo de Kioto: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆), junto con el trifluoruro de nitrógeno (NF₃), utilizado principalmente en la industria electrónica. Además, se incluyen las emisiones de carbono negro (CN). Esta actualización abarca el período 2010 al 2022 y consta de nueve capítulos estructurados según se detalla en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido de documento

Capítulo	Contenido
1	Resumen ejecutivo
2	Introducción: antecedentes generales, arreglos institucionales y el proceso de actualización del presente inventario
3	Emisiones de GEI 2022 y tendencia histórica: detalle de indicadores y tendencias de las emisiones y absorciones de GYCEI
4 al 7	Información detallada y resultados de los cuatro sectores de emisión desglosados por categoría, subcategoría y fuentes de emisión
8	Emisiones de carbono negro a nivel de fuente de emisión
9 al 11	Anexos, acrónimos y referencias

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Descripción del sistema del inventario

2.2.1. Disposiciones institucionales, jurídicas y de procedimiento

Este segmento tiene como propósito establecer el respaldo legal para la creación y emisión del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para el Estado de Durango. Este instrumento de política pública en relación al cambio climático se vincula estrechamente con la protección de los derechos humanos a la salud y a un entorno ecológico saludable, responsabilidades que representan obligaciones de salvaguardia para las autoridades de los tres niveles de gobierno en el Estado Mexicano. Específicamente, este apartado se centra en detallar el marco normativo del Estado de Durango, del cual se deriva la autorización legal para la creación y emisión del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en el artículo 1° que todas las personas gozarán de los derechos humanos reconocidos en ella y en los tratados internacionales de los que el Estado Mexicano sea parte, así como de las garantías para su protección. Además, señala que serán las autoridades en el ámbito de sus competencias, quienes tienen la obligación de promover, respetar, proteger y garantizarlos de conformidad con los principios de universalidad, interdependencia, indivisibilidad y progresividad.

En cuanto a la esfera de lo ambiental, el artículo 4° Constitucional, específicamente los párrafos cuarto y quinto, expresamente señalan que toda persona tiene derecho a la protección de la salud, así como a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar.

Por su parte, el artículo 25 Constitucional en su párrafo primero, le encarga al Estado Mexicano la rectoría del desarrollo nacional, pero condicionándolo a que este sea integral y sustentable, en congruencia con el derecho humano a un ambiente sano, la protección de la salud y demás derechos relativos.

En el ámbito internacional, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático es el referente directo (instrumento multilateral aprobado por el Senado Mexicano en fecha 03 de diciembre de 1992 y publicado en el Diario Oficial de la Federación en fecha 07 de mayo de 1993). El objeto de este tratado es lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Con lo anterior se pretende que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. Este instrumento señala, en su artículo 4° que todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales y regionales de desarrollo, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán elaborar, actualizar periódicamente, publicar y facilitar a la Conferencia de las Partes (Órgano supremo de la Convención), los inventarios nacionales de las emisiones

antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando metodologías comparables, promovidas y aprobadas por esta.

En lo que respecta al Protocolo de Kyoto de la Convención Marco citada (aprobado por el Senado de la República en fecha 29 de abril del 2000 y publicado en el Diario Oficial de la Federación en fecha 24 de noviembre del mismo año) señala en el artículo 10, la importancia de formular, donde corresponda y en la medida de lo posible, programas nacionales y, en su caso, regionales, para mejorar la calidad de los factores de emisión, datos de actividad y/o modelos locales que sean eficaces en relación con el costo y que reflejen las condiciones socioeconómicas de cada Estado Parte para la realización y la actualización periódica de los inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal, utilizando las metodologías comparables en que convenga la Conferencia de las Partes y de conformidad con las directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales adoptadas por la Conferencia de las Partes.

Por su parte, el Acuerdo de París de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (aprobado por el Senado de la República en fecha 14 de septiembre de 2016 y publicado en el Diario Oficial de la Federación en fecha 04 de noviembre de 2016) establece en el artículo 13, numeral 7, que cada Parte deberá proporcionar periódicamente un informe sobre el inventario nacional de las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero, elaborado utilizando las metodologías para las buenas prácticas aceptadas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático que hayan aprobado la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes.

En el ámbito regional latinoamericano, el Acuerdo Regional sobre el Acceso a la Información, la Participación Pública y el Acceso a la Justicia en Asuntos Ambientales en América Latina y el Caribe (aprobado por la Cámara de Senadores del Honorable Congreso de la Unión, el cinco de noviembre de dos mil veinte y publicado en el Diario Oficial de la Federación en fecha 22 de abril de 2021), conocido como Acuerdo de Escazú, establece en el artículo 6, numerales 1, que cada parte integrante del mismo garantizará, en la medida de los recursos disponibles, que las autoridades competentes generen, recopilen, pongan a disposición del público y difundan la información ambiental relevante para sus funciones de manera sistemática, proactiva, oportuna, regular, accesible y comprensible, y que actualicen periódicamente esta información y alienten la desagregación y descentralización de la información ambiental a nivel subnacional y local, fortaleciendo la coordinación entre las diferentes autoridades del Estado.

En tanto que en el numeral 2 de ese mismo artículo del Acuerdo, señala claramente que las autoridades competentes procurarán, en la medida de lo posible, que la información ambiental sea reutilizable, procesable y esté disponible en formatos accesibles, y que no existan restricciones para su reproducción o uso, de conformidad con la legislación nacional.

Resulta importante mencionar que en materia de parámetros de divulgación y difusión de la información ambiental, el Acuerdo de Escazú, en el numeral 6 del artículo 6 citado, establece que con el objeto de facilitar que las personas o grupos en situación de vulnerabilidad accedan a la información que particularmente les afecte, cada Parte procurará, cuando corresponda, que las autoridades competentes divulguen la información ambiental en los diversos idiomas usados en el país, y elaboren formatos alternativos comprensibles para dichos grupos, por medio de canales de comunicación adecuados.

Ahora bien, en cuanto a la recepción en el derecho interno de dichos instrumentos internacional, resulta necesario hacer referencia a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988), cuyo objeto es propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para, entre otros aspectos, garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente sano para su desarrollo, salud y bienestar, definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación, así como la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente; que en el artículo 2° fracción II, señala que la formulación y ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, se considera de utilidad pública.

Por lo anterior, la Ley General de Cambio Climático (publicada en el Diario Oficial de la Federación el 06 de junio de 2012), cuyo objeto, de conformidad con el artículo 2°, fracciones I, II III y IV, persigue varias finalidades, entre otras las de:

- Garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer la concurrencia de facultades de la federación, las entidades federativas y los municipios en la elaboración y aplicación de políticas públicas para la adaptación al cambio climático y la mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.
- Regular las emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero para que México contribuya a lograr la estabilización de sus concentraciones en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático considerando, en su caso, lo previsto por el artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y demás disposiciones derivadas de la misma.
- Regular las acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático.
- Reducir la vulnerabilidad de la población y los ecosistemas del país frente a los efectos adversos del cambio climático, así como crear y fortalecer las capacidades nacionales de respuesta al fenómeno.

En el artículo 3°, fracción XXV, define al Inventario como el documento que contiene la estimación de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros; y cuyos datos de emisiones a nivel nacional o estatal, integrados al Sistema de Información sobre el Cambio Climático, servirán como indicadores clave para atender temas como proyectos de reducción de gases de efecto invernadero, la vulnerabilidad de asentamientos humanos,

infraestructura, islas, zonas costeras y deltas de ríos, actividades económicas y afectaciones al medio ambiente, atribuibles al cambio climático, de conformidad con el artículo 77 de la misma.

Ahora bien, situándonos en el análisis del ámbito regulatorio de carácter local, la Constitución Política del Estado de Durango (publicada en el Periódico Oficial del Estado No. 69, el 29 de agosto de 2013), establece en el artículo 26 que “Las personas tienen derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado para su desarrollo, así como la obligación de conservarlo”. Así mismo, señala que “Las autoridades estatales y municipales desarrollarán planes y programas para la preservación y mejoramiento de los recursos naturales”.

En esa lógica, la Ley de Cambio Climático del Estado de Durango (publicada en el Periódico Oficial del Estado de Durango en fecha 07 de julio de 2013), tiene por objeto, según el artículo 1 “establecer las disposiciones concurrentes para el Estado y los Municipios en la elaboración y aplicación de las políticas públicas de protección al medio ambiente y de restauración del equilibrio ecológico en materia de cambio climático, así como la mitigación de sus efectos adversos, para proteger a la población coadyuvando al desarrollo sustentable.”

Para lo anterior, el artículo 3, párrafo segundo de dicha legislación señala que para el cumplimiento de los objetivos en esta Ley, se deberán fijar, en los diversos instrumentos programáticos estatales, metas y objetivos específicos de mitigación y adaptación e indicadores de sustentabilidad de las acciones.

Por su parte, el artículo 4 de dicha Ley de Cambio Climático, establece que en la definición de los objetivos y metas de adaptación y mitigación al cambio climático, las autoridades estatales y municipales deberán tomar en cuenta los diferentes estudios para hacer frente al cambio climático.

2.2.2. Arreglo institucional

El propósito de esta sección es establecer el ámbito de competencias y facultades del Estado de Durango en relación con la elaboración y emisión del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, como parte de la política pública sobre cambio climático. Esto permitirá obtener una visión del marco institucional actual a nivel local.

A lo anterior, la Constitución Política Estatal establece en el artículo 40 fracción VII, que el Estado establecerá las políticas del desarrollo económico, social y humano, de manera integral y sustentable, que fortalezcan el régimen democrático y que, mediante el desarrollo económico, la generación de empleos, y una justa distribución del ingreso y la riqueza, permitan mejorar las condiciones de vida de la población en general y el desarrollo equilibrado de las regiones que integran el territorio estatal; por lo que las políticas públicas tendrán, entre otros, el objetivo de construir un sistema económico y productivo sustentable y respetuoso del medio ambiente.

En ese sentido, para un mejor entendimiento de las atribuciones locales respecto de la elaboración y expedición de un inventario estatal de gases de efecto invernadero, es necesario

revisar el marco concurrente aplicable en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente relacionados con la materia de cambio climático.

A lo anterior, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, señala en el artículo 7, fracción XXI, que las acciones de formulación y ejecución de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático, son atribuciones que podrán ejercer las entidades federativas, de acuerdo a lo estipulado en su legislación local aplicable.

Por su parte, según el artículo 8, fracciones I y XII de la Ley General de Cambio Climático, corresponde a las entidades federativas, formular, conducir y evaluar la política local en materia de cambio climático en concordancia con la política nacional, así como también, elaborar e integrar la información de las categorías de fuentes emisoras de su jurisdicción para integrar el inventario estatal de emisiones, conforme a los criterios e indicadores elaborados por la federación en la materia.

En ese sentido, la Ley de Gestión Ambiental Sustentable para el Estado de Durango (publicada en el Periódico Oficial No. 50, el 24 de junio de 2010), según el artículo 5° fracción II, corresponden al Gobierno del Estado por conducto de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (en adelante la Secretaría), la formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal

En adición a lo anterior, y de acuerdo con el marco legal aplicable, la Secretaría, en estrecha coordinación con los Ayuntamientos, en el ámbito de sus competencias, tiene la atribución de mantener actualizado el inventario de fuentes emisoras de contaminantes a la atmósfera siempre que sean de competencia estatal y de igual manera deberá coordinarse con los municipios para la debida integración del inventario en el Estado, mismo que formará parte del Sistema de Información Ambiental y de Recursos Naturales, según lo indicado por los artículos 68 fracción IV y 102 de la mencionada Ley de Gestión Ambiental Sustentable para el Estado de Durango.

Resulta conveniente mencionar que para efectos de la Ley de Cambio Climático del Estado de Durango, específicamente de acuerdo con lo establecido en el artículo 9, la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Durango (en adelante la Comisión), tendrá por objeto la definición de las políticas y la Estrategia Estatal para la mitigación y adaptación al cambio climático a través de planes y programas, así como la coordinación entre el gobierno estatal y los municipios del Estado.

En este sentido, el artículo 11, fracciones II, III y VI de la ley climática estatal mencionada, establece las atribuciones de la Comisión, que entre otras, se refiere a: coordinar las acciones de las dependencias y entidades de la Administración Pública Estatal en materia de cambio climático; regular y determinar la temporalidad en la elaboración y actualización de la Estrategia Estatal, de las evaluaciones de impacto económico del cambio climático, de los atlas de riesgo y demás estudios que se consideren necesarios, así como también, aprobar la Estrategia Estatal y coordinar su instrumentación.

Cabe mencionar que de acuerdo con el artículo 23 de la Ley de Cambio Climático del Estado de Durango, la Estrategia Estatal de Mitigación y Adaptación ante los Efectos del Cambio Climático (en adelante la Estrategia Estatal) es el instrumento rector que precisará las posibilidades e intervalos de reducción de emisores de gases de efecto invernadero, así como los estudios necesarios para definir metas de mitigación, donde se hace patente la necesidad de contar con un inventario de emisiones de efecto invernadero claro y preciso.

Con base en lo anterior, los programas estatales de acción ante el cambio climático fijen objetivos, metas, estrategias, prioridades, responsabilidades y tiempos de ejecución comunes sobre las acciones de mitigación en concordancia con la Estrategia Estatal.

Por su parte, es el Reglamento Interno de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Durango (publicado en el Periódico Oficial No. 91, el 15 de noviembre de 2018), el instrumento que en el artículo 3, fracción III, define al inventario como el documento que contiene la estimación de las emisiones por las fuentes antropógenas y de la absorción por los sumideros. En esta lógica, el artículo 6, fracciones I y II indican que las atribuciones de la Comisión se referirán, entre otras, a integrar el diagnóstico sobre la problemática del cambio climático y su impacto en el Estado, así como mantener actualizado el Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático.

2.2.3. Aseguramiento y control de calidad (AC/CC) y verificación del inventario

El cálculo de emisiones del inventario se desarrolló conforme al sistema de gestión de calidad (SGC) con estándares internacionales, compuesto por seis microprocesos (INECC-SEMARNAT, 2018). El control de calidad (CC) se basó en la revisión cruzada de datos entre los miembros del equipo técnico del Centro Mario Molina, actores clave de cada uno de los sectores estimados, y el Área de Cambio Climático del Estado de Durango. Además, las herramientas utilizadas para estimar las emisiones incluyen controles de calidad diseñados para prevenir errores y duplicidades en el registro.

2.2.4. Cambios en el sistema del inventario desde el anterior IEEGYCEI

Esta actualización del IEEGYCEI se ha concebido siguiendo los preceptos y la configuración del sistema de gestión de calidad (SGC) del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, México 1990-2019 (INEGYCEI), concebido para ajustarse a los lineamientos del IPCC. Según el INEGYCEI, el SGC se compone de seis fases fundamentales para su elaboración:

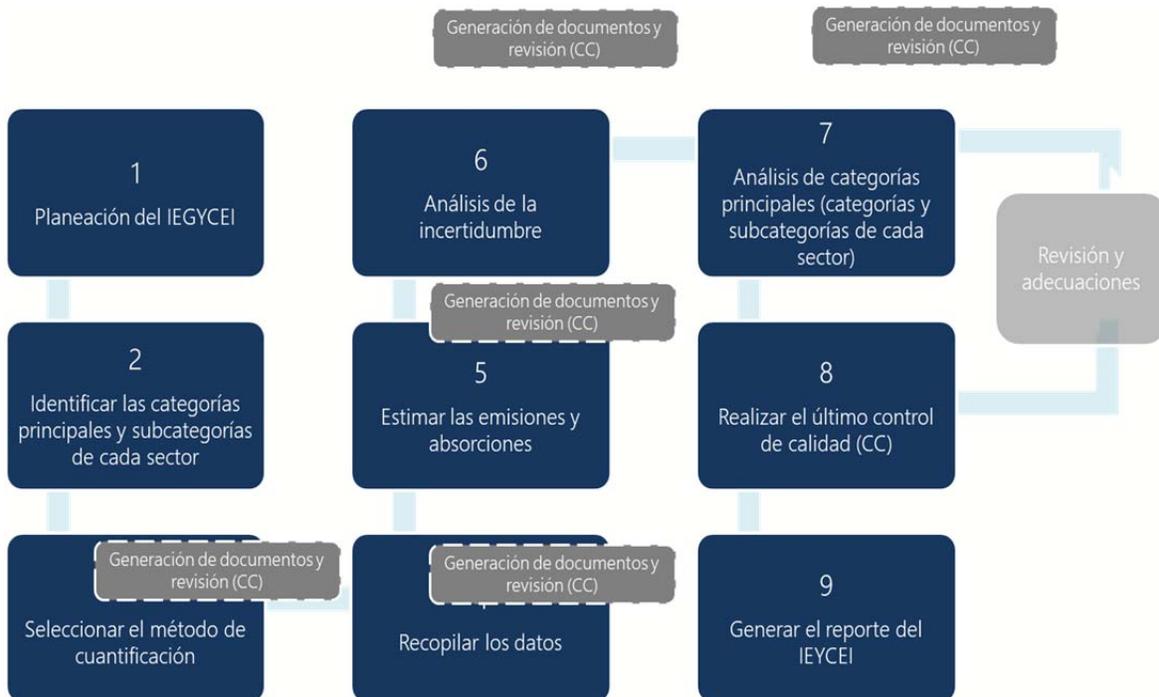
1. Planeación. Conformado por la estructuración de las etapas a través de la revisión de los inventarios anteriores y el aseguramiento de calidad para la incorporación de acciones correctivas y mejoras. Considera la proyección de actividades a realizar en el

- tiempo determinado para la entrega, la revisión de insumos requeridos y necesidades de información, así como el establecimiento de arreglos institucionales y la asignación de responsabilidades por tema.
2. Recopilación de información. Consiste en el envío de solicitudes de información a las entidades públicas y privadas, así como la evaluación de la información recibida.
 3. Estimaciones. Comprende la elaboración de hojas de cálculo.
 4. Control de calidad. Comprende las actividades mencionadas en la sección anterior (1.2.3)
 5. Autorizaciones. Representa las actividades de revisión y aprobación de actores clave y la Unidad de Desarrollo Sustentable del Estado de Durango, así como la revisión por parte del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)
 6. Integración del reporte y publicación. Elaboración de informes para el cumplimiento de obligaciones nacionales e internacionales.

2.3. Preparación del IEEGYCEI

El proceso de preparación del inventario se ilustra en la Figura 2 e implicó la realización de reuniones y talleres con actores clave que disponen de la información pertinente para su elaboración.

Figura 2. Diagrama de proceso para la actualización del IEEGYCEI para el Estado de Durango.



Fuente: Elaboración propia.

Los principales expertos responsables del desarrollo del IEEGYCEI son los enlistados en la Tabla 3:

Tabla 3. Equipo responsable del IEEGYCEI

Sector	Categoría	Expertos responsables
	Coordinadora del IEEGYCEI	Ing. Graciela Hernández
[1] Energía	[1]	Ing. Ángel Pérez
	[1A3] Transporte	Ing. Salvador Montero
[2] PIUP	[2]	Ing. Graciela Hernández
	[2F]	Mtra. Julieta Leo
[3] ASOUT	[3A] Ganadería.	Lic. Nancy Hernández
	[3B] Tierra	Biol. Agustín de la Rosa
	[3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra.	Lic. Nancy Hernández
	[3D] Productos de madera recolectada (PMR)	Lic. Nancy Hernández
[4] Residuos	[4A] Eliminación de residuos sólidos.	Mtra. Julieta Leo
	[4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos.	Mtra. Julieta Leo
	[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales.	Ing. Graciela Hernández

Fuente: Elaboración propia.

Los días 6 y 7 de diciembre de 2023, se expusieron los avances de los resultados del inventario durante el taller "Sectorial para la recopilación de información con actores clave". Este evento congregó a diversos representantes de instituciones gubernamentales, entidades privadas e instituciones de investigación. A raíz de los cuatro talleres realizados, se identificaron nuevas fuentes de información y se realizaron ajustes en las metodologías, lo que contribuyó a mejorar las estimaciones de emisiones en el presente inventario.

En la Tabla 4 se presentan las principales instituciones y fuentes de información y en la Figura 3 se presentan a los actores clave por sector y subsector identificados en el Estado de Durango.

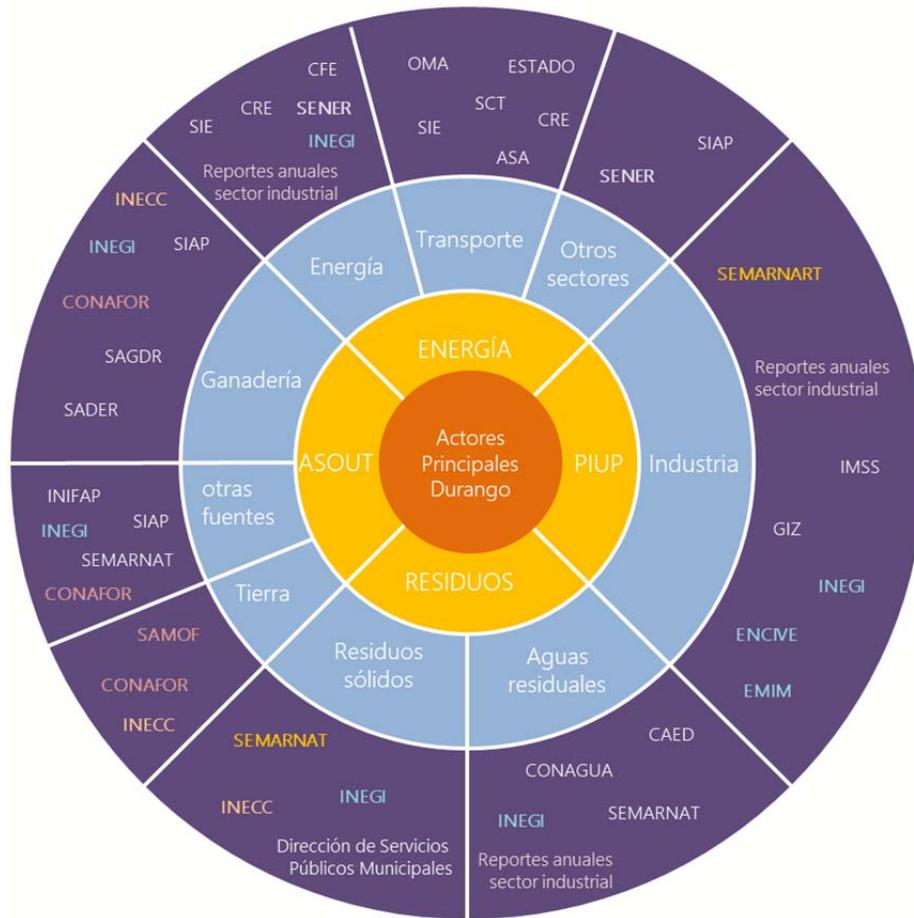
Tabla 4 Principales instituciones y fuentes de información

Fuente	Institución responsable	Sector o categoría en la que se emplea
Balance nacional de energía.	Sistema de información energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER)	[1] Energía.
Consumo de combustibles fósiles para la producción de electricidad.	Comisión Federal de Electricidad (CFE). Sistema de información energética (SIE) de la Secretaría de Energía (SENER). Comisión Reguladora de Energía.	[1A1a] Generación de energía eléctrica.
Consumo combustible aviación.	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA)	[1A3a] Aviación Civil.
Padrón vehicular	Estado de Durango	[1A3b] Transporte terrestre
Consumo de combustibles en el transporte terrestre	Comisión Reguladora de Energía (CRE)	[1A3b] Transporte terrestre
Consumo de combustibles en el transporte ferroviario	Sistema de Información Energética (SIE)	[1A3c] Transporte ferroviario
Cedulas de Operación Anual (COA)	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) Estado de Durango	[1A] Energía [1B2] Petróleo y gas [2] PIUP
Sistema de información económica.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).	[2] PIUP.
Encuestas mensuales de la industria manufacturera (EMIM).	INEGI.	[2] PIUP.
Censos económicos 2009, 2014 y 2019	INEGI.	[2] PIUP.
Encuesta Nacional sobre Consumo de energéticos en Viviendas 2018 (ENCEVI)	INGEI	[2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)
Directorio de Instituciones de salud en México, número de camas hospitalarias	Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)	[2F] Uso de productos sustitutos de las SAO
Estadísticas anuales de producción agrícola y pecuaria.	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).	[3A] Ganado. [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO ₂ de la tierra.
Encuesta Nacional Agropecuaria.	Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).	[3A] Ganado.

Fuente	Institución responsable	Sector o categoría en la que se emplea
Estadísticas Anuales	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural del Estado de Durango (SAGDR)	[3A] Ganado.
Información climatológica.	Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).	[3A2] Sistemas de manejo de estiércol de ganado. [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO ₂ de la tierra.
Sistema nacional de monitoreo forestal (SAMOF)	Comisión Nacional Forestal (CONAFOR)	[3B] Tierra.
Cartas de uso de suelo y vegetación	INEGI	[3b] Tierra
Agendas técnicas agrícolas.	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)	[3C4] Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados.
Superficies fertilizadas estatales.	INEGI. SIAP.	[3C4] Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados.
Anuarios Estadísticos Forestales	SEMARNAT	[3D1] Productos de madera recolectada (PMR)
Encuesta nacional de residuos sólidos urbanos (ENRSU)	SEMARNAT.	[4A] Eliminación de residuos sólidos.
Proyecciones de la población nacional.	Consejo Nacional de Población (CONAPO) de la Secretaría de Gobernación (SEGOB).	[4A] Eliminación de residuos sólidos.
Volúmenes de residuos sólidos urbanos y de manejo especial confinados Composición de residuos sólidos urbanos	Secretarías Municipales de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango	[4A] Eliminación de residuos sólidos.
Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Demarcaciones Territoriales de la Ciudad de México 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 y 2021	INEGI.	[4A] Eliminación de residuos sólidos.
Censo de población y Vivienda 2010, 2020	INEGI	[4C2] Quema abierta de residuos
Información sobre plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).	CONAGUA. CAED	[4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Mapa de actores clave para la recopilación de información en el Estado de Durango



Fuente: Elaboración propia

2.4. Visión general de las metodologías y fuentes de datos utilizadas

En la actualización del presente Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (IEEGYCEI), se ha velado por asegurar la adhesión a los principios de calidad establecidos por el IPCC, tales como la coherencia, exhaustividad, comparabilidad, exactitud y transparencia. Esto se logró a través de estimaciones que siguen las pautas establecidas en las Directrices de 2006 y su posterior Refinamiento en 2019 para la medición de emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.

Al considerar los árboles de decisión presentes en las Directrices de 2006, se determinó el nivel de detalle más adecuado para las circunstancias estatales a fin de calcular las emisiones. Este proceso comprendió la especificación matemática de los métodos, las fuentes de actividad y la utilización de información precisa sobre los factores de emisión y otros parámetros necesarios para realizar las estimaciones. Se hicieron uso de datos de actividad estatales y factores de

emisión apropiados a las condiciones del país y/o del Estado, junto con los Potenciales de Calentamiento Global a cien años del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC de 2014, con el objetivo de determinar el total de emisiones en Gigagramos de dióxido de carbono equivalente (GgCO_{2e}).

Las metodologías y factores de emisión empleados y detallados en esta actualización del IEEGYCEI son considerados, hasta la fecha, como los más adecuados basados en los datos de actividad disponibles.

El presente IEEGYCEI abarca el Estado de Durango y calcula las emisiones y absorciones de los seis gases contemplados en el Protocolo de Kioto (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆), además del NF₃ y las emisiones de carbono negro (CN). Para mantener la coherencia en la serie temporal, se presentan los datos correspondientes al período 2010-2020 en todos los sectores, con la excepción de [3B], que abarca el período de 2010-2022. Las mejoras implementadas en las metodologías y los datos de actividad en esta actualización se han llevado a cabo siguiendo los procedimientos de aseguramiento de calidad, control de calidad y verificación. Estas mejoras tienen como objetivo principal aumentar la coherencia, exhaustividad, comparabilidad, precisión y transparencia en las estimaciones de las emisiones y absorciones a nivel nacional.

2.5. Breve descripción de las categorías clave

La identificación de las categorías clave permiten jerarquizar aquellas que sean prioritarias en el sistema de inventarios y cuya estimación influye significativamente sobre el inventario total de gases de efecto invernadero, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia o la incertidumbre de emisiones y absorciones de GEI. Además, permite priorizar los recursos disponibles al concentrar los esfuerzos para mejorar las estimaciones en la elaboración de los inventarios.

El análisis de categorías clave es la identificación de las fuentes principales de emisión, y que por lo tanto influyen significativamente en el inventario total de gases de efecto invernadero, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia o la incertidumbre de emisiones y absorciones de GEI (Tabla 5). Un total de 20 fuentes aportan el 95.42% de las emisiones estatales de GEI. En el Anexo I se presenta el total de las fuentes de emisión ordenadas por su contribución porcentual a las emisiones de GEI del Estado de Durango en 2022.

Tabla 5. Categorías clave en el Estado de Durango

Código	Categoría	Gas	Evaluación del nivel	Total acumulativo de la evaluación del nivel
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal	CO ₂	31.71%	31.71%
1A1a	Industrias de la energía. Generación eléctrica	CO ₂	11.95%	43.65%
3A1	Fermentación entérica	CH ₄	10.76%	54.41%
3D1	Productos de madera recolectada	CO ₂	10.47%	64.89%

Código	Categoría	Gas	Evaluación del nivel	Total acumulativo de la evaluación del nivel
1A3b	Transporte terrestre	CO ₂	9.97%	74.85%
3B3a	Praderas que permanecen como tal	CO ₂	4.77%	79.62%
3B3b	Tierras convertidas en praderas	CO ₂	2.96%	82.58%
3C4	Directas N ₂ O por manejo de suelos	N ₂ O	2.41%	84.99%
3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO ₂	1.69%	86.68%
4A1	Sitios de eliminación de desechos gestionados	CH ₄	1.16%	87.84%
3A2	Manejo de excretas	N ₂ O	1.12%	88.97%
1A2d	Industria de la pulpa, papel e imprenta	CO ₂	1.05%	90.02%
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.	CO ₂	0.96%	90.98%
3A2	Manejo de excretas	CH ₄	0.89%	91.87%
3C1a	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras forestales	CH ₄	0.85%	92.73%
3C5	Indirectas N ₂ O por manejo de suelos	N ₂ O	0.63%	93.36%
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH ₄	0.62%	93.98%
3C6	Indirectas N ₂ O por SME	N ₂ O	0.54%	94.53%
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH ₄	0.44%	94.97%
3C1a	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras forestales	N ₂ O	0.45%	95.42%

Fuente: Elaboración propia

2.6. Evaluación general de la incertidumbre

La estimación de la incertidumbre se llevó a cabo siguiendo las Directrices de 2006 y su Refinamiento 2019 mediante el "Método 1: Propagación del error", clasificando por categorías, tendencias y gases de efecto invernadero, desde el año base (2010) hasta el año de interés (2022). Las incertidumbres vinculadas a los datos de actividad y factores de emisión fueron obtenidas directamente de fuentes de información nacionales. En ausencia de esta información, se recurrió a los rangos de incertidumbre predeterminados establecidos en las Directrices de 2006 y su Refinamiento 2019.

La incertidumbre total del IEEGYCEI, sin considerar absorciones fue de $\pm 11.32\%$, correspondiente a un rango de variabilidad entre 11,707.59 y 14,695.59 GgCO₂e, para la emisiones netas la incertidumbre fue de $\pm 708.69\%$, lo que corresponde a un rango entre 8,841.69 y 11,746.86 GgCO₂e.

El sector energía presentó una incertidumbre de $\pm 3.40\%$. (7,098.87-7,599.10 GgCO₂e) las fuentes que más contribuyen a esta varianza es [1B2b] Gas natural con $\pm 50.57\%$ (50.76-154.61 GgCO₂e) y [1A4b] Residencial con $\pm 50.55\%$ (41.18-125.38 GgCO₂e).

En el sector PIUP, la incertidumbre fue de $\pm 69.98\%$ (35.08-198.63 GgCO₂e), la fuente principal de emisiones que contribuye a tal varianza es [2F1] Refrigeración y aire acondicionado $\pm 120.60\%$ (-13.81-147.91 GgCO₂e)

En ASOUT la incertidumbre se estimó en $\pm 150.58\%$ (-17,093.37 - 3,450.20 GgCO₂e), para la categoría ganadería se estimó en $\pm 35.73\%$ (2,277.11-4,808.59 GgCO₂e), en Tierra en $\pm 114.28\%$ (-18,925.07 - 1,262.60 GgCO₂e) y fuentes agregadas y fuente de emisión distintas al CO₂ [3C] en $\pm 29.55\%$ (975.40 - 1,793.76 GgCO₂e) y [3D1] PMR con $\pm 43.30\%$ (-4,161.94-(-1,646.60) GgCO₂e) donde las fuentes que más contribuyeron fueron [3B3] Praderas con $\pm 1,714.76\%$ (-9,113.52-8,109.14 GgCO₂e) y [3B2] Tierras de cultivo $\pm 109.10\%$ (-37.13-853.41 GgCO₂e)

Por último el sector residuos presentó una incertidumbre de $\pm 77.58\%$ (181.23-1,453.4 GgCO₂e) donde la fuente sitios gestionados para la eliminación de residuos presenta una incertidumbre de $\pm 37.51\%$ (244.06-537.02 GgCO₂e), Incineración a cielo abierto de residuos se estimó en (-219.13-984.33. En el Anexo II, se presentan las incertidumbres para tipo de categoría y subcategoría.

2.7. Evaluación general de la exhaustividad

La exhaustividad en un inventario significa que se han estimado los GEI para todas las categorías y fuentes. El IEEGYCEI abarca el territorio del Estado de Durango e incluye la estimación de las emisiones y absorciones de: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆, NF₃ y carbono negro. En todos los sectores se reportan los datos del periodo 2010-2020, con excepción de [3B], que se reporta para el periodo de 2000-2022.

Algunas de las categorías han sido excluidas debido a la falta de datos de actividad o por falta de metodologías apropiadas, las cuales se han reportado utilizando claves de notación recomendadas por las Directrices 2006: "NO" (no ocurre); "NE" (no estimada); "NA" (no aplica); "IE" (incluidas en otra parte) y "C" (confidencial). En la Tabla 6, se enlistan las categorías y subcategorías que se han excluido y su estatus.

Tabla 6 Categorías excluidas o incluidas en otra parte del IEEGYCE de Durango

Clave	Categoría	Justificación
NE	[1B1b] Combustión espontánea y vertederos para quema de carbón.	No se cuenta con la información suficiente.
NE	[2G2] SF ₆ y PFC de otros usos de productos.	
NE	[2G3] N ₂ O de usos de productos.	
NE	[2H1] Industria de la pulpa y el papel	
NE	[2H3] Otros.	
NE	[2F3] Protección contra incendios	
NE	[2H2] Industria de la alimentación y las bebidas	
NE	[3B4a] Humedales que permanecen como tales.	
NO	[1A1b] Refinación de petróleo	No ocurre la actividad en el Estado
NO	[1A1C] Manufactura de combustibles sólidos y otras industrias de la energía	
NO	[1C1] Transporte de CO ₂ .	
NO	[1C2a] Inyección de CO ₂	
NO	[1C2b] Almacenamiento de CO ₂ .	
NO	[2A1] Producción de cemento	
NO	[2A2] Producción de cal	
NO	[2A3] Producción de vidrio	
NO	[2A4] Otros usos de carbonatos	
NO	[2A5] Otros.	
NO	[2B] Industria química	
NO	[2E] Industria electrónica	
NO	[2F2] Agentes espumantes	
NO	[2F4] Aerosoles	
NO	[2F5] Solventes	
NO	[2F6] Otras aplicaciones	
NO	[2G3] N ₂ O de uso de productos	
NO	[2G4] Otros	
NO	[2H3] OTROS	
NO	[3C2] Encalado*	
NO	[3C7] Cultivo de arroz	
NO	[3D2] Otros	
NO	[4B] Tratamiento biológico de los desechos sólidos	
NO	[4E] Otros	

*para el año 2022 no se reportan datos.

Fuente: Elaboración propia

3. Emisiones de GEI 2022 y tendencia histórica

En este capítulo, se ofrece una síntesis de los aspectos más relevantes de las tendencias observadas en la estimación de las emisiones y absorciones del IEEGYCEI en la serie temporal analizada.

3.1. Principales indicadores socioeconómicos

En la Tabla 7, se muestra la evolución del producto interno bruto (PIB) y la población de Durango en el periodo inventariado (2010-2022).

Tabla 7. Principales indicadores económicos

Año	PIB a precios constantes de 2013 (miles de millones de pesos), Durango	Incremento PIB respecto a 2010 (%)	Población en el Estado de Durango	Incremento de población respecto a 2010 (%)
2010	169,268	NA	1,632,934	na
2011	176,315	4.16%	1,654,201	1.30%
2012	182,943	3.76%	1,682,499	3.04%
2013	189,053	3.34%	1,700,760	4.15%
2014	192,969	2.07%	1,718,566	5.24%
2015	192,888	-0.04%	1,755,806	7.52%
2016	200,661	4.03%	1,771,175	8.47%
2017	199,559	-0.55%	1,786,544	9.41%
2018	202,272	1.36%	1,801,912	10.35%
2019	204,046	0.88%	1,817,281	11.29%
2020	189,953	-6.91%	1,832,650	12.23%
2021	200,397	5.50%	1,848,019	13.17%
2022	210,652.72	5.12%	1,863,388	14.11%

Fuente: <https://www.inegi.org.mx/>

Se puede apreciar que la tendencia histórica del Producto Interno Bruto (PIB) y la población en el Estado de Durango ha experimentado un crecimiento constante entre 2010 y 2022. En 2022, el PIB aumentó en un 1.84% con respecto al año 2010. Asimismo, la población en ese mismo lapso aumentó en un 1.11%.

Según estimaciones realizadas en otros inventarios, se ha establecido una correlación entre el comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el crecimiento económico y poblacional. Durante el año 2022, la tendencia histórica del Producto Interno Bruto (PIB) estatal reflejó una disminución del -6.91% en comparación con el año anterior, atribuible a las restricciones impuestas durante la pandemia de COVID-19. Por otro lado, la población estatal continuó aumentando de manera constante hasta el año 2022.

3.2. Descripción e interpretación de las tendencias agregadas de las emisiones

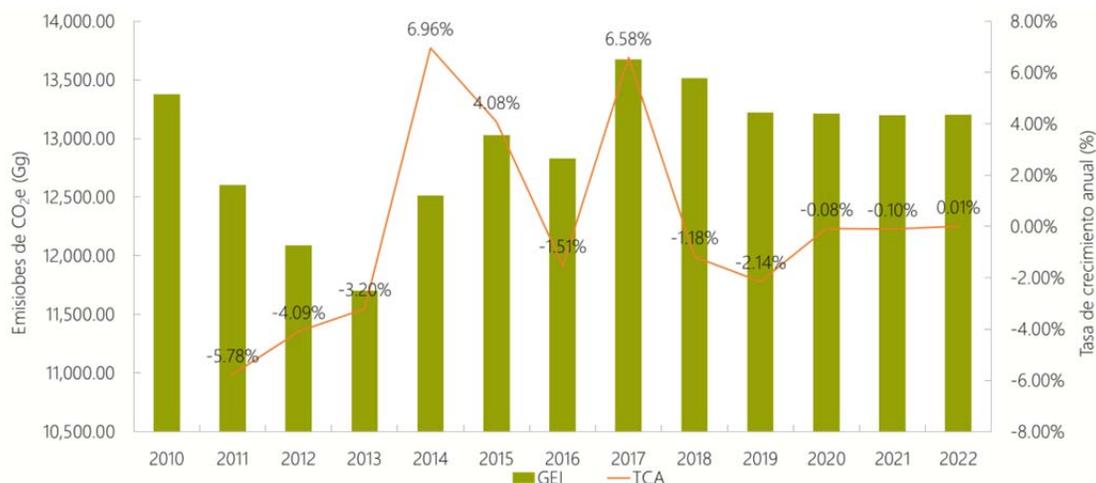
Las emisiones (excluyendo absorciones) entre 2010 (13,376.42 GgCO₂e) y 2022 (13,201.59 GgCO₂e) reflejaron una disminución constante, con una tasa de crecimiento promedio anual (TCMA) del -0.11%, como se ilustra en la Figura 4, existe una disminución sostenida desde 2018, aunque para el año proyectado 2022, se observa un incremento del 0.01%.

El comportamiento de las emisiones en la serie histórica está relacionado principalmente con el crecimiento de la economía estatal y de su población. La tendencia histórica del PIB estatal presentó un aumento en 2022 del 5.12% con respecto a su año anterior, esto se ve reflejado en un aumento en las emisiones de PIUP, ASOUT y Residuos, además de presentar un crecimiento constante en su población, en 2022 se presenta un crecimiento del 0.83% con respecto al año anterior, pese a tales incrementos, las tendencias de crecimiento de las emisiones es negativa debido principalmente a una disminución en las emisiones por la generación de electricidad (-2.38%) además que las tendencias de crecimiento de las emisiones en los otros sectores se han dado de manera menos acelerada.

El comportamiento del sector energía está relacionado directamente con el comportamiento en el consumo de combustibles fósiles en las diferentes áreas productivas del Estado. De igual forma, el comportamiento de las emisiones por el sector residuos depende principalmente del crecimiento poblacional y las actividades industriales en el Estado. Las absorciones en la captura de carbono por UTCUTS, dependen del comportamiento de la permanencia del uso de suelo cada año.

Por otro lado, en relación a las absorciones, se observa que la categoría [3B] tierra redujo su capacidad de absorción en un -0.78% durante el período mencionado. Este descenso se atribuye a la conversión de tierras de cultivo y praderas, generando una liberación de 1,290.33 MtCO₂e. En contraposición, la conservación de tierras forestales permitió la absorción de -8,793.13 GgCO₂e y los productos de madera recolectada (PMR) absorbieron -2,904.27 GgCO₂e.

Figura 4. Tendencia de las emisiones de GEI 2010-2022



Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se presentan las tendencias de las emisiones y absorciones de GEI en el Estado de Durango para el año 2010 y 2022.

Tabla 8. Tendencia de las emisiones y absorciones de GEI (GgCO₂e), Durango, 2010-2022

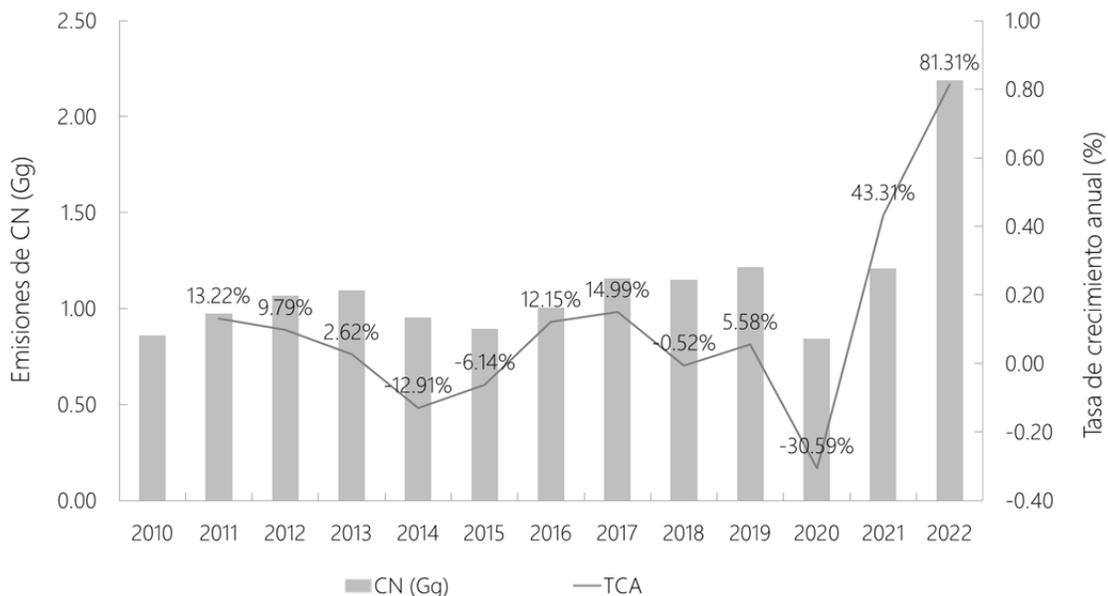
Código IPCC	Sector/subsector	2010	2022	TMCA 2010-2022
[1]	Energía	7,822.15	7,348.99	-0.52%
[1A]	Actividades quema de combustible	7,726.02	7,246.22	-0.53%
[1A1]	Industrias de la energía	4,426.26	3,316.22	-2.38%
[1A2]	Industrias manufactureras y de la construcción	526.35	882.74	4.40%
[1A3]	Transporte	2,617.94	2,893.01	0.84%
[1A4]	Otros sectores (comercial, residencial y agricultura)	155.47	153.73	-0.09%
[1A5]	Sector no especificado	0	0.5	
[1B2]	Petróleo y gas natural	96.13	102.77	0.56%
[2]	PIUP	106.91	116.85	0.74%
[2C]	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	73.74	49.50	-3.27%
[2D]	Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	0.312	0.304	-0.19%
[2F]	Uso de productos sustitutos de las SAO	32.85	67.05	6.13%
[3]	ASOUT	-3,751.32	-6,821.59	5.11%
[3]	ASOUT (sin 3B y 3D)	4,835.24	4,927.42	0.16%

Código IPCC	Sector/subsector	2010	2022	TMCA 2010-2022
[3A]	Ganado	4,102.77	3,542.84	-1.22%
[3B]	Tierra	-9,714.56	-8,844.73	-0.78%
[3C]	Fuente agregadas y fuentes de emisión no CO2 de la tierra	732.47	1,384.58	5.45%
[3D1]	Productos de madera recolectada	1,128.01	-2,904.27	
[4]	RESIDUOS	612.13	808.33	2.34%
[4A]	Eliminación de residuos sólidos	207.05	390.54	5.43%
[4C]	Incineración e incineración abierta de residuos	41.29	35.19	-1.32%
[4D]	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	363.79	382.60	0.42%
Emisiones sin 3B y 3D (Gg en CO ₂ e)		13,376.42	13,201.59	-0.11%
Emisiones netas (Gg en CO ₂ e)		4,789.86	1,452.59	-9.46%

Fuente: Elaboración propia.

En relación al comportamiento tendencial de las emisiones de carbono negro entre 2010 y 2022, la Figura 5 muestra una TMCA de 8.10% pasando de 0.86 GgCN en 2010 a 2.19 GgCN en 2022. Este aumento se atribuye principalmente a las emisiones generadas por la quema de biomasa en tierras forestales (43.64%), la quema de diésel en vehículos automotores (37.53%), y la quema de biomasa en praderas (12.1645%).

Figura 5. Tendencia de las emisiones de carbono negro (CN) en Durango, 2010 al 2022.



Fuente: Elaboración propia.

3.3. Descripción e interpretación de las emisiones por sectores

El IPCC considera los siguientes sectores para los cuales se contabilizan las emisiones y las absorciones de GEI:

1. Sector Energía: abarca la combustión de combustibles fósiles como gasolina, diésel, gas licuado de petróleo (GLP), gas natural, combustóleo, petróleo, así como biomasa como madera, residuos agrícolas y desechos. Estos elementos se utilizan en la generación de energía eléctrica y/o calor en plantas termoeléctricas, hornos, calderas, estufas, transporte, entre otros procesos industriales.
2. Sector de Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP): abarca las emisiones de CYGEI generadas por los procesos industriales, ya sea a través del uso directo de GEI en la producción o por la utilización no energética del carbono presente en los combustibles fósiles. Las fuentes principales de emisiones provienen de los procesos industriales que transforman materias primas mediante métodos físicos o químicos.
3. Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (ASOUT): abarca las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de actividades pecuarias, como la fermentación entérica del ganado y el manejo de estiércol, así como las emisiones generadas por actividades agrícolas, que incluyen el manejo del suelo, el cultivo de arroz y la quema de residuos de cosechas en campo. En el subsector de Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) se registran tanto las emisiones como las absorciones relacionadas con los cambios y la permanencia en el uso del suelo.
4. Sector Residuos: abarca las emisiones generadas por la gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), el tratamiento biológico de residuos sólidos, la incineración y quema a cielo abierto de residuos, así como el tratamiento y eliminación de aguas residuales tanto domésticas como industriales.

En 2022, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el Estado de Durango se estimaron en 13,201.59 GgCO₂e (sin considerar absorciones). Tras considerar una absorción de -13,123.01 GgCO₂e, las emisiones netas se calculan en 1,452.59 GgCO₂e. Este balance refleja un exceso de emisiones de GEI, dado que la cantidad absorbida es inferior a la cantidad emitida.

El sector que mayor aportación tiene al IEEGYCEI (sin considerar absorciones) es Energía [1], con un 55.67%, seguido por ASOUT [2], con un 37.32%, Residuos [4], con un 6.12%. y el restante corresponde a PIUP [2], con un 0.89%.

Al analizar los subsectores (sin considerar absorciones), las mayores contribuciones a las emisiones de GEI en 2022 provienen de la quema de combustibles para la generación de electricidad [1A1a], con un 25.12%; seguido por la fermentación entérica [3A1], con un 22.60%; el transporte terrestre [1A3b], con un 21.91%; Industria de la manufactura y la construcción [1A2], con un 6.68%; emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados [3C4], con un 4.80%; gestión del estiércol [3A2], con un 4.24%; emisiones por quema de biomasa en tierras de cultivo

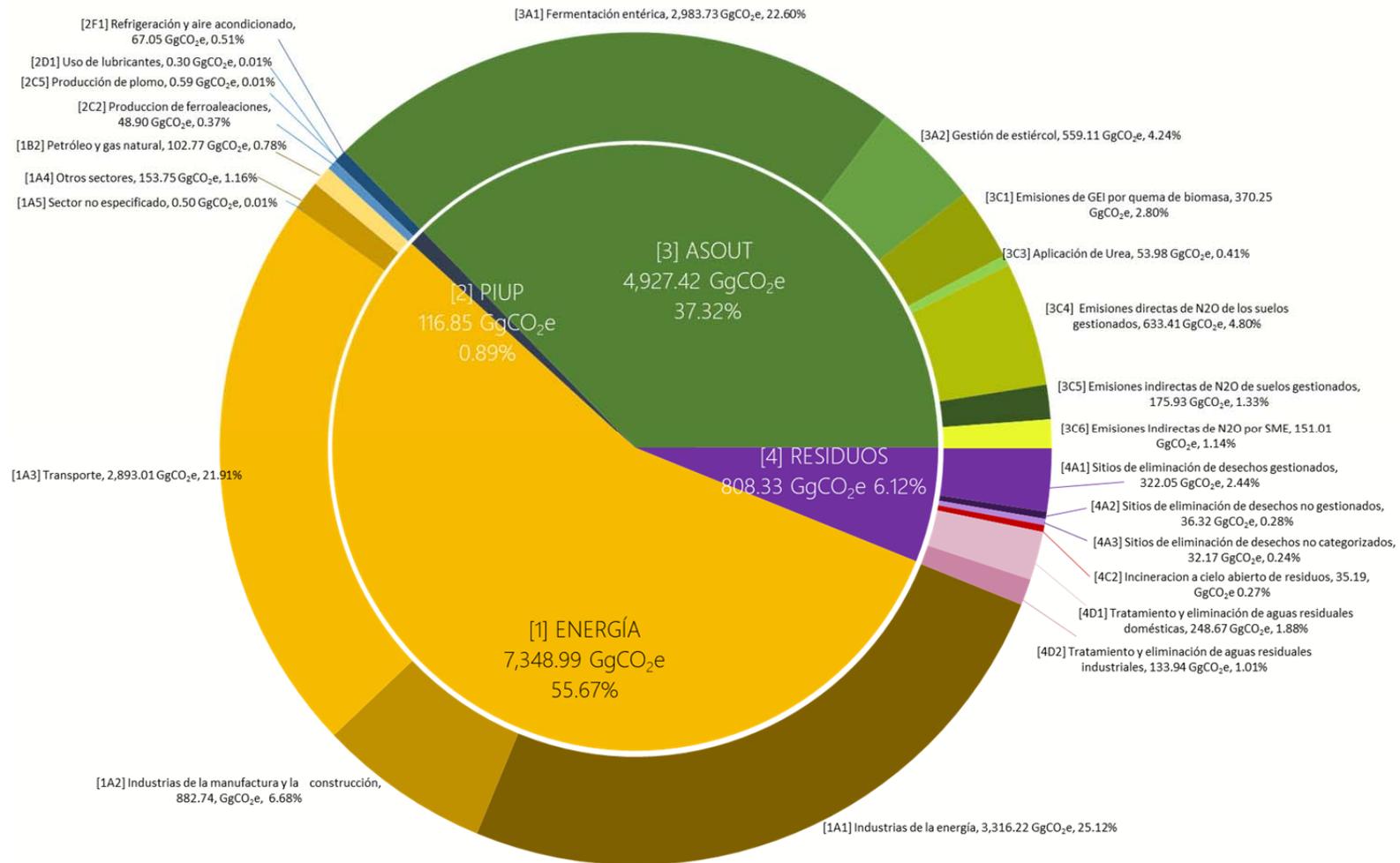
[3C1], con un 2.80%, los sitios gestionados [4A1], con un 2.44%. Estos ocho subsectores contribuyen al 90.60% de las emisiones totales del Estado de Durango en el año 2022.

El comportamiento del sector ASOUT está intrínsecamente ligado al crecimiento demográfico y a las actividades agrícolas del Estado. De manera similar, el desempeño del sector del transporte terrestre y la generación de electricidad se vincula directamente con el consumo de combustibles fósiles y el aumento de la población.

Se registran variaciones en la captura de carbono en el subsector [3B] Tierra, también conocido como "Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)", que está influenciado por los cambios en el uso del suelo cada año. Se observa una disminución en la capacidad de absorción en el Estado de Durango, principalmente atribuida a la conversión de tierras en praderas y humedales.

En la Figura 6, se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero por sector, según la clasificación del IPCC: Energía [1], Procesos Industriales y Uso de Productos (PIUP) [2], Agricultura, silvicultura y Otros Usos de la Tierra (ASOUT) [3] y Residuos [4], junto con sus respectivos subsectores para el año 2022 y en la Tabla 9 se presentan las emisiones y absorciones en el Estado por nivel para el año 2022.

Figura 6. Emisiones de GEI del Estado de Durango, 2022



Notas: La gráfica presenta las emisiones de GEI cuantificadas sin las absorciones de las categorías [3B] Tierra y [3D] Otros a nivel sector (círculo interno), y a nivel categoría (anillo exterior). Cada nivel suma la totalidad de las emisiones estimadas, y la tonalidad de color identifica las emisiones de cada categoría con el sector al que pertenecen. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9 Emisiones y absorciones de GEI en el Estado de Durango, por nivel, 2022

IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones totales	Emisiones sin [3B] Tierra y [3D] PMR	CO2	CH4	N2O	HFC	Participación porcentual REDONDEO	Nivel de Precisión	Incertidumbre (%)	Absorciones 2022
		Gg de CO2e										
	TOTAL DE EMISIONES / ABSORCIONES	1,452.59	14,575.60	13,201.59	7,220.63	4,329.49	1,584.42	67.05	100.00%			-13,123.01
1	ENERGÍA	7,348.99	7,348.99	7,348.99	7,099.68	152.59	96.72	0.00	55.61%	1 y 3	3.33	0.00
1A	Actividades de quema del combustible	7,246.21	7,246.21	7,246.21	7,099.53	49.96	96.72	0.00	54.83%	1 y 2	3.38	0.00
1A1	Industrias de la energía	3,316.22	3,316.22	3,316.22	3,313.07	1.61	1.54	0.00	25.09%	2	5.66	0.00
1A1a	Generación de electricidad	3,316.22	3,316.22	3,316.22	3,313.07	1.61	1.54	0.00	25.09%	2	5.66	0.00
1A2	Industrias de la manufactura y la construcción	882.74	882.74	882.74	875.36	3.25	4.14	0.00	6.68%	2	2.55	0.00
1A2a	Hierro y acero	22.54	22.54	22.54	22.52	0.01	0.01	0.00	0.17%	2	5.11	
1A2b	Metales no ferrosos	18.72	18.72	18.72	18.70	0.01	0.01	0.00	0.14%	2	5.03	
1A2c	Sustancias químicas	14.78	14.78	14.78	14.74	0.02	0.03	0.00	0.11%	2	3.04	
1A2d	Pulpa, papel e imprenta	292.79	292.79	292.79	292.51	0.14	0.14	0.00	2.22%	2	5.03	
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.	266.33	266.33	266.33	265.84	0.19	0.29	0.00	2.02%	2	3.61	0.00
1A2f	Minerales no metálicos	30.02	30.02	30.02	29.99	0.02	0.02	0.00	0.23%	2	4.10	0.00
1A2g	Equipo de transporte	6.08	6.08	6.08	6.07	0.00	0.00	0.00	0.05%	2	6.04	0.00
1A2h	Maquinaria	0.03	0.03	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	5.00	0.00
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	70.48	70.48	70.48	70.26	0.08	0.15	0.00	0.53%	2	3.99	
1A2j	Madera y productos de la madera	127.80	127.80	127.80	121.59	2.75	3.47	0.00	0.97%	2	10.60	

IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones totales	Emisiones sin [3B] Tierra y [3D] PMR	CO2	CH4	N2O	HFC	Participación porcentual REDONDEO	Nivel de Precisión	Incertidumbre (%)	Absorciones 2022
		Gg de CO2e										
TOTAL DE EMISIONES / ABSORCIONES		1,452.59	14,575.60	13,201.59	7,220.63	4,329.49	1,584.42	67.05	100.00%			-13,123.01
1A2k	Construcción	3.11	3.11	3.11	3.09	0.01	0.02	0.00	0.02%	2	4.76	
1A2l	Textiles y cueros	12.80	12.80	12.80	12.79	0.01	0.01	0.00	0.10%	2	5.08	0.00
1A2m	Industria no especificada	17.25	17.25	17.25	17.23	0.01	0.01	0.00	0.13%	2	4.79	
1A3	Transporte	2,893.01	2,893.01	2,893.01	2,790.82	14.99	87.19	0.00	21.89%	1 y 3	5.17	0.00
1A3a	Aviación civil	22.63	22.63	22.6301	22.46	0.00	0.16	0.00	0.17%	1	4.78	0.00
1A3b	Transporte terrestre	2,865.61	2,865.61	2,865.61	2,764.05	14.98	86.58	0.00	21.68%	3	5.22	0.00
1A3c	Ferrocarriles	4.76	4.76	4.76	4.31	0.01	0.45	0.00	0.04%	1	13.46	
1A4	Otros sectores	153.75	153.75	153.75	119.80	30.11	3.84	0.00	1.16%	2	27.44	0.00
1A4a	Comercial / Institucional	69.67	69.67	69.67	69.44	0.18	0.06	0.00	0.53%	2	3.91	0.00
1A4b	Residencial	83.28	83.28	83.28	49.57	29.93	3.78	0.00	0.63%	2	50.55	0.00
1A4c	Agricultura	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00	0.01%	2	5.00	
1A5	Sector no especificado	0.50	0.495519	0.495519	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	0.05	
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	102.77	102.77	102.77	0.15	102.62	0.00	0.00	0.78%	2	50.53	
1B2	Petróleo y gas natural	102.77	102.77	102.77	0.15	102.62	0.00	0.00	0.78%	2	50.53	
1B2a	Petróleo	0.09	0.09	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	15.05	
1B2b	Gas natural	102.68	102.68	102.68	0.06	102.62	0.00	0.00	0.78%	2	50.57	

IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones totales	Emisiones sin [3B] Tierra y [3D] PMR	CO2	CH4	N2O	HFC	Participación porcentual REDONDEO	Nivel de Precisión	Incertidumbre (%)	Absorciones 2022
		Gg de CO2e										
	TOTAL DE EMISIONES / ABSORCIONES	1,452.59	14,575.60	13,201.59	7,220.63	4,329.49	1,584.42	67.05	100.00%			-13,123.01
2	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	116.85	116.85	116.85	48.66	1.15	0.00	67.05	0.88%	1 y 2	69.98	0.00
2C	Industria de los metales	49.50	49.50	49.50	48.35	1.15	0.00	0.00	0.37%	2	24.61	0.00
2C2	Producción de ferroaleaciones	48.90	48.90	48.90	47.76	1.15	0.00	0.00	0.37%	2	24.90	0.00
2C5	Producción de plomo	0.59	0.59	0.59	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	22.36	0.00
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	0.10	
2D1	Uso de lubricantes	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	0.10	
2F	Uso de productos sustitutos de las SAO	67.05	67.05	67.05	0.00	0.00	0.00	67.05	0.51%	1 y 2	120.60	0.00
2F1	Refrigeración y aire acondicionado	67.05	67.05	67.05	0.00	0.00	0.00	67.05	0.51%	1 y 2	120.60	0.00
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado sector residencial	11.56	11.56	11.56	0.00	0.00	0.00	11.56	0.09%	1 y 2	10.90	0
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado sector comercios y servicios	53.65	53.65	53.65	0.00	0.00	0.00	53.65	0.41%	1 y 2	120.10	0
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado sector industrial	1.84	1.84	1.84	0.00	0.00	0.00	1.84	0.01%	1 y 2	0.89	0

IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones totales	Emisiones sin [3B] Tierra y [3D] PMR	CO2	CH4	N2O	HFC	Participación porcentual REDONDEO	Nivel de Precisión	Incertidumbre (%)	Absorciones 2022
		Gg de CO2e										
	TOTAL DE EMISIONES / ABSORCIONES	1,452.59	14,575.60	13,201.59	7,220.63	4,329.49	1,584.42	67.05	100.00%			-13,123.01
3	AFOLU	-6,821.59	6,301.43	4,927.42	-11,695.02	3,474.79	1,398.65	0.00	37.32%	1 y 2	163.15	0.37
3A	Ganado	3,542.85	3,542.85	3,542.85	0.00	3,231.54	311.30	0.00	26.81%	1	26.95	0.00
3A1	Fermentación entérica	2,983.73	2,983.73	2,983.73	0.00	2,983.73	0.00	0.00	22.58%	1	35.73	0.00
3A2	Manejo de excretas	559.11	559.11	559.11	0.00	247.81	311.30	0.00	4.23%	1	41.57	0.00
3B	Tierras	-8,844.73	1,374.01	0.00	-8,844.73	0.00	0.00	0.00	0.00%	1 y 2	45.25	-10,218.74
3B1	Tierras forestales	-8,834.36	0.00		-8,834.36	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	123.84	-8,834.36
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal	-8,793.13	0.00		-8,793.13	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	76.46	-8,793.13
3B1b	Tierras convertidas a tierras forestales	-41.23	0.00		-41.23	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	76.46	-41.23
3B2	Tierras de cultivo	408.14	469.50		408.14	0.00	0.00	0.00	0.00%	1 y 2	0.20	-61.36
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tal	-61.36	0.00		-61.36	0.00	0.00	0.00	0.00%	1 y 2	109.10	-61.36
3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo	469.50	469.50		469.50	0.00	0.00	0.00	0.00%	1 y 2	-4.16	0.00
3B3	Praderas	-502.19	820.83		-502.19	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	109.02	-1,323.02
3B3a	Praderas que permanecen como tal	-1,323.02	0.00		-1,323.02	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	1714.76	-1,323.02
3B3b	Tierras convertidas en praderas	820.83	820.83		820.83	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	1713.79	0.00
3B4	Humedales	45.28	45.28	0.00	45.28	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	-57.67	0.00
3B4b	Tierras convertidas en humedales	45.28	45.28		45.28	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	67.68	0.00
3B5	Asentamientos	23.54	23.54		23.54	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	67.68	0.00
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	23.54	23.54		23.54	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	51.31	0.00

Código o IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones totales	Emisiones sin [3B] Tierra y [3D] PMR	CO2	CH4	N2O	HFC	Participación porcentual REDONDEO	Nivel de Precisión	Incertidumbre (%)	Absorciones 2022
		Gg de CO2e										
	TOTAL DE EMISIONES / ABSORCIONES	1,466.98	14,589.99	13,215.98	7,197.43	4,328.54	1,622.96	67.05	100.00%			-13,123.01
3B6	Otras tierras	14.86	14.86		14.86	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	51.31	0.00
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	14.86	14.86		14.86	0.00	0.00	0.00	0.00%	2	56.06	0.00
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 de la tierra	1,384.58	1,384.58	1,384.58	53.98	243.24	1,087.35	0.00	10.49%	1	29.55	0.00
3C1	Quema de biomasa	370.25	370.247	370.247	0.000	243.243	127.004	0.000	2.80%	1	76.850	0.00
3C1a	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras forestales	360.33	360.326	360.326	0.000	236.800	123.526	0.000	2.73%	1	78.950	0.00
3C1b	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras de cultivo	4.54	4.537	4.537	0.000	3.555	0.982	0.000	0.03%	1	139.130	0.00
3C1c	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en Praderas	5.38	5.384	5.384	0.000	2.888	2.496	0.000	0.04%	1	43.810	0.00
3C3	Aplicación de urea	53.98	53.981	53.981	53.981	0.000	0.000	0.000	0.41%	1	86.070	0.00
3C4	Emisiones directas de N2O de suelos gestionados	633.41	633.415	633.415	0.000	0.000	633.415	0.000	4.80%	1	40.580	0.00
3C5	Emisiones indirectas de N2O de suelos gestionados	175.93	175.927	175.927	0.000	0.000	175.927	0.000	1.33%	1	62.190	0.00
3C6	Emisiones indirectas de N2O por SME	151.01	151.008	151.008	0.000	0.000	151.008	0.000	1.14%	1	52.420	0.00
3D	Otros sectores	-2,904.27	0.00	0.00	-2,904.27	0.00	0.00	0.00	0.00%	1	43.30	-2,904.27
3D1	Productos de madera recolectada	-2,904.27			-2,904.27	0.00	0.00	0.00	0.00%	1	43.30	-2,904.27
4	RESIDUOS	808.33	808.33	808.33	18.31	700.97	89.05	0.00	6.12%	1 y 2	43.30	0.00
4A	Eliminación de residuos sólidos	390.54	390.54	390.54	0.00	390.54	0.00	0.00	2.96%	2	77.58	0.00

Código IPCC	Nivel	Emisiones netas	Emisiones totales	Emisiones sin [3B] Tierra y [3D] PMR	CO2	CH4	N2O	HFC	Participación porcentual REDONDEO	Nivel de Precisión	Incertidumbre (%)	Absorciones 2022	
		Gg de CO2e											
		TOTAL DE EMISIONES / ABSORCIONES	1,466.98	14,589.99	13,215.98	7,197.43	4,328.54	1,622.96					67.05
4A1	Sitios gestionados	322.05	322.05	322.05	0.00	322.05	0.00	0.00	2.44%	2	37.51	0.00	
4A2	Sitios gestionados	36.32	36.32	36.32	0.00	36.32	0.00	0.00	0.27%	2	36.97	0.00	
4A3	Sitios gestionados	32.17	32.17	32.17	0.00	32.17	0.00	0.00	0.24%	2	4.35	0.00	
4C	Incineración e incineración abierta de residuos	35.19	35.19	35.19	18.31	13.85	3.03	0.00	0.27%	1	4.57	0.00	
4C2	Incineración abierta de residuos	35.19	35.19	35.19	18.31	13.85	3.03	0.00	0.27%	1	12.20	0.00	
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	382.60	382.60	382.60	0.00	296.58	86.03	0.00	2.90%	1 y 2	12.20	0.00	
4D1	Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales	248.67	248.67	248.67	0.00	173.24	75.42	0.00	1.88%	1 y 2	157.27	0.00	
4D2	Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales	133.94	133.94	133.94	0.00	123.33	10.60	0.00	1.01%	1 y 2	228.98	0.00	

3.4. Descripción e interpretación de las tendencias para el carbono negro

El carbono negro (CN) se identifica como un contaminante de vida corta con un impacto significativo en el clima, similar al metano, al ozono troposférico y a ciertos compuestos fluorados como los hidrofluorocarbonos e hidroclorofluorocarbonos (SEMARNAT, 2015). Las emisiones de carbono negro tienen su origen en la combustión incompleta de combustibles fósiles, materia orgánica y biocombustibles, y se clasifican dentro de la materia particulada de diámetro inferior a 2.5 µm (PM2.5). No obstante, el carbono negro puede presentar variaciones en color y tamaño, pudiendo subdividirse en partículas ultrafinas o submicrónicas (<0.1 µm) (SMA, 2010). La estimación de las emisiones de carbono negro resulta crucial, tanto en el contexto del cambio climático como en el ámbito de la salud pública, debido a los riesgos que conlleva la exposición de la población a este contaminante.

En el año 2022, se estima que en el Estado de Durango se liberaron alrededor de 2.19 Gg de CN, siendo la quema de biomasa en tierras forestales la principal fuente de emisiones con un 57.36% (1.26 GgCN), seguida por la quema de combustibles en el transporte terrestre que contribuyó con 40.60% de las emisiones (0.89 GgCN), siendo el diésel automotriz el de mayor contribución. En la Tabla 10 y en la Figura 7, se detallan las emisiones de carbono negro correspondientes al año 2022 en el Estado de Durango, junto con su respectiva contribución porcentual.

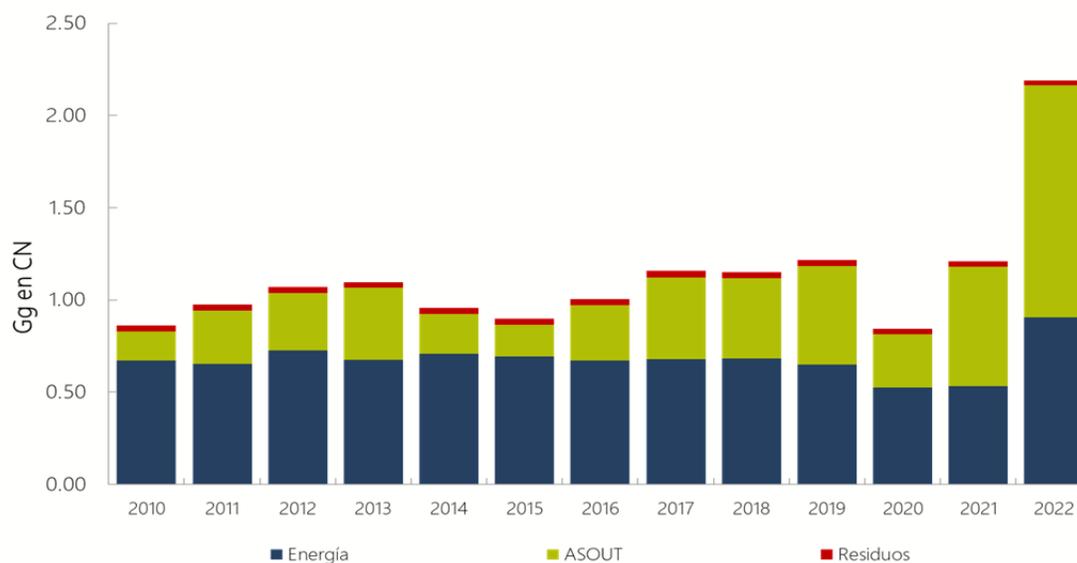
Tabla 10 Emisiones de carbono negro del Estado de Durango, 2022

Código IPCC	Categoría	Emisiones (Gg de CN)	Contribución porcentual
EMISIONES TOTALES		2.191	100.00%
1	ENERGÍA	0.906	41.34%
1A	Actividades de quema del combustible	0.906	41.34%
1A1	Industrias de la energía	0.011	0.52%
1A2	Industrias de la manufactura y la construcción	0.003	0.13%
1A3	Transporte	0.891	40.65%
1A4	Otros sectores (comercial, residencial y agricultura)	0.001	0.03%
3	AFOLU	1.257	57.36%
3C1	Quema de biomasa y quema agrícola	1.257	57.36%
4	RESIDUOS	0.029	1.30%
4C	Incineración e incineración abierta de residuos	0.029	1.30%

Fuente: Elaboración propia

Es importante mencionar que la incidencia de quema de biomasa en tierras forestales y praderas, no siguen un patrón establecido; es decir, la quema por incendios forestales está condicionado a factores de disponibilidad de combustibles y factores de origen de ignición, por lo que el registro anual puede variar dependiendo de las condiciones. Se observa que los datos publicados por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) indican que los incendios registrados entre el año 2021 y 2022 se incrementaron significativamente, a pesar de que en años previos no existieran registros de quema.

Figura 7. Emisiones de carbono negro en el Estado de Durango, 2010-2022



Fuente: Elaboración propia

4. [1] Energía

4.1. Visión general del sector

El sector energía abarca las actividades relacionadas con la producción, transformación, gestión y consumo de productos energéticos. Las emisiones en este sector se originan principalmente por la combustión de combustibles fósiles como gasolina, diésel, gas licuado de petróleo (GLP), gas natural, combustóleo, petróleo, entre otros, así como de biomasa como madera, residuos agrícolas y desechos, con el fin de aprovechar su contenido energético y convertirlo en energía eléctrica o térmica. Este proceso se efectúa en instalaciones fijas como centrales eléctricas, hornos y calderas, y en fuentes móviles como la aviación civil, el transporte terrestre, marítimo y ferroviario.

Las emisiones están estrechamente ligadas al contenido de carbono de cada tipo de combustible. Los principales gases de efecto invernadero (GEI) identificados en este sector son el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O). Las emisiones derivadas del consumo eléctrico de cada sector no se contabilizan aquí, dado que se consideran en las emisiones por generación de electricidad, evitando así duplicidades en el registro. Asimismo, las emisiones asociadas a fuentes renovables de energía distintas a la biomasa, como la energía solar fotovoltaica o eólica, se excluyen al considerarse que no generan emisiones directas de GEI durante su operación.

Es importante destacar que las emisiones de CO_2 producidas durante la quema de biomasa para la generación de energía se clasifican como de origen biogénico y no se suman al total del inventario. Sin embargo, las emisiones de metano y óxido nitroso derivadas de este proceso deben ser tenidas en cuenta en el cálculo del inventario para una evaluación precisa de las emisiones.

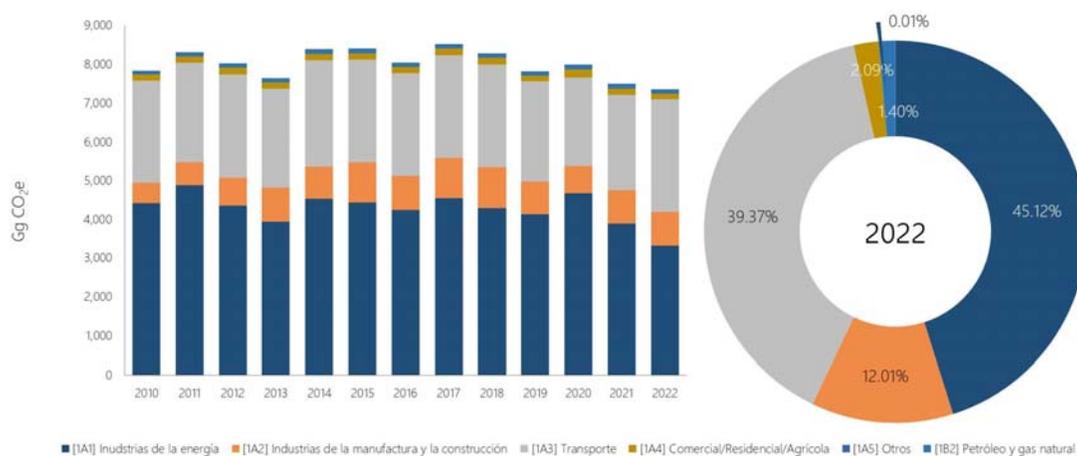
Para el Estado de Durango, se contemplan únicamente las emisiones derivadas de la quema de combustibles [1A] y las emisiones fugitivas generadas por la producción de combustibles fósiles [1B]. No se incluyen las emisiones relacionadas con el transporte y almacenamiento de CO_2 [1C], dado que estas actividades no tienen lugar en el Estado.

Dentro de las emisiones consideradas se encuentran aquellas de la categoría [1A1] Industrias de la energía, específicamente para la generación de electricidad [1A1ai]. Respecto a la categoría [1A2] Industrias manufactureras y de la construcción, se consideran únicamente aquellas con operaciones dentro del Estado de Durango. En cuanto a la categoría [1A3] Transporte, se estiman las emisiones originadas por la combustión en fuentes móviles, abarcando [1A3a] aviación civil, [1A3b] transporte terrestre y [1A3c] ferrocarril, excluyendo [1A3d] navegación marítima y fluvial, así como [1A3e] otros medios de transporte. Por último, las emisiones contempladas en la categoría [1A4] comprenden [1A4a] actividades comerciales/institucionales y [1A4b] residenciales.

Las emisiones del sector [1] Energía en 2022 se estimaron en 7,348.99 Gg CO₂e, lo que representó el 55.61% de las emisiones totales del GEI (sin absorción). El sector presenta una disminución en sus emisiones con una TMCA de -0.52% del 2010 al 2022, siendo el consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad y para el transporte terrestre los que marcan el comportamiento histórico.

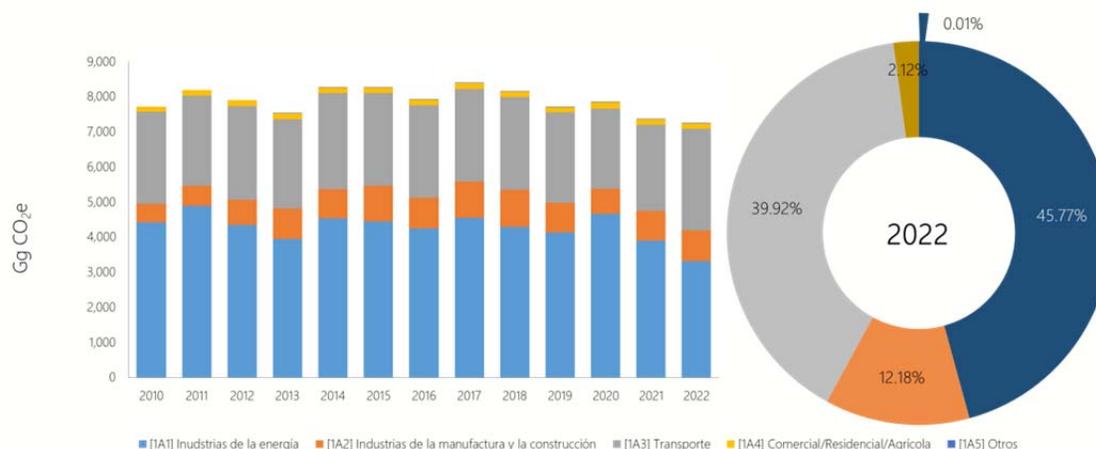
En la Figura 8, se presenta la evolución de las emisiones del sector energía [1] para cada una de sus categorías, así como su contribución en el año 2022 y en la Figura 9 se presenta la evolución de las emisiones de la categoría de actividades de quema de combustibles [1A].

Figura 8. Evolución de las emisiones de GEI del sector Energía en el Estado de Durango (GgCO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Evolución de las emisiones de la categoría [1A] Actividades de quema de combustibles en el Estado de Durango (GgCO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Las categorías clave identificadas para el año 2022 en este sector son [1A1a] Generación de electricidad; [1A3b] Transporte terrestre; [1A2d] Industria de la pulpa, papel e imprenta y [1A2e] Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.

4.2. Industrias de la energía [1A1]

4.2.1. Descripción de la categoría

En esta sección se contabilizan las emisiones de GEI debidas al aprovechamiento energético de los combustibles para la categoría [1A1] Industrias de la energía. En el Estado de Durango esta categoría incluye básicamente a la subcategoría [1A1a] Producción de electricidad y calor como actividad principal, con la fuente [1A1ai] Generación de electricidad, debido a que en el Estado no se detectó la presencia de las actividades [1A1b] Refinación del petróleo ni de [1A1c] Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas (coque de carbón).

Las fuentes de emisión de generación de electricidad corresponden a las tres plantas que la Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene en el Estado (una planta termoeléctrica convencional, una planta de ciclo combinado y una planta de turbogás), así como a las plantas de generación privadas (dos centrales de ciclo combinado), y a los establecimientos industriales (plantas de autogeneración), todas las cuales suman una capacidad total instalada de aproximadamente 1,737 MW en el Estado.

Las plantas de la CFE y de las empresas privadas incorporan la electricidad que generan a la red eléctrica pública del mercado eléctrico mayorista (MEM), y sus emisiones se reportan en la subcategoría [1A1a] Producción de electricidad y calor como actividad principal. Para las emisiones de la autogeneración de electricidad, de acuerdo con el IPCC (2006, pp. [V2, C2] 2.27), se considera buena práctica reportarlas en la categoría en la que se generan, normalmente [1A2], [1A4] y [1A5] y sus subcategorías.

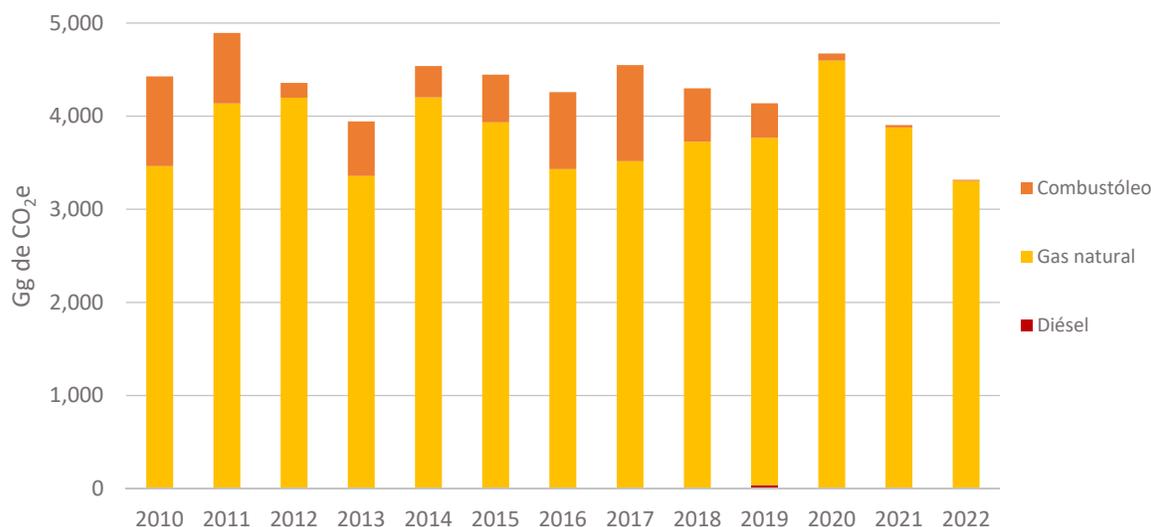
En el año 2022 la quema de combustibles de la categoría [1A1] en Durango contabilizó 3,316.2 Gg de CO₂e, y representó el 45.12% de las emisiones del sector energía [1]. En general presenta una tendencia a la baja con una TMCA de -2.38% respecto a 2010; la evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 10. La subcategoría [1A1a] Generación de electricidad es considerada como una actividad principal (véase Anexo I: Categorías Clave).

Aunque la evolución de las emisiones de esta categoría no ha sido consistente, hubo un claro decremento, lo cual contrasta con la generación bruta de electricidad (GWh) que se ha incrementado con una TMCA de 1.42% en el mismo periodo, lo que indica una mayor eficiencia en la matriz eléctrica del Estado (más energía eléctrica con menores emisiones), y se espera que la Gerencia de Control Regional Norte (GCR Norte), a la que pertenece Durango, siga creciendo durante los próximos quince años a una tasa anual de 2.2%.

Lo anterior podría deberse a un cambio en el uso de combustibles en las plantas de generación, que ha desplazado principalmente el consumo de combustóleo en favor del gas

natural. Si bien la generación de electricidad en Durango excede el consumo de éste en una razón de uno a tres (donde el excedente se incorpora a la red para su consumo en los demás Estados del Sistema Interconectado Nacional), la contabilización de las emisiones le corresponde al Estado ya que la quema de combustibles tiene lugar en su territorio.

Figura 10. Emisiones de la categoría [1A1] por tipo de combustible (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT, SIE y CRE

4.2.2. Metodología

La metodología aplicada proviene de las Directrices 2006. Se han usado diferentes enfoques metodológicos (nivel 1 o Tier 1 y nivel 2 o Tier 2) de acuerdo con la disponibilidad de información y el peso de las emisiones de cada actividad, siguiendo el árbol de decisión que se muestran en la Figura 2.1 "Árbol de decisión general para estimar las emisiones de la combustión estacionaria", del cap. 2, vol. 2 del IPCC (2006b). Se empleó un método Tier 2 para las emisiones de CO₂ al utilizar FE propios del país y un método nivel 1 para las emisiones de CH₄ y N₂O. Para el cálculo de las emisiones se utilizó la ecuación 2.1, vol. 2, cap. 2 de las Directrices del IPCC (2006b).

4.2.3. Datos de actividad (DA)

Los DA se obtuvieron de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), del Sistema de Información Energética (SIE) de SENER, así como de las Cédulas de Operación Anual (COA) federales de las centrales que operan en el Estado de Durango de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que presentan los datos de consumo de combustibles. La Tabla 11, muestra la capacidad instalada y tecnología de las centrales de generación eléctrica que operan en Durango.

Tabla 11. Centrales de generación eléctrica del Estado de Durango

Central de generación	Tecnología	Capacidad instalada (MW)	Localización, Año de inicio
CTC Guadalupe Victoria (CFE)	Termoeléctrica	320	Lerdo, 1991
CCG Gómez Palacio (CFE)	Ciclo Combinado	240	Gómez Palacio, 1976
CTG Laguna-Chávez (CFE)	Turbogás	84	Gómez Palacio, 1971
CCC La Laguna II (Iberdrola Energía-CFE)	Ciclo Combinado	538	Gómez Palacio, 2005
CCC Fuerza y Energía de Norte Durango, (Naturgy Energy Group)	Ciclo Combinado	555	Durango, 2010

Fuente: CFE y SENER, 2023

La tendencia en el consumo de combustibles (PJ) para las plantas de generación que operan en el Estado, muestra un decremento global de -1.9% en el periodo de 2010 a 2022, siendo el consumo de combustóleo y de diésel los que presentan la mayor disminución. El gas natural, por su parte, ha visto incrementado su uso en las centrales del Estado con un consumo medio anual de 65 PJ. La Tabla 12, muestra el consumo de combustibles y su evolución relativa respecto al año 2010.

Tabla 12. Consumo de combustibles para [1A1] en Durango (PJ)

Combustible	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020	2020	TMCA
Diésel	0.03	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.07	0.02	0.06	0.52	0.06	0.05	0.01	-11.2%
Gas Natural	59.88	71.50	72.59	58.06	72.65	68.01	59.26	60.80	64.34	64.52	79.44	67.04	57.15	-0.4%
Combustóleo	12.07	9.50	2.00	7.36	4.23	6.42	10.37	12.95	7.20	4.65	0.95	0.32	0.15	-30.8%

Fuente: Elaboración propia con información de la SEMARNAT, SIE y CRE

Si bien las ventas de energía eléctrica del Estado han crecido a un ritmo de 1.44% promedio anual de 2010 a 2022, y la generación eléctrica bruta excede uno a tres el consumo estatal, como ya se mencionó, CFE está construyendo una nueva central de ciclo combinado en el municipio de Lerdo que tendrá una capacidad de 350 MW y que abastecería al Bajío y a otros Estados del norte. Dicha planta entraría en operación en 2024 e incrementara de forma importante el consumo de gas natural y sus emisiones.

4.2.4. Factores de Emisión (FE)

Los FE para CH₄ y N₂O (Tier 1) son los propuestos por defecto en las Directrices del IPCC (2006b), tabla 2.2, vol. 2, pág. 2.16. Los FE empleados para el dióxido de carbono (CO₂) corresponden a factores nacionales específicos para cada combustible y se basan en la determinación en laboratorio del contenido de carbono por unidad de energía, resultado del informe técnico INECC/A1-008/2014 realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (INECC-IMP, 2014), que se muestran en la Tabla 13. Este método es consistente con el Tier 2 de las ya citadas Directrices.

Tabla 13. Factores de emisión de CO₂ empleados en la categoría [1A1] (kg/TJ)

Combustible	FE de CO ₂
Diésel	72,851
Gas natural	57,755
Combustóleo	79,450

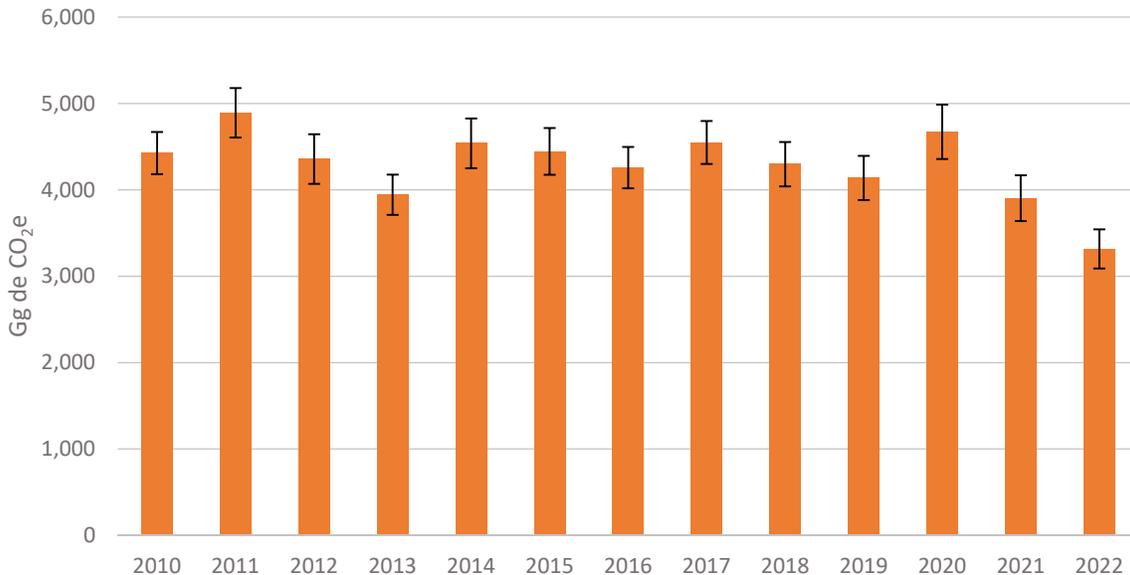
Fuente: INECC-IMP, 2014

4.2.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se calculó la incertidumbre mediante el "Método 1: Propagación del error", cap. 4 de las Directrices del IPCC por categorías, tendencias y GEI, entre el año base (1990) y el último año de reporte (2019). La incertidumbre de los FE se toma de las Directrices del IPCC (2006b), vol. 2, cap. 2, pág. 38. Para los FE de CO₂ propios del país que corresponden a una metodología Tier 2, los rangos de incertidumbre corresponden a los estimados por el INECC-IMP (2014).

Para [1A1a] la incertidumbre en el inventario se estima en un promedio de $\pm 6.2\%$ (ver Figura 11). Las series se consideran coherentes en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener la cobertura geográfica estatal.

Figura 11 Incertidumbre en la categoría 1A1



Fuente: Elaboración propia

4.2.6. QA/QC de la categoría y verificación

Las fuentes de base de las que se extrae información están sometidas a controles de revisión específicos propios. Se compara y valida la información proporcionada por la CRE y la COA con datos del SIE del Balance Nacional de Energía (SENER, 2023).

4.2.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

- Actualización del consumo de combustibles y generación de electricidad que operan en el Estado de Durango para los años 2010-2015.
- Mejoramiento de los DA de [1A1a].

4.3. Industrias manufactureras y de la construcción [1A2]

4.3.1. Descripción de la categoría

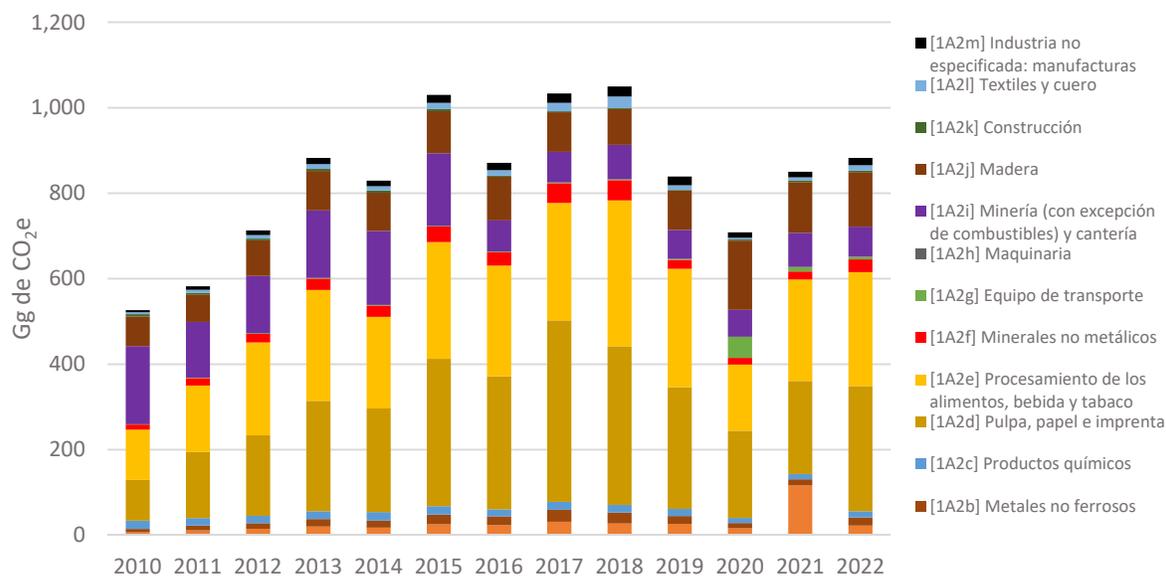
En esta sección se contabilizan las emisiones GEI generadas por la quema de combustibles fósiles para el aprovechamiento energético dentro del sector industrial. Este sector incluye los procesos tanto de generación de energía como de calor para ser usados dentro de las instalaciones industriales que operan en el Estado de Durango. Dentro de esta categoría se encontrarán todas las trece subcategorías previstas por el IPCC con actividades dentro del Estado.

Dichas subcategorías son: [1A2a] Hierro y acero, [1A2b] Metales no ferrosos, [1A2c] Productos químicos, [1A2d] Pulpa, papel e imprenta, [1A2e] Procesamiento de los alimentos, bebida y tabaco, [1A2f] Minerales no metálicos, [1A2g] Equipo de transporte, [1A2h] Maquinaria, [1A2i] Minería (con excepción de combustibles) y cantería, [1A2j] Madera, [1A2k] Construcción, [1A2l] Textiles y cuero, y [1A2m] Industria no especificada: manufacturas.

En 2022, las emisiones por quema de combustibles en la categoría [1A2] Industrias manufactureras y de la construcción contabilizó 882.74 Gg CO₂e, con una tasa media de crecimiento anual de 4.4% respecto al año 2010. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 12, distinguiéndose la subcategoría [1A2d] pulpa, papel e imprenta como el mayor (33.2% en 2022) y [1A2j] procesamiento de los alimentos, bebida y tabaco (30.2% en 2022).

La tendencia de las emisiones está marcada por el tipo y la cantidad de combustibles fósiles que los diferentes sectores industriales utilizan. En los últimos años se presentó un comportamiento irregular de las emisiones, posiblemente debido a los efectos de la pandemia de COVID-19, que no obstante ha recuperado su tendencia. Las subcategorías con un crecimiento o una participación notorios en el periodo 2010 a 2022 son: [1A2g] equipo de transporte, [1A2h] maquinaria, y [1A2m] industria manufacturera no especificada, todas debido principalmente al incremento en el uso de gas natural.

Figura 12. Emisiones de la categoría [1A2] por subcategoría 2010-2022 (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT, SRNMA, SIE y CRE

4.3.2. Metodología

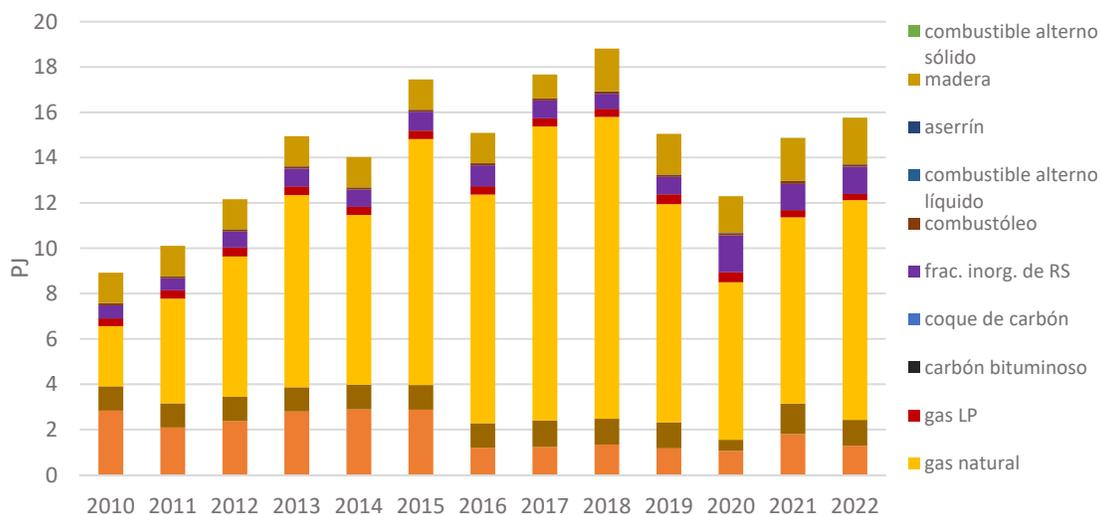
Se utilizó la metodología usada de las Directrices del IPCC 2006 con un enfoque metodológico de nivel 2 (Tier 2) para la estimación de las emisiones de CO₂, mientras que para la estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O se utilizó un nivel 1 (Tier 1), siguiendo el árbol de decisión de la Figura 2.1 del cap. 2, vol. 2 de las mismas directrices (IPCC, 2006b).

4.3.3. Datos de Actividad (DA)

La información sobre los consumos de combustibles en la industria ha sido estimada a partir de la información de las Cédulas de Operación Anual (COA) de las industrias que operan en el Estado de Durango de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (SRNMA); del Sistema de Información Energética (SIE) de la Secretaría de Energía; de la Comisión Reguladora de Energía (CRE); y del Producto Interno Bruto Estatal por actividad económica del Estado de Durango (INEGI).

La Figura 13, muestra el consumo de los combustibles de la categoría [1A2], donde el gas natural es el combustible más utilizado (61% de la energía) y el que presenta la mayor TMCA en la industria estatal (11.4%), seguido de la madera (13% de la energía) en la propia industria maderera en la que Durango destaca. Por otro lado, el uso de diésel y de gas LP ha disminuido en favor del gas natural, que genera menos emisiones GEI, de manera tal que las emisiones en 2022 fueron 0.4% menores que las de 2010 por unidad de energía.

Figura 13. Consumo de combustibles (PJ) en la categoría [1A2]



Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT, SRNMA, SIE y CRE

4.3.4. Factores de emisión (FE)

Los FE para las emisiones de CO₂ son específicos del país (INECC-IMP, 2014), los cuales se muestran en la Tabla 14. Por su parte, los factores de emisión de CH₄ y N₂O (así como todos los FE de los combustibles que no aparecen en la Tabla 14), se tomaron de los valores por defecto de la tabla 2.3, vol. 2, pág. 2.18 de las Directrices del IPCC (2006b).

Tabla 14. Factores de emisión de CO₂ empleados en la categoría [1A2] (kg/TJ)

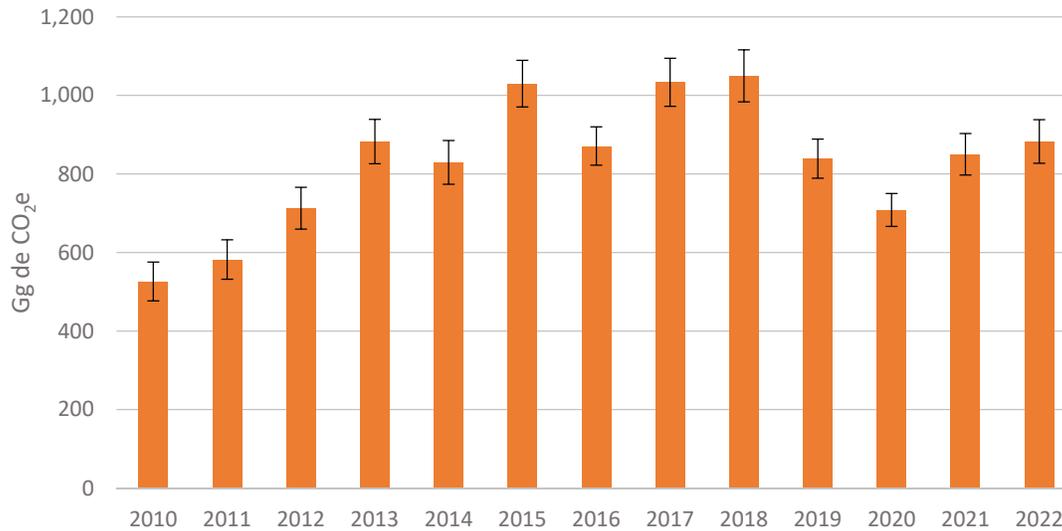
Combustible	FE de CO ₂
Diésel	72,851
Gas natural	57,755
Carbón siderúrgico	90,912
Coque de carbón	109,598
Gas LP	65,083
Gasolinas y naftas	73,791
Fracción inorgánica de RS	91,700
Combustible alternativo sólido	89,990
Combustible alternativo líquido	78,226
Madera o Aserrín	103,237
Combustóleo	79,450

Fuente: INECC-IMP, 2014

4.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se estimó la incertidumbre mediante el “Método 1: Propagación del error”, del cap. 4 de las Directrices del IPCC (2006b) por categorías, tendencias y GEI, entre el año base (1990) y el último año de reporte (2019). La incertidumbre de los FE se toma de las Directrices del IPCC (2006b), vol. 2, cap. 2. Para los FE de CO₂ propios del país, que corresponden a una metodología Tier 2, los rangos de incertidumbre corresponden a los estimados por el INECC-IMP (2014). Para la categoría [1A2] la incertidumbre en el inventario se estimó en un promedio de ±6.6% (Figura 14). Las series se consideran coherentes en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener la cobertura geográfica estatal.

Figura 14 Incertidumbre en la categoría 1A2



Fuente: Elaboración propia

4.3.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

4.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

- Revisión de la información del consumo energético de las industrias que se encuentran en el Estado de Durango.
- Acceso a las COA industriales para los años 2010 a 2016.
- Revisión de los datos con las bases de datos desagregadas de la SENER.

4.4. Otros sectores [1A4]

4.4.1. Descripción de la categoría

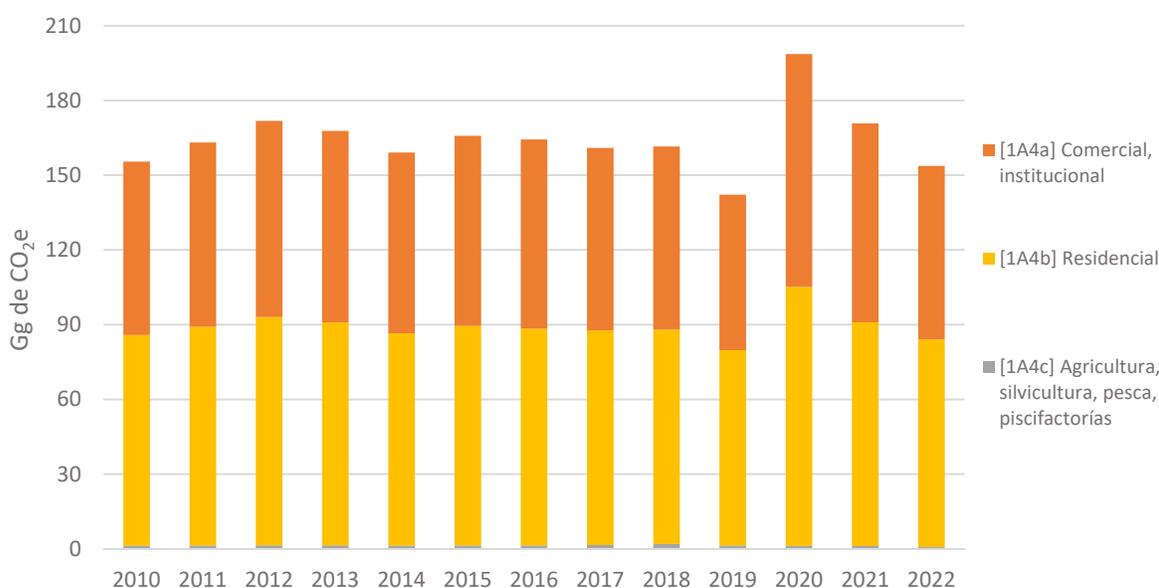
En esta categoría se estiman las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O procedentes de la combustión de combustibles fósiles para el aprovechamiento energético en las actividades comerciales, de servicios e institucionales; residenciales y agropecuarias. Para la contabilidad del inventario del Estado de Durango se incluyen las emisiones de las subcategorías [1A4a] Comercial e Institucional, [1A4b] Residencial, y [1A4c] Agropecuario, silvicultura, pesca y piscifactorías.

Las emisiones de GEI asociadas a la categoría [1A4] Otros sectores en 2022 contabilizó 153.75 GgCO₂. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 15, distinguiendo como la subcategoría de mayor contribución a [1A4a] Residencial (subcategoría principal Anexo I: Categorías clave) con el 54%. Las emisiones presentan una reducción con

respecto al año 2010 con una TMCA de -0.09%, siendo las emisiones comerciales las que no se han reducido.

En la serie histórica de las emisiones de esta categoría se observa una contribución constante de las emisiones derivadas del sector residencial, y una contribución variable de las emisiones del sector comerciales, probablemente derivada de la coyuntura económica que no ha sido guiada por el uso de mejores tecnologías con una mayor eficiencia energética. Contrario a lo sucedido en 1A2, en 2020 se observa un notable incremento de las emisiones de 1A4 quizás debido al confinamiento por COVID-19.

Figura 15. Emisiones de la categoría [1A4] por subcategorías (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con información de la SRNMA, SIE y CRE

4.4.2. Metodología

La metodología usada es la de las Directrices del IPCC (2006b). Se ha usado un enfoque metodológico de Tier 2 para la estimación de las emisiones de CO₂, mientras que la estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O se calculó mediante nivel Tier 1, siguiendo el árbol de decisión de la Figura 2 del cap. 2, vol. 2 de las mismas Directrices del IPCC.

4.4.3. Datos de actividad (DA)

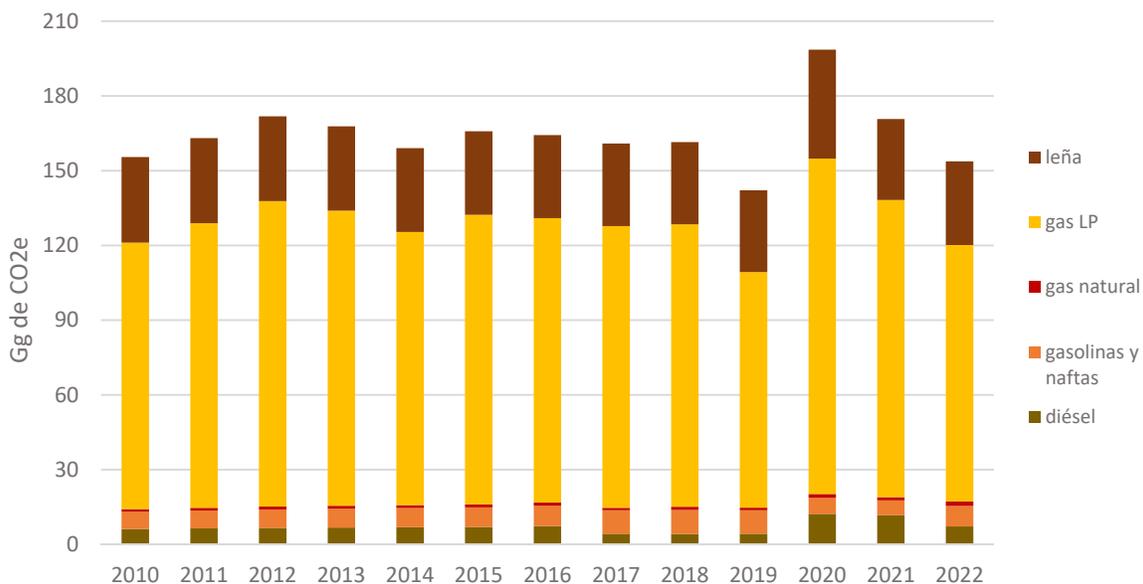
Los DA para esta categoría se centran en el consumo de combustibles empleados en la actividad comercial y residencial provienen de estimaciones con información del Sistema de Información Energética y de los balances nacionales de energía de SENER; de la Comisión

Reguladora de Energía (CRE); de las Cédulas de Operación Anual (COA) de la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Durango (SRNMA); y del Producto Interno Bruto Estatal por actividad económica para Durango (INEGI).

El gas LP es el energético responsable de las dos terceras partes de las emisiones GEI de los sectores residencial, comercial y agropecuario del Estado a lo largo del periodo estimado. Sin embargo, la leña es el combustible que aporta dos terceras partes de la energía (PJ) utilizada en [1A4], específicamente en la categoría residencial; la leña, sin embargo, por su origen biogénico no contabiliza las emisiones de CO₂. Durango es de los Estados con el mayor consumo de leña residencial en el país.

El diésel y la gasolina son los siguientes combustibles con mayor contribución tanto de emisiones como de energía; el uso de gas natural, aunque ha sido el de mayor crecimiento media anual, ha tenido una limitada presencia a diferencia de lo que sucede en el resto del sector, lo cual se deba quizá a la infraestructura necesaria para su distribución. La Figura 16, se muestra el consumo anual de los combustibles en [1A4] así como su evolución relativa en el periodo 2010-2022.

Figura 16. Emisiones de los combustibles (Gg CO₂e) en la categoría [1A4]



Fuente: Elaboración propia con información de la SRNMA, SIE y CRE

4.4.4. Factores de emisión (FE)

El FE de CO₂ fue tomado del informe técnico INECC/A1-008/201, realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (INECC-IMP, 2014). Para los FE de CH₄ y N₂O se consideraron los valores por defecto de las Directrices del IPCC (2006b) (tabla 2.4, vol. 2, cap. 2). En la Tabla 15 se recogen los valores de los FE específicos de México.

Tabla 15. Factores de emisión de CO₂ empleados en la categoría [1A4] (kg/TJ)

Combustible	FE de CO ₂
Gas natural	57,755
Gas LP	65,083
Diésel	72,851
Gasolinas y naftas	73,791
Leña	103,237

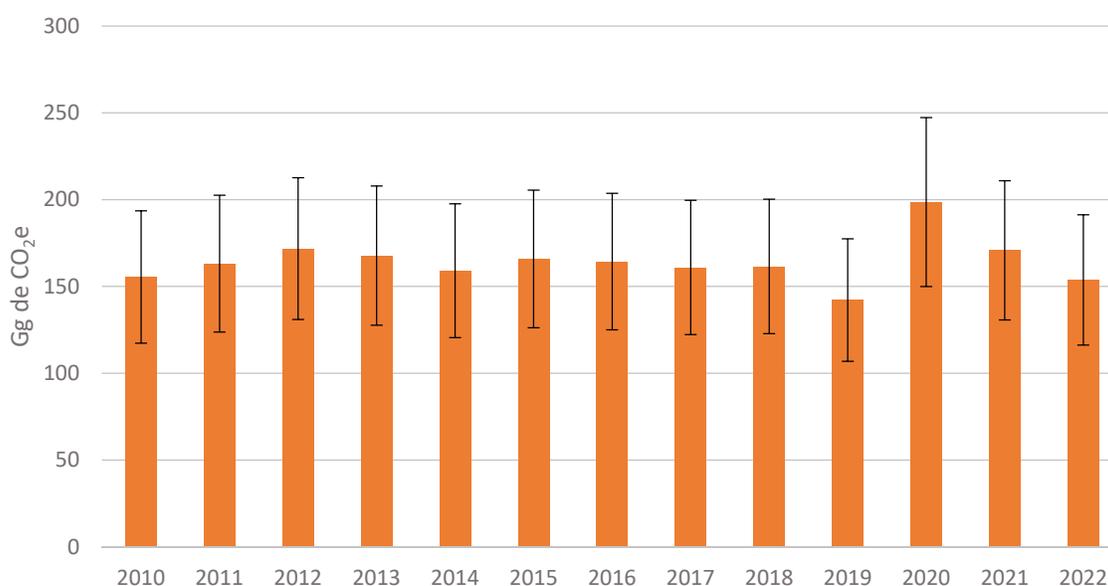
Fuente: INECC-IMP, 2014

4.4.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se calculó la incertidumbre mediante el “Método 1: Propagación del error”, del cap. 4 de las Directrices del IPCC por categorías, tendencias y GEI, entre el año base (1990) y el último año de reporte (2019). La incertidumbre de los FE proviene de las Directrices del IPCC (2006b), vol. 2, cap. 2, tablas 2.12-2.14. En el caso de los FE de CO₂ propios del país que corresponden a una metodología Tier 2, los rangos de incertidumbre son los estimados por el INECC-IMP (2014).

La incertidumbre en el inventario de [1A4] se estimó en un promedio de $\pm 24.1\%$. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica estatal (ver Figura 17).

Figura 17. Incertidumbre en la categoría 1A4



Fuente: Elaboración propia

4.4.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

4.4.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Revisar estudios y bases de datos para determinar un valor más preciso en el uso de leña en el sector residencial.

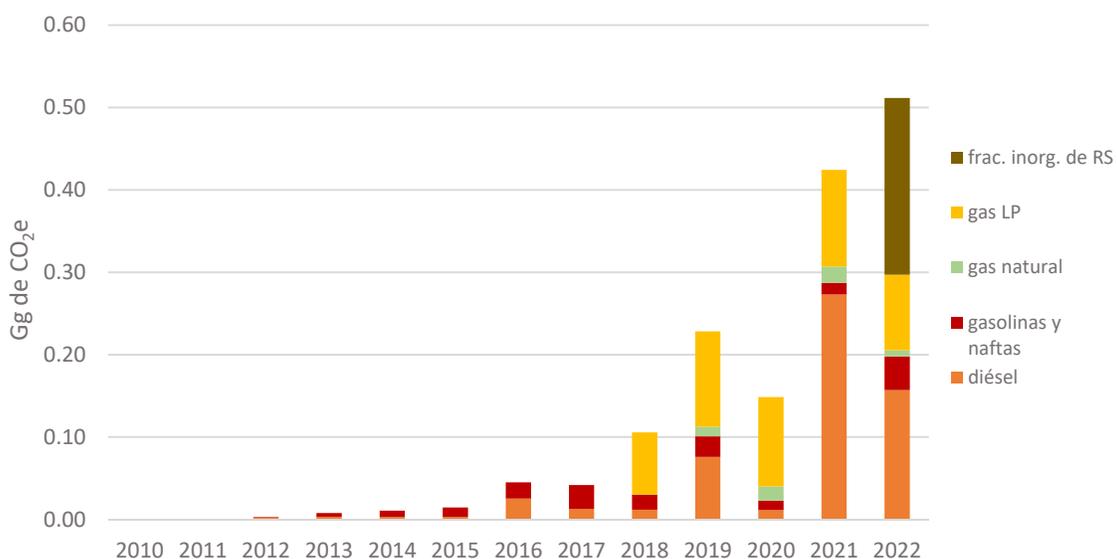
4.5. No especificado [1A5]

4.5.1. Descripción de la categoría

Esta categoría incluye las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O procedentes de la combustión de combustibles fósiles para el aprovechamiento energético en las actividades relacionadas principalmente con el manejo de residuos sólidos y líquidos de todo tipo que tiene lugar en el Estado de Durango, actividades que no están clasificadas propiamente en el sector [1] Energía del IPCC, razón por la cual se asignan a la categoría [1A5] No especificado.

Las emisiones de GEI asociadas a [1A5] en 2022 contabilizaron 0.5 Gg CO₂e. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 18. Las emisiones presentan una alta tasa de crecimiento estimada en 18% con respecto al año 2012, año a partir del cual se comenzó a registrar información de esta categoría, aproximadamente. Sin embargo, dentro del subsector [1A], esta es la categoría con el crecimiento más acelerado de los últimos años (salvo en 2020).

Figura 18. Emisiones de la categoría [1A5] por tipo de combustible (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con información de la SEMARNAT, SRNMA y SIE

4.5.2. Metodología

La metodología usada es la de las Directrices del IPCC. Se ha usado un enfoque metodológico de Tier 2 para la estimación de las emisiones de CO₂, mientras que la estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O se calculó mediante nivel Tier 1, siguiendo el árbol de decisión de la Figura 2 del cap. 2, vol. 2 de las Directrices del IPCC (2006b).

4.5.3. Datos de actividad (DA)

Los DA para esta categoría se centran en el consumo de combustibles empleados en las actividades de manejo de residuos provenientes de estimaciones hechas con información de las Cédulas de Operación Anual (COA) de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); del Sistema de Información Energética (SIE) de SENER; y del Producto Interno Bruto Estatal por actividad económica del Estado de Durango (INEGI). En la Tabla 16 se muestra el consumo anual de los combustibles en esta categoría, así como su tasa media de crecimiento anual.

Tabla 16. Consumo de combustibles para [1A5] en Durango (TJ)

Combustible	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2020	2020	TMCA
Diésel	0.00	0.00	0.03	0.04	0.04	0.04	0.35	0.17	0.16	1.04	0.16	3.74	2.15	186.1%
Gasolina	0.00	0.00	0.01	0.06	0.10	0.15	0.27	0.39	0.25	0.34	0.15	0.19	0.55	173.5%
Gas natural	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.30	0.34	0.13	298.9%
Gas LP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.78	1.67	1.80	1.41	186.5%
FIRS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.12	230.5%

Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT, SRNMA y SIE

Como puede observarse, el diésel y el gas LP son los energéticos preponderantes de la categoría [1A5] en el Estado de Durango a lo largo del periodo de análisis, los cuales, tanto en emisiones GEI como en poder calorífico (TJ), representan más del 50%. Por otro lado, el gas natural ha sido el que mayormente ha crecido en uso con una tasa media anual de casi 300%, y el gas LP también representa cerca de un tercio de las emisiones a lo largo del mismo periodo.

4.5.4. Factores de emisión (FE)

El FE de CO₂ fue tomado del informe técnico INECC/A1-008/201, realizado por el Instituto Mexicano del Petróleo (INECC-IMP, 2014). Para los FE de CH₄ y N₂O se consideraron los valores por defecto de las Directrices del IPCC (2006b), tabla 2.4, vol. 2, cap. 2. En la Tabla 17 se recogen los valores de los FE específicos para nuestro país.

Tabla 17. Factores de emisión de CO₂ empleados en la categoría [1A5] (kg/TJ)

Combustible	FE de CO ₂
Gas natural	57,755
Gas LP	65,083
Diésel	72,851
Gasolinas y naftas	73,791
Fracción inorgánica de RS	91,700

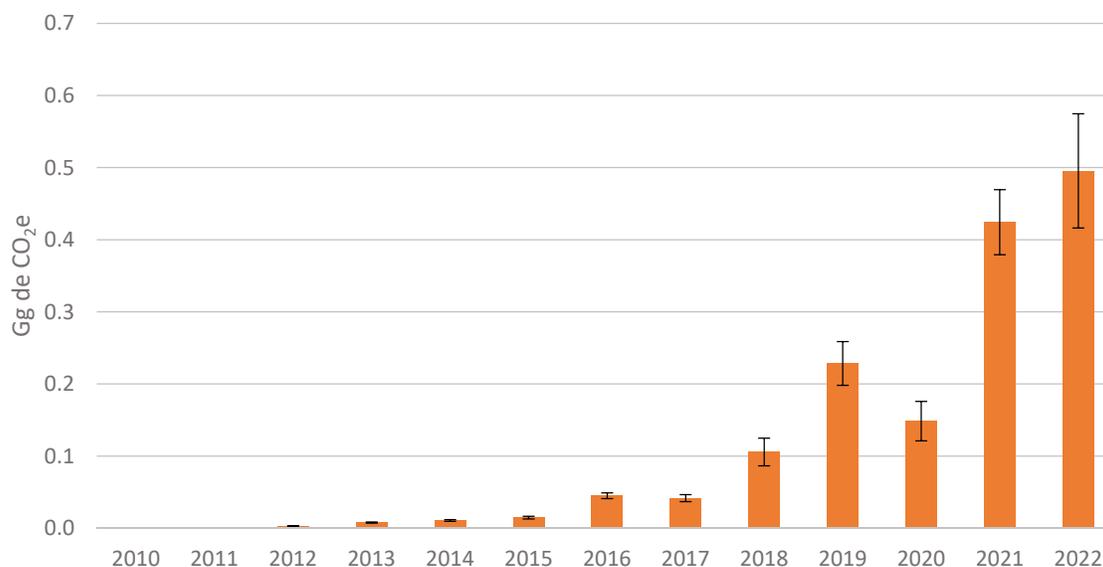
Fuente: INECC-IMP, 2014

4.5.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se calculó la incertidumbre mediante el "Método 1: Propagación del error", del cap. 4 de las Directrices del IPCC por categorías, tendencias y GEI, entre el año base (1990) y el último año de reporte (2019). La incertidumbre de los FE proviene de las Directrices del IPCC (2006b), vol. 2, cap. 2, tablas 2.12-2.14. En el caso de los FE de CO₂ son los propios del país que corresponden a una metodología Tier 2, los rangos de incertidumbre son los estimados por el INECC-IMP (2014).

La incertidumbre promedio de [1A5] se estimó en $\pm 12.1\%$. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica estatal, como se muestra en la Figura 19.

Figura 19. Incertidumbre en la categoría 1A5



Fuente: Elaboración propia

4.5.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

4.5.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Revisar estudios y bases de datos para determinar un valor más preciso en el uso de leña en el sector residencial.

4.6. Emisiones fugitivas [1B]

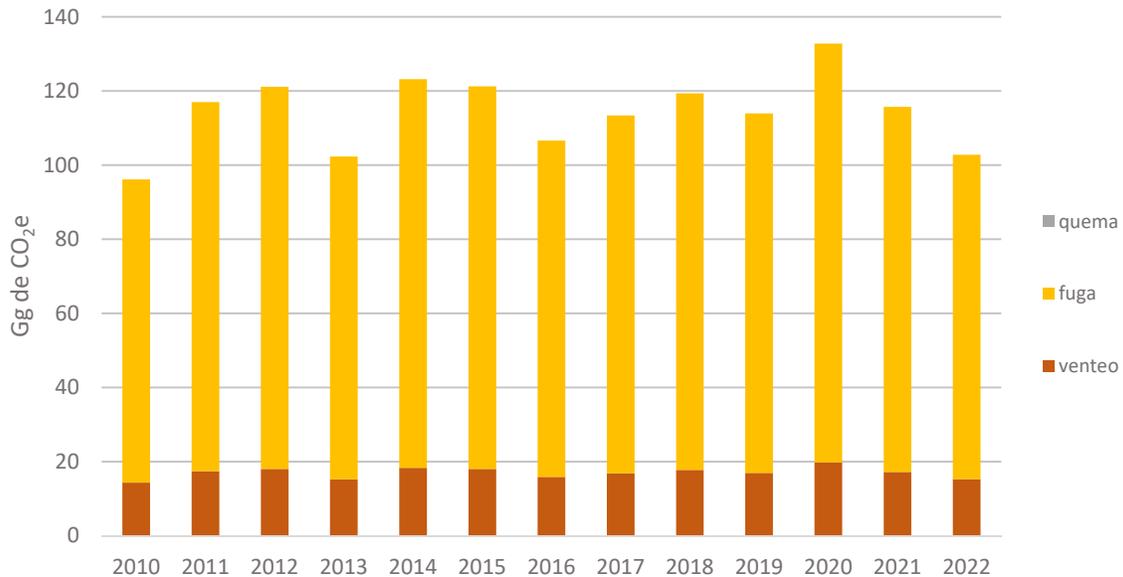
4.6.1. Descripción de la categoría

El subsector [1B] Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles está presente en el Estado de Durango con la categoría [1B2]. Por su parte, para la categoría [1B1] Combustibles sólidos, cuya principal fuente es [1B1a] Minería carbonífera y manejo del carbón, no se detectó actividad en el Estado al no haber cifras de producción de carbón oficiales ni reportes de minas de carbón activas o de industrias de destilación de hulla detectadas durante los el periodo de estudio de este inventario.

La categoría [1B2] Petróleo y gas natural contabiliza las emisiones fugitivas (fugas, desfuegos y quemas) tanto durante la extracción y fabricación de los combustibles como en el transporte, almacenamiento y distribución final de petróleo (gas LP) [1B2a] y gas natural [1B2b] Estos procesos se contabilizan para todos los medios de trasvase disponibles tales como ductos o pipas; así como las emisiones fugitivas debidas al almacenamiento y uso final de gas natural ya dentro de las instalaciones industriales.

La tendencia de las emisiones fue al alza con una TMCA de 0.56% respecto a 2010 y con una emisión total de 102.8 Gg CO₂e en 2022. Las emisiones debidas al gas natural fueron más del 99% del total de [1B2]. Las emisiones debidas a fugas ya sea durante el transporte, el almacenamiento, la distribución o el uso final en instalaciones industriales representaron el 85% y, en menor medida, las emisiones por venteo fueron el 15% restante, sin registro de emisiones por quema, como se observa en la Figura 20.

Figura 20. Emisiones de la categoría [1B2] por tipo de emisión (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT, CRE y SIE

4.6.2. Metodología

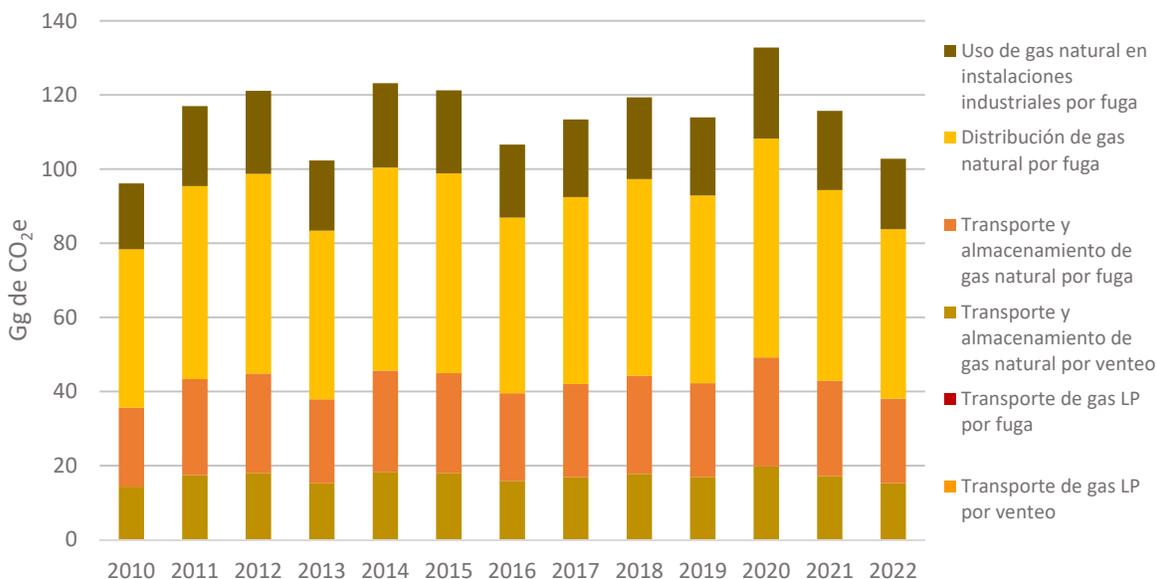
La metodología aplicada proviene de las Directrices del IPCC. Se han usado diferentes enfoques metodológicos (nivel 1 o Tier 1 y nivel 2 o Tier 2) de acuerdo con la disponibilidad de información y el peso de las emisiones de cada actividad siguiendo el árbol de decisión que se muestran en la Figura 4.2.1 “Árbol de decisión para sistemas de petróleo y gas natural”, del capítulo 4, vol. 2 de las directrices del IPCC (2006b).

Se empleó un método Tier 2 para las emisiones de CO₂ y CH₄ al utilizar FE propios del país (no hubo emisiones por quema o por N₂O). Para el cálculo de las emisiones se utilizó la ecuación 4.2.1, vol. 2, cap. 4 de las Directrices del IPCC (2006b).

4.6.3. Datos de actividad (DA)

Los datos de actividad son indirectos y corresponden al volumen de combustibles tanto de gas natural como de gas LP reportados en todos los procesos de las categorías [1A1] Industrias de la energía, [1A2] Industrias manufactureras y de la construcción, [1A4] Otros sectores y [1A5] No especificados (manejo de residuos) en el Estado de Durango. Como puede observarse en la Figura 21, las mayores emisiones corresponden al gas natural, particularmente por las actividades relacionadas con su distribución.

Figura 21. Emisiones de la categoría [1B2] por actividades (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia con información de SEMARNAT, CRE y SIE

4.6.4. Factores de emisión (FE)

Los FE para CO₂, CH₄ y N₂O son los reportados en el documento de Determinación de factores de emisión para emisiones fugitivas de la industria petrolera en México (INECC, 2012), que son factores de emisión determinados como propios o adecuados para nuestro país (Tier 2). Para algunas actividades o procesos, sin embargo, se consideraron los valores por defecto de las Directrices del IPCC (2006b), sección 4.2.2.3, vol. 2, cap. 4. En la Tabla 18 se recogen los valores de los FE específicos de México.

Tabla 18. Factores de emisión de CO₂ empleados en la categoría [1B2] (Gg CO₂/MMm³)

Proceso	Tipo	FE de CO ₂
Transporte de gas LP	Venteo	1.18E+00
Transporte de gas LP	Fuga	2.72E-03
Transporte gas natural	Venteo	3.10E-06
Transporte gas natural	Fuga	8.80E-07
Distribución gas natural	Fuga	2.68E-05

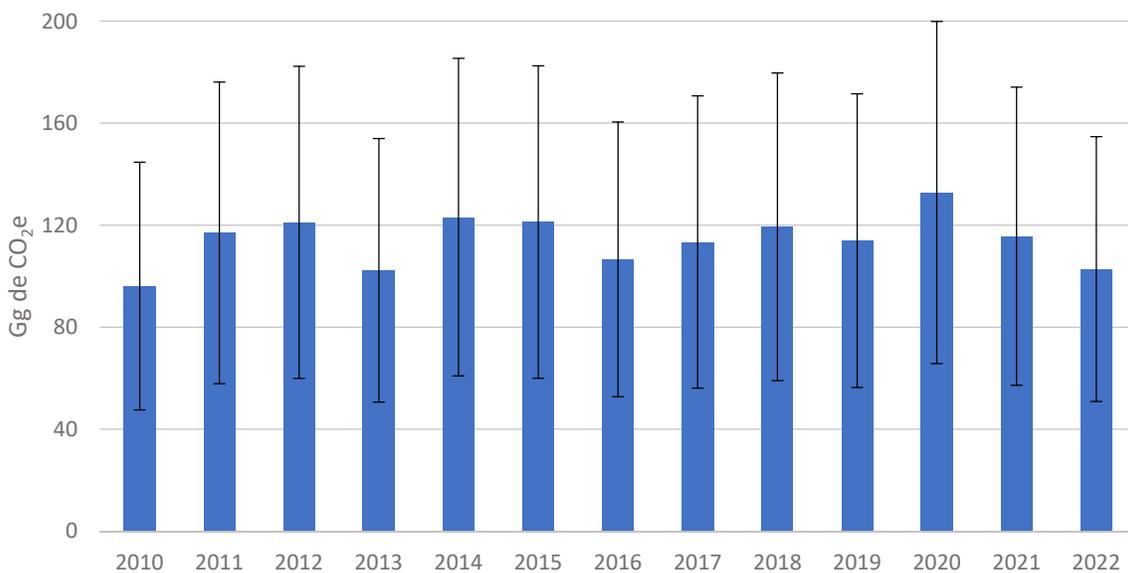
Fuente: INECC, 2012

4.6.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se calculó la incertidumbre mediante el Método 1: Propagación del error, cap. 4 de las Directrices del IPCC por categorías, tendencias y GEI, entre el año base (1990) y el último año de reporte (2019). La incertidumbre de los FE proviene de los valores del estudio del INECC (2012) y los parámetros de incertidumbre de los datos de actividad son valores por defecto de las Directrices del IPCC (2006b), sección 4.2.2.7.2 capítulo 4, vol. 2.

La incertidumbre promedio de los DA de [1B2] se estimó en $\pm 50.53\%$. Las series se consideran coherentes en el tiempo al emplearse la misma metodología, así como completas al tener la cobertura geográfica estatal. En la Figura 22 se muestra la incertidumbre.

Figura 22. Incertidumbre en la categoría 1B2



Fuente: Elaboración propia

4.6.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción y en las Directrices del IPCC (2006b), sección 4.2.3 capítulo 4, vol. 2.

4.6.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se plantean las siguientes mejoras:

Determinar las emisiones fugitivas específicas del Estado de Durango en un inventario que sea congruente con los inventarios nacionales.

4.7. Transporte [1A3]

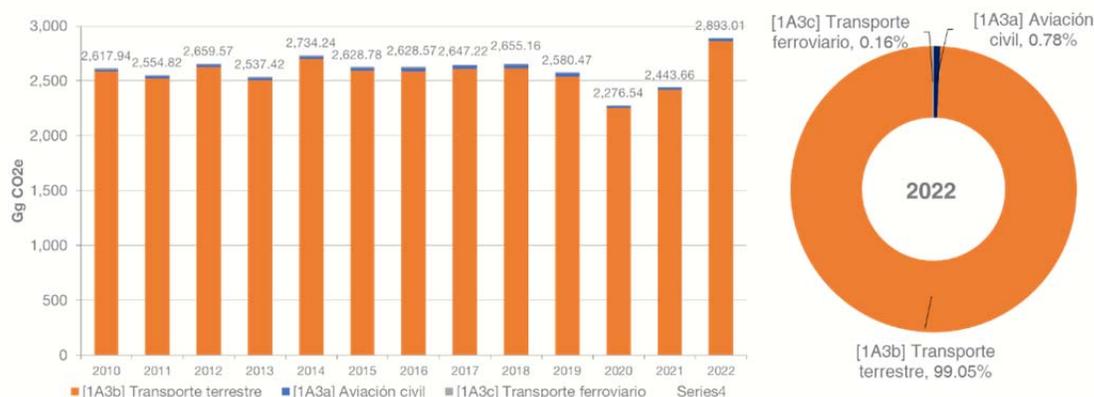
4.7.1. Descripción de la categoría

En esta categoría se incluyen las emisiones de GEI procedentes de la quema de combustibles fósiles utilizados en las actividades de transporte aéreo, terrestre y ferroviario. En este sector se estiman emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O, estando las primeras íntimamente relacionadas con la cantidad y tipo de combustible empleado, mientras que las emisiones de metano y óxido nitroso están, además, altamente influenciadas por el tipo de tecnología empleada en los diferentes medios de transporte.

Las emisiones de GEI debidas al transporte (categoría [1A3]) son las de mayor contribución al sector Energía, contabilizaron 2,617.94 Gg CO₂e en 2010 y para 2022 contabilizaron 2,893.01 Gg CO₂e, lo que representa un incremento con una TMCA de 0.84% en el periodo. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 23, distinguiendo la categoría [1A3b] de transporte terrestre como la de mayor contribución durante todos los años del periodo inventariado, principalmente por el consumo de gasolina, siendo este tipo de combustible el más utilizado en la flota vehicular del Estado.

La fuente transporte terrestre [1A3b] se clasifica por su contribución al inventario como una categoría clave (véase Anexo 1 Categorías Clave).

Figura 23. Emisiones del sector transporte [1A3], GgCO₂e



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de GEI obtenidas por tipo de combustible para el transporte terrestre se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Emisiones de GEI por tipo de combustible para el transporte terrestre en Durango

Combustible	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	CH ₄ (Gg CO ₂ eq))	N ₂ O (Gg CO ₂ eq))	CO ₂ (GgCO ₂ eq)
Gasolinas	1,570.0434	0.2596	0.3242	7.2694	85.9051	1,663.2179
Diésel	905.4914	0.0019	0.0017	0.0525	0.4419	905.9858
Total	2,475.5348	0.2615	0.3258	7.3219	86.3470	2,569.2037

Fuente: Elaboración con MOVES México

Las emisiones obtenidas de CO₂e por medio de la modelación son 0.7% mayores que las obtenidas con los consumos de combustibles (metodología del Nivel 1). En la Tabla 20, se muestra el desglose de las emisiones por tipo de vehículo y combustible.

Tabla 20. Emisiones de GEI por tipo de vehículo y combustibles en Durango

Tipo de Vehículo	Combustible	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	CH ₄ (Gg CO ₂ eq))	N ₂ O (Gg CO ₂ eq))	CO ₂ (GgCO ₂ eq)
Motocicletas	Gasolina	80.05	0.01	0.00	0.27	0.27	80.59
Autos particulares	Gasolina	509.36	0.10	0.09	2.92	22.56	534.84
	Diésel	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	1.64
Taxis	Gasolina	143.74	0.02	0.01	0.53	3.12	147.40
	Diésel	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46
Camionetas de pasajeros (Combis / vagonetas)	Gasolina	360.51	0.05	0.11	1.38	28.42	390.31
	Diésel	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76
Pick Up	Gasolina	378.04	0.06	0.10	1.67	27.19	406.90
	Diesel	30.13	0.00	0.00	0.00	0.04	30.17
Vehículos ≤ 3.8 t.	Gasolina	55.66	0.01	0.01	0.25	3.87	59.78
	Diésel	29.39	0.00	0.00	0.01	0.03	29.43
Microbuses / Minibuses	Gasolina	0.66	0.00	0.00	0.00	0.03	0.69
	Diésel	1.40	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40
Autobuses urbanos	Gasolina	17.06	0.00	0.00	0.10	0.14	17.30
	Diésel	74.33	0.00	0.00	0.00	0.04	74.37
Autobuses particulares	Gasolina	1.11	0.00	0.00	0.01	0.01	1.12
	Diésel	14.43	0.00	0.00	0.00	0.01	14.44
Autobuses federales	Diésel	13.75	0.00	0.00	0.00	0.01	13.76

Tipo de Vehículo	Combustible	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	CH ₄ (Gg CO ₂ eq)	N ₂ O (Gg CO ₂ eq)	CO ₂ (GgCO ₂ eq)
Vehículos > 3.8 t. locales	Gasolina	14.46	0.00	0.00	0.09	0.22	14.76
	Diésel	76.96	0.00	0.00	0.01	0.06	77.02
Vehículos > 3.8 t. federales	Gasolina	1.99	0.00	0.00	0.01	0.02	2.02
	Diésel	22.48	0.00	0.00	0.00	0.02	22.49
Tractocamiones locales	Gasolina	7.40	0.00	0.00	0.04	0.06	7.50
	Diésel	146.52	0.00	0.00	0.01	0.06	146.59
Tractocamiones federales	Diésel	492.25	0.00	0.00	0.02	0.18	492.45
Total		2,475.53	0.26	0.33	7.32	86.35	2,569.20

Elaboración con MOVES México

En la Tabla 21 y Tabla 22, se desglosan las emisiones de acuerdo a los códigos de las Directrices del IPCC de 2006, en las que se agrupa los tipos de vehículos de autos particulares, taxis y camionetas de pasajeros como 1A3bi; los tipos de vehículos de pick up y vehículos menores a 3.8 ton como 1A3bii; los tipos de vehículos mayores a 3.8 toneladas, tractocamiones, microbuses y autobuses como 1A3biii y las motocicletas como 1A3biv.

Tabla 21. Emisiones de gases de efecto invernadero por subcategoría 1A3b

Código IPCC	Subcategoría	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	CH ₄ (Gg CO ₂ eq)	N ₂ O (Gg CO ₂ eq)	CO ₂ (GgCO ₂ eq)
1A3b	Transporte terrestre	2,475.53	0.26	0.33	7.32	86.35	2,569.20
1A3bi	<i>Automóviles</i>	1,017.47	0.17	0.20	4.83	54.10	1,076.40
1A3bii	<i>Camiones para servicio ligero</i>	493.23	0.07	0.12	1.93	31.13	526.29
1A3biii	<i>Camiones para servicio pesado y autobuses</i>	884.79	0.01	0.00	0.29	0.85	885.93
1A3biv	<i>Motocicletas</i>	80.05	0.01	0.00	0.27	0.27	80.59

Elaboración con MOVES México

Tabla 22. Emisiones GEI por tipo de combustible y por subcategoría 1A3b

Código IPCC	Subcategoría	Combustible	CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)	CH ₄ (Gg CO ₂ eq)	N ₂ O (Gg CO ₂ eq)	CO ₂ (GgCO ₂ eq)
1A3b	Transporte terrestre	Gasolina	1,570.04	0.26	0.32	7.27	85.91	1,663.22
		Diésel	905.49	0.00	0.00	0.05	0.44	905.99
1A3bi	Automóviles	Gasolina	1,013.62	0.17	0.20	4.83	54.10	1,072.54
		Diésel	3.85	0.00	0.00	0.00	0.00	3.86
1A3bii	Camiones para servicio ligero	Gasolina	433.70	0.07	0.12	1.92	31.06	466.68
		Diésel	59.53	0.00	0.00	0.01	0.07	59.61
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	Gasolina	42.68	0.01	0.00	0.25	0.48	43.40
		Diésel	842.11	0.00	0.00	0.04	0.37	842.52
1A3biv	Motocicletas	Gasolina	80.05	0.01	0.00	0.27	0.27	80.59

Elaboración con MOVES México

4.7.2. Metodología

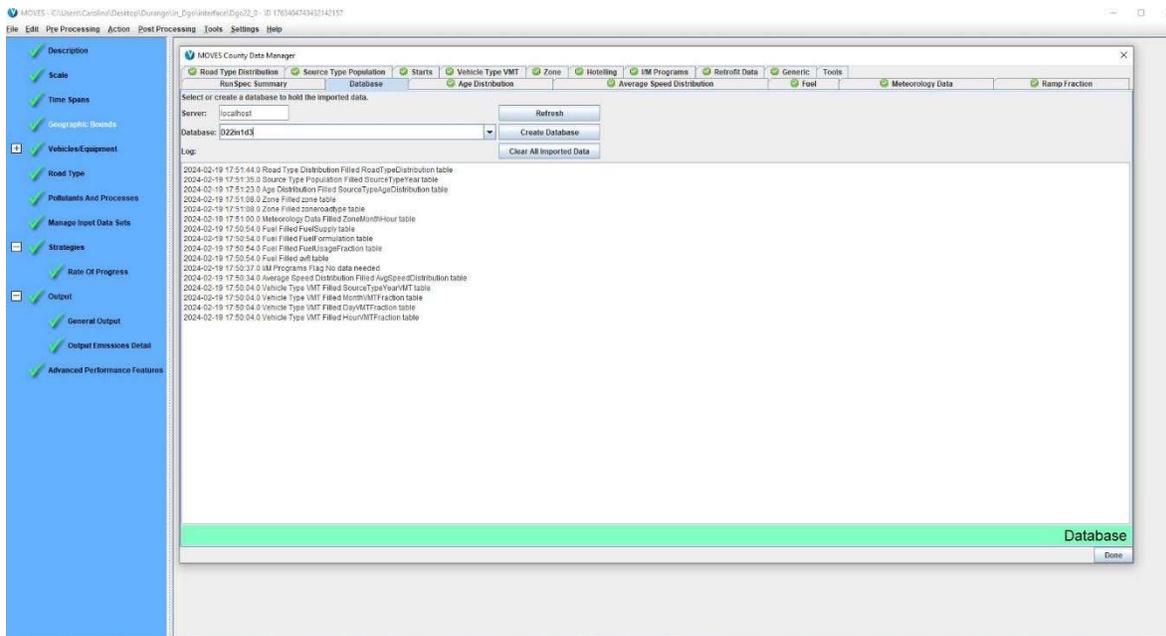
Proviene de las Directrices (IPCC, 2006b). El enfoque metodológico usado para estimar las emisiones de CO₂ para aviación civil, transporte terrestre y transporte ferroviario fue el nivel 2, de acuerdo con las Figuras 3.6.1, 3.2.2 y 3.4.1 del cap. 3, vol. 2 de las Directrices (IPCC, 2006b). La estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O se realizó mediante la aplicación del enfoque nivel 1, siguiendo los árboles de decisión de la Figura 3.6.1 para aviación civil, la Figura 3.2.3 para el transporte terrestre y la Figura 3.4.2 para el transporte ferroviario, del cap. 3, vol. 2 de las Directrices (IPCC, 2006b).

Adicionalmente, las emisiones generadas por los vehículos a gasolina y diésel en circulación del año base 2022 se calcularon con el software MOVES-México, adaptación del Simulador de Vehículos de Motor (MOVES, por sus siglas en inglés) de la EPA (Agencia de Protección Ambiental, siglas en inglés) de Estados Unidos, basado en el MOVES2014a.

Los archivos de entrada que alimentan el modelo, ver Figura 24, contienen información específica del padrón vehicular tal como la composición de la flota por tipo de combustible, tipo de vehículo y antigüedad vehicular, así como la actividad vehicular de la flota (kilómetros recorridos y velocidad vehicular), las características de los combustibles y datos meteorológicos (presión barométrica, humedad relativa y temperatura). Además, se seleccionó la estrategia de calcular la tasa de progreso de emisiones con "No Clean Air Act Amendments".

Se realizaron corridas de tipo de cálculo de Inventario y se solicitaron los contaminantes de CO₂, N₂O, CH₄, PM_{2.5} y Carbono Negro.

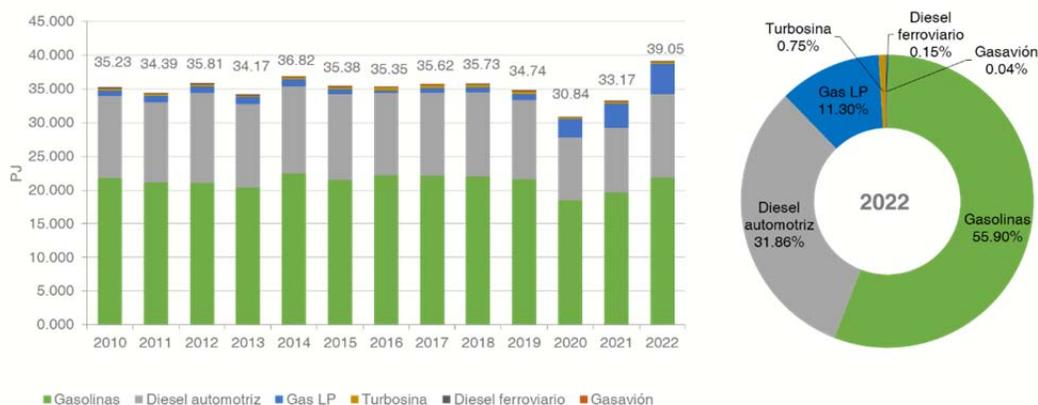
Figura 24. Ejemplo de Información de entrada en el modelo MOVES-México



4.7.3. Datos de actividad (DA)

Para esta categoría los DA se centran en el consumo de combustibles en los distintos modos de transporte del Estado (transporte por carretera, aéreo y ferroviario), obtenidos del Sistema de Información Energética (SIE), la Comisión Reguladora de Energía (CRE), Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA) y operadora de la vía férrea Línea Coahuila-Durango, la Figura 25 y la Tabla 23, muestran el consumo de combustibles en el sector transporte para cada año del periodo inventariado y la evolución relativa.

Figura 25. Consumo de combustibles del sector transporte [1A3], PJ



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Consumo de combustibles por modo de transporte

Año	[1A3a] Aviación civil, PJ		[1A3b] Transporte terrestre, PJ			[1A3c] Transporte ferroviario, PJ
	Turbosina	Gasavión	Gasolinas	Diésel automotriz	Gas LP	Diésel ferroviario
2010	0.22	0.02	21.76	12.25	0.79	0.18
2011	0.23	0.03	21.12	11.89	0.96	0.16
2012	0.26	0.03	21.10	13.34	0.92	0.16
2013	0.25	0.02	20.37	12.37	1.02	0.15
2014	0.26	0.02	22.49	12.91	1.00	0.14
2015	0.30	0.02	21.53	12.68	0.71	0.14
2016	0.43	0.02	22.19	12.20	0.40	0.11
2017	0.39	0.01	22.11	12.33	0.69	0.08
2018	0.40	0.01	22.05	12.47	0.69	0.10
2019	0.42	0.01	21.59	11.79	0.82	0.10
2020	0.21	0.01	18.40	9.44	2.70	0.07
2021	0.24	0.01	19.67	9.53	3.65	0.06
2022	0.26	0.02	21.83	12.44	4.41	0.06

Fuente: Elaboración propia.

En el ámbito de la aviación civil, los datos sobre el consumo de combustibles, como la turbosina y el gasavión, se obtuvieron de diferentes fuentes a lo largo de los años. Desde 2010 hasta 2021, los datos fueron proporcionados por ASA a través de su página web oficial. Sin embargo, para el año 2022, se requirió esta información directamente a ASA a través de una solicitud oficial.

En el transporte terrestre, el consumo de gasolinas (regular y premium) y diésel del 2010 al 2014 son datos proporcionados por PEMEX Refinación, y de los años 2015 al 2022 fueron proporcionados por la CRE, por lo cual, en estos últimos años se realizaron ajustes con información del Balance Nacional de Energía y la Oferta Nacional, obtenidas del Sistema de Información Energética.

Los datos de consumo de gas LP en el autotransporte del 2016 al 2022 son proporcionados por la CRE (Comisión Reguladora de Energía), mientras que del 2010 al 2015 es con información del SIE (Sistema de Información Energética).

Los datos de consumo de diésel en el sistema ferroviario del 2010 al 2022, son proporcionados por la Línea Coahuila Durango, S. A. de C. V., la cual es una empresa ferroviaria de línea corta que opera entre los Estados de Durango y Coahuila esta cuenta con total de infraestructura de 925 kilómetros de vía principal, 128 kilómetros de vía secundaria y 291 kilómetros de derechos de paso; con un total de 1,344 Kilómetros.

La tendencia del consumo de combustible está marcada principalmente por el consumo de gasolinas en el transporte terrestre; en el ámbito de la aviación civil, se ha registrado un aumento en el consumo de turbosina y una disminución en el uso de gasavión. En comparación con el año 2010, el consumo de turbosina en 2022 experimentó un crecimiento anual del 2.2 % y para gasavión un decremento de -3.1 %, mientras que de transporte terrestre las gasolinas tuvieron un crecimiento de 0.03%, diésel de 0.13% y de gas L.P. de 15.4%. Para el caso del transporte ferroviario se observa una disminución en el uso de combustible presentando una tasa de crecimiento anual de -8.79 % de los años 2010 al 2022.

4.7.3.1. Padrón vehicular

Los datos del parque vehicular del Estado de Durango se obtuvieron del padrón vehicular del Estado, información proporcionada por el gobierno del Estado. Cabe señalar que el padrón vehicular de los vehículos particulares corresponde al año 2022, mientras que la parte de vehículos públicos corresponde al año 2020. Al depurar la base (omisión de remolques, años modelo inválidos, vehículos de otros combustibles diferentes a gasolina o diésel) se obtuvo un parque estatal de 471,336 vehículos.

Para poder hacer la homogeneización del padrón vehicular con los tipos de vehículos de acuerdo a la clasificación que tiene el MOVES, se realizó un análisis del padrón estatal vehicular considerándose las categorías de clase, uso, tipo y marca de cada vehículo registrado, así como la identificación del tipo de servicio de la placa del vehículo.

Cabe señalar que se realizaron tres corridas en el modelador MOVES para obtener las emisiones de todos los tipos de vehículos considerados. Ver Tabla 24.

Se incluyeron los vehículos federales que transitan por el Estado, con información de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte.

Tabla 24. Homologación de tipos de vehículos con la clasificación del MOVES.

Identificador MOVES	Nombre MOVES	Tipo de Vehículo	Padrón de origen	Número de corrida
11	Motorcycle	Motocicletas	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3
21	Passenger Car	Autos particulares	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3
21	Passenger Car	Taxis	Padrón Estatal Vehicular	2 de 3
31	Passenger Truck	Camionetas de pasajeros (Combis / vagonetas)	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3
32	Light Commercial Truck	Pick Up	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3
32	Light Commercial Truck	Vehículos ≤ 3.8 t.	Padrón Estatal Vehicular	2 de 3

Identificador MOVES	Nombre MOVES	Tipo de Vehículo	Padrón de origen	Número de corrida
32	Light Commercial Truck	Microbuses / Minibuses	Padrón Estatal Vehicular	3 de 3
42	Transit Bus	Autobuses urbanos	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3
42	Transit Bus	Autobuses particulares	Padrón Estatal Vehicular	3 de 3
52	Single Unit Short-haul Truck	Vehículos > 3.8 t. locales	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3
61	Combination Short-haul Truck	Tractocamiones locales	Padrón Estatal Vehicular	1 de 3

Elaboración propia

Con la información del padrón vehicular del Estado se generaron archivos de entrada referente a la distribución del parque vehicular por año modelo y tipo de combustible. En la Tabla 25 se muestra la flota vehicular por tipo de vehículo y combustible.

Tabla 25. Flota vehicular de Durango, por tipo de vehículo y combustible

Tipo de Vehículo	Parque vehicular del Estado de Durango		Total
	Gasolina	Diésel	
Motocicletas	28,727		28,727
Autos particulares	196,396	516	196,912
Taxis	10,604	22	10,626
Camionetas de pasajeros (Combis / vagonetas)	107,552	375	107,927
Pick Up	93,366	5,042	98,408
Vehículos ≤ 3.8 t.	12,736	5,535	18,271
Microbuses / Minibuses	60	97	157
Autobuses urbanos	438	1,595	2,033
Autobuses particulares	41	342	383
Autobuses federales		346	346
Vehículos > 3.8 t. locales	849	4,153	5,002
Vehículos > 3.8 t. federales	74	918	992
Tractocamiones locales	261	2,659	2,920
Tractocamiones federales		6,435	6,435
Total	451,104	28,035	479,139

Elaboración con información del Padrón Vehicular del Estado de Durango del año 2022

4.7.3.2. Actividad Vehicular

Los kilómetros recorridos por tipo de vehículo (KRV) se ajustaron con base en los KRV de MOVES México en la corrida default nacional y default del Estado de Durango (Tabla 26).

Tabla 26. Promedio estatal de los kilómetros recorridos al año por tipo de vehículo.

Tipo de vehículo	KRV promedio
Motocicleta	28,835
Auto particular	12,036
Taxi	73,000
Camionetas de pasajeros (Combi / vagoneta)	17,135
Pick Up	14,363
Vehículo ≤ 3.8 t.	14,363-
Microbús / Minibús	39,342
Autobús	52,078
Vehículo > 3.8 t.	27,954
Tractocamión	65,938

Elaboración con información de MOVES México

El software del modelo requiere ser alimentado con la velocidad promedio por tipo de vehículo, tipo de vialidad y hora del día; por lo que fue necesario el archivo de entrada por default de MOVES México.

La información específica de distribución de actividad vehicular por hora, día y mes fue obtenida a partir de los archivos default de MOVES México.

La distribución vehicular por tipo de camino se realizó con base en el análisis de los datos viales de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, que contiene información de los volúmenes de tránsito de la red nacional de carreteras pavimentadas por entidad federativa, en este caso de Durango. Ver Tabla 27.

Tabla 27. Distribución vehicular por tipo de camino

Tipo de vehículo	Tipo de vialidad		
	Acceso rural no restringido	Acceso urbano restringido	Acceso urbano no restringido
Motocicletas	17%	12%	71%
Vehículos particulares	14%	13%	73%
Camionetas de	9%	14%	77%

Tipo de vehículo	Tipo de vialidad		
	Acceso rural no restringido	Acceso urbano restringido	Acceso urbano no restringido
pasajeros			
Autobuses	5%	34%	61%
Vehículos > 3.8 t. locales	8%	20%	72%
Vehículos > 3.8 t. federales	3%	41%	56%
Tractocamiones locales	4%	29%	67%
Tractocamiones federales	5%	49%	46%

Elaboración con información de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte

4.7.3.3. Características de los combustibles

Se actualizaron los datos de propiedades de combustible con información de la Norma Oficial Mexicana NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos. Cabe señalar que la presión de vapor y las temperaturas de destilación de gasolinas varían según la clase de volatilidad de las gasolinas de acuerdo a las zonas geográficas y la época del año, como lo especifica la norma. La Tabla 28 muestra las especificaciones de los combustibles, en donde la presión de vapor y las temperaturas de destilación son de los meses de marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

Tabla 28. Especificaciones de los combustibles.

Especificaciones	Gasolina		Diésel
	Regular	Premium	
RVP (lb/plg ²)	10	10	0
Azufre (mg/kg)	80	30	500
MTBE (%Vol.)	2.7	2.7	0
Aromáticos (%Vol.)	32	32	0
Olefinas (%Vol.)	12.5	12.5	0
Benceno (%Vol.)	2	2	0
T50	207.5	207.5	0
T90	374	374	0

Elaboración propia

Otro requerimiento del modelo MOVES México, es la distribución mensual del suministro de combustibles del año a modelar, lo cual se calculó a partir de las ventas de combustibles a nivel estatal, información solicitada a la CRE (Comisión Reguladora de Energía).

4.7.3.4. Factores de emisión (FE)

Los FE para la estimación de las emisiones de CO₂ son específicos de la región para todos los modos de transporte identificados (INECC-IMP, 2014). De acuerdo a las ventas de combustibles por estación de servicio proporcionado por PEMEX Refinación, el Estado de Durango es surtido por la refinería de Cadereyta en Nuevo León, por lo cual se utilizaron FE de la Zona Metropolitana de Monterrey debido a que no hay FE de la refinería de Cadereyta para gasolina magna, gasolina premium y gas L.P. Por otra parte, para la estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O del transporte terrestre, aéreo y ferroviario, se emplean los FE por defecto de las Directrices (IPCC, 2006b) (tablas 3.2.2, 3.4.5 y 3.6.5, vol. 2, cap. 3). En la Tabla 29, se recogen los valores de los FE empleados en la estimación de las emisiones de GEI del transporte.

Tabla 29. Factores de emisión específicos para Durango para los combustibles empleados en el transporte kg/TJ

Combustibles	FE de CO ₂	FE de CH ₄	FE de N ₂ O
Gasolina regular	71,981.84	25	8
Gasolina premium	71,647.39	25	8
Turbosina	72,681.59	0.5	2
Diésel	72,766.14	3.9	3.9
Diésel ferroviario	72,766.14	4.15	28.6
Gas LP	65,372.39	62.0	0.2
Gasavión	71,702.8	0.5	2

4.7.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se calculó la incertidumbre mediante el “Método 1: Propagación del error”, del cap. 4 de las Directrices (IPCC, 2006a) por categorías, tendencias y GEI, entre el año base (2022) y el último año de la serie histórica (2010). La incertidumbre de los FE se toma de las Directrices (IPCC, 2006b) (vol. 2, cap. 3, cuadros 3.6.4 y 3.6.5 para aviación, cuadro 3.4.1 para transporte ferroviario y la sección 3.2.2 para el transporte terrestre). Para los FE de CO₂ propios del país, los rangos de incertidumbre corresponden a los estimados en la bibliografía (INECC-IMP, 2014).

La incertidumbre de los DA se estableció en 5%. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica estatal (cubre todos los consumos de combustibles fósiles del sector).

4.7.3.6. QA/QC de la categoría y verificación

Las fuentes de base de las que se extrae información está sometida a controles de revisión específicos propios. Las modificaciones observadas en la tendencia de las emisiones han sido revisadas y se consideran justificadas.

4.7.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

- 1) Estimación de las emisiones de autotransporte en función de flota vehicular y kilómetros recorridos para hacer una validación del consumo de combustibles empleados, estimación de los datos de consumo de combustibles de aviación con base en una sola fuente, estimación de las emisiones de transporte ferroviario en función de tipo de locomotora y hacer una validación del consumo de combustibles consumido por tipo y
- 2) revisión de la serie temporal de consumo de los distintos tipos de combustibles y diferentes fuentes de información, para obtener datos más precisos.

5. [2] Procesos industriales y uso de productos

5.1. Visión general del sector

El sector [2] PIUP, considera las emisiones provenientes de la fabricación y uso de productos en la industria donde, derivado de la naturaleza del producto, bien por fugas, uso directo o del proceso para su fabricación en donde se transforman materias primas por medios químicos o físicos, ocurren emisiones de gases de efecto invernadero. Este sector incluye las emisiones generadas en la industria de los minerales, industria química, industria de los metales, el uso no energético de combustibles y disolventes, industria electrónica, uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, manufactura y utilización de otros productos y otros sectores como la industria de la pulpa y el papel y la industria de la alimentación y las bebidas.

En el Estado de Durango las industrias que se identificaron y que son de interés para el sector PIUP son la industria de los metales, uso de lubricantes, manufactura y utilización de otros productos, uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, la industria de la pulpa y el papel y la industria de la alimentación y las bebidas.

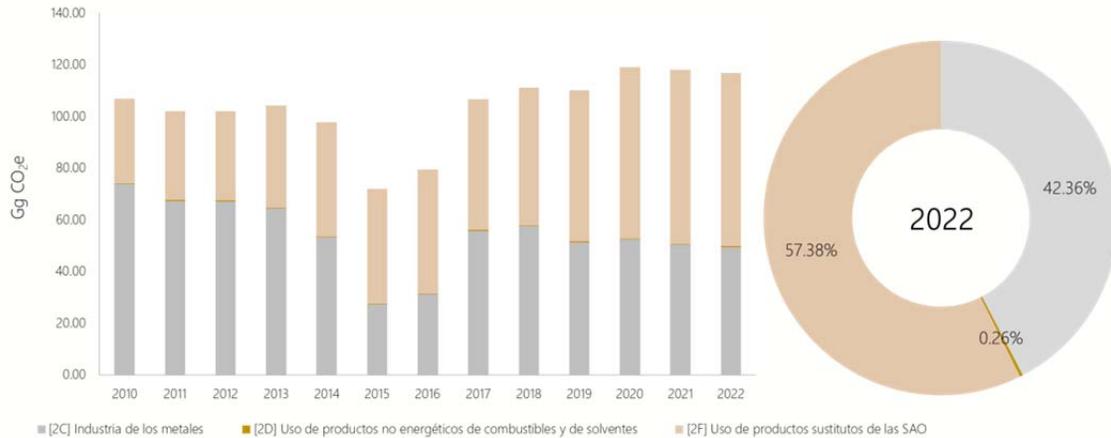
Debido al nivel de información y datos disponibles, las emisiones de GEI solo se estiman para:

- [2C] Industria de los metales
- [2D] Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes
- [2F] Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono en específico [2F1] Refrigeración y aire acondicionado

Las emisiones generadas en las actividades de la industria por el uso de combustibles fósiles con motivos energéticos, no como parte del proceso productivo, se reportan en el sector [1] Energía. En [2] PIUP, de acuerdo con las Directrices 2006, los gases GEI que se estiman incluyen al CO₂, CH₄, N₂O, los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y el trifluoruro de nitrógeno (NF₃).

Las emisiones del sector [2] PIUP en 2022 alcanzaron 116.85 Gg CO₂e lo que representó el 0.88% de las emisiones totales del IEEGYCEI (sin absorciones). En 2010 las emisiones del sector PIUP fueron de 106.91 Gg CO₂e, lo que significa un aumento del 0.74% para el sector del 2010 al 2022, siendo las emisiones por el uso de productos sustitutos de las SAO las que mayor contribuyen en este sector. En la Figura 26, se presenta la evolución de las emisiones del 2010 al 2022 para las subcategorías del sector [2] PIUP, así como su contribución en el año 2022.

Figura 26. Evolución de las emisiones de GEI del sector [2] PIUP en Durango, 2010-2022



Fuente: Elaboración propia.

5.2. Industria de los metales [2C]

5.2.1. Descripción de la categoría

En este subsector se debe cuidar de no efectuar dobles conteos ni omitir emisiones de dióxido de carbono (CO₂) pues las emisiones de CO₂ que resultan de la función del carbono, tanto como reactivo en los procesos y como fuente de calor para sostener las reacciones químicas involucradas en los procesos metalúrgicos, están estrechamente relacionadas en varios casos. En los casos en los que en una planta de producción de metales exista tecnología de captura de CO₂, este debe restarse del cálculo de emisiones, en proporción con la cantidad de CO₂ generado en la categoría de energía y PIUP. La hipótesis por defecto es que no hay captura ni almacenamiento (CCS) de CO₂.

En 2022, la emisiones por la producción de ferroaleaciones [2C2] se contabilizaron en 49.50 Gg CO₂e presentando una TMCA de -3.27% con respecto al 2010 y la producción de plomo [2C5] contabilizó 0.59 Gg CO₂e con una TMCA de -10.39% con respecto al 2010.

La producción de metales está muy ligada a la actividad económica del Estado, en la Figura 27, se presenta la evolución de las emisiones de GEI para la Industria de los metales en Durango influenciada principalmente por los volúmenes de producción del silicomanganeso.

Figura 27. Evolución de las emisiones de GEI para [2A] Industria de los metales en Durango, 2010-2022



Fuente: Elaboración propia.

5.2.2. Metodología

La metodología es la indicada en las Directrices (IPCC 2006). El enfoque metodológico, de acuerdo al árbol de decisión de la Figura 2.1, cap 2, vol 3 de las Directrices (IPCC 2006) son nivel 1 (Tier 1) para las emisiones de CO₂ por la producción de silicomanganeso y nivel 2 por el consumo de coque de petróleo para la producción de plomo.

5.2.3. Datos de actividad (DA)

El DA que se emplea en la subcategoría [2C] corresponde a la producción de ferroaleaciones y del consumo de coque de petróleo, obtenido de las Cédulas de Operación Anual (COA) del 2014 al 2021, para la serie histórica se consideró el mismo crecimiento que ha mantenido la minería no petrolera en México (Tabla 30).

Tabla 30. Datos de actividad para el sector ferroaleaciones [2C]

Año	Volumen de producción de SiMn(ton)	Volumen consumo de coque de petróleo para la producción de plomo (ton)*
2010	49,893.81*	693.91*
2011	54,288.23*	742.99*
2012	45,032.36*	795.56*
2013	42,985.44*	851.84*
2014	35,053.60	912.10
2015	17,091.78	852.11
2016	19,904.09	785.89
2017	37,372.48	674.67
2018	38,558.52	693.91
2019	34,317.52	665.12
2020	NR	896.24
2021	34,741.09	189.50
2022	34,112.72*	186.07*

*datos estimados. NR no reportan producción.

Fuente: Elaboración propia.

5.2.4. Factores de emisión (FE)

Para la estimación de las emisiones de la subcategoría [2C2] producción de ferroaleaciones se empleó el FE considerado para la producción de silicomanganeso (SiMn) por defecto del IPCC 2006, de 1.4 ton CO₂/ton producto (cuadro 4.5, vol 3, cap 4) y para las emisiones de metano el FE por defecto de 1.2 kgCH₄/t producto (cuadro 4.7, vol 3, cap 4). Para la producción de plomo se utilizó el consumo de coque de petróleo y el FE por defecto de 0.87 kgC/kg de coque de petróleo (cuadro 4.22, vol 3, cap 4).

5.2.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se estima la incertidumbre mediante el "Método 1: Propagación de error" por categorías, tendencias y GEI para el año 2010 y 2022, descrito en el capítulo 4 de las Directrices del IPCC 2006 (IPCC 2006a). La incertidumbre de los FE se tomó de las Directrices 2006.

5.2.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

5.2.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

- Ampliar la información del sector industrial e incluir más subsectores en la estimación

5.3. Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes [2D]

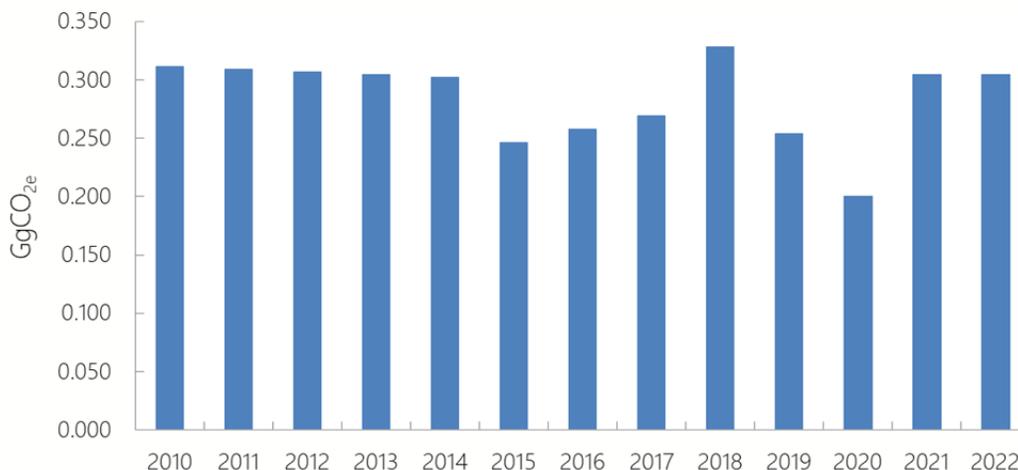
5.3.1. Descripción de la categoría

En ese subsector se cuantifican las emisiones generadas por los primeros usos de los combustibles fósiles como productos con fines primarios, excepto: i) la combustión con fines energéticos y ii) el uso como sustancias de alimentación a procesos o como agente reductor. Las emisiones de estos dos últimos se cuantifican en la industria química y en la industria de los metales respectivamente. Los productos que se consideran son los lubricantes, ceras de parafina, alquitrán y/o asfalto y los solventes. Las emisiones proveniente de usos ulteriores o de la eliminación de los productos después del primer uso (es decir, la combustión de óleos de desechos tales como los lubricantes usados) deben estimarse y declararse en el sector desechos, cuando son incinerados o en el sector energía si hay recuperación de energía.

El principal uso de los lubricantes es en las aplicaciones industriales y en el transporte. Los lubricantes se producen en las refinerías, por separación del petróleo crudo, o en las plantas petroquímicas, estos se pueden subdividir en: aceites para motores y aceites industriales y grasas. Estos se diferencian debido a sus características físicas, aplicaciones comerciales y su impacto ambiental.

En 2022, las emisiones por el uso de lubricantes [2D1] ascienden a 0.304 GgCO₂ presentando una TMCA de -0.19% con respecto a 2010 (0.31 GgCO_{2e}). En la Figura 28, se presenta la evolución de las emisiones de CO₂ por el uso de lubricantes para el Estado de Durango.

Figura 28. Evolución de las emisiones de GEI para [2D] Uso de lubricantes, 2010-2022



Fuente: Elaboración propia.

5.3.2. Metodología

La metodología es la indicada en las Directrices (IPCC 2006). El enfoque metodológico es de acuerdo a las cuestiones metodológicas dictadas en el volumen 3, capítulo 5.2, ecuación 5.2, de las Directrices (IPCC 2006), nivel 1 (Tier 1) para las emisiones de CO₂ por el consumo de lubricantes y grasas reportados en las Cédulas de Operación Anual (COA).

5.3.3. Datos de actividad (DA)

El DA que se emplea en la subcategoría [2D1] corresponde al consumo de lubricantes y grasas obtenido de las Cédulas de Operación Anual (COA) del 2014 al 2021. (Tabla 31).

Tabla 31. Datos de actividad para el subsector uso de lubricantes [2D1]

Año	Volumen lubricante (ton)	Volumen grasa (ton)
2010	200.714*	20.23*
2011	199.249*	20.08*
2012	197.795*	19.945*
2013	196.351*	19.79*
2014	194.918	19.65
2015	190.263	24.99
2016	117.227	13.94
2017	226.857	1.17
2018	261.558	0.02
2019	177.975	0.03
2020	210.409	0.03

Año	Volumen lubricante (ton)	Volumen grasa (ton)
2021	94.0437	0.03
2022	94.1137*	0.03*

*datos estimados

Fuente: Elaboración propia.

5.3.4. Factores de emisión (FE)

Para la estimación de las emisiones de la subcategoría [2D1] uso de lubricantes se emplearon los FE por defecto del IPCC 2006, 20.0 kgC/GJ y los factores de oxidación por defecto (ODU) de 0.2 para los lubricantes y 0.05 para las grasas (cuadro 5.2, vol 3, cap 5), así como el cociente de masa del CO₂/C de 44/12.

5.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se estima la incertidumbre mediante el “Método 1: Propagación de error” por categorías, tendencias y GEI para el año 2010 y 2022, descrito en el capítulo 4 de las Directrices del IPCC 2006 (IPCC 2006a). La incertidumbre de los FE se tomó de las Directrices 2006.

5.3.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

5.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

- Ampliar la información del uso de lubricantes en los diferentes sectores industriales así como en el sector transporte.

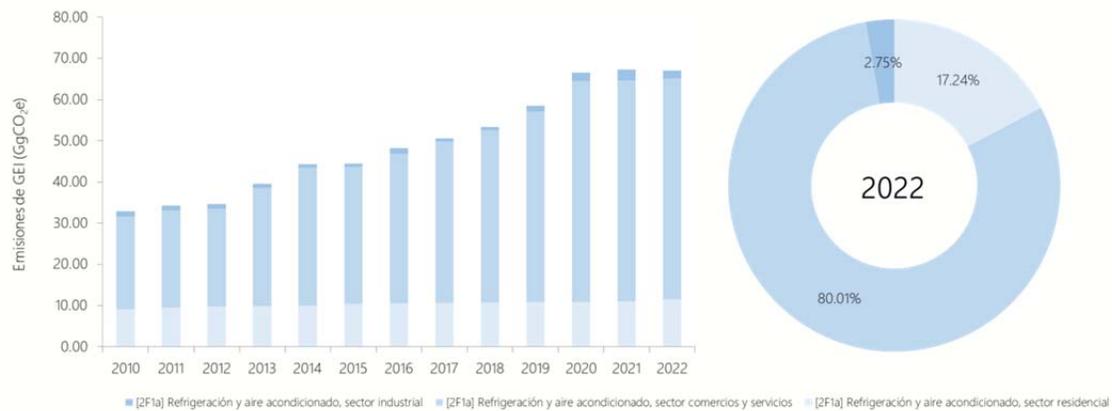
5.4. Uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono [2F]

5.4.1. Descripción de la categoría

Las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO) han sido sustituidas de manera gradual, principalmente, por hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) tras la firma del Protocolo de Montreal en 1987. Estas sustancias se emplean con fines de refrigeración; aire acondicionado; extinción de incendios y protección contra explosiones; limpieza con solventes; como agentes espumantes y propelentes en aerosoles; entre otros usos (IPCC, 2006c). Están contenidos en equipos y productos, por lo que se estudian las fugas a lo largo de su vida útil.

En Durango el uso más importante de estas sustancias es en la refrigeración y aire acondicionado [2F1] en la rama residencial, comercial y servicios. Para las emisiones solo para la refrigeración en el sector comercios y servicios, en 2010 se contabilizaron en 22.39 Gg CO₂e y en 2022 estas descendieron a 53.65 Gg CO₂e. En la Figura 29 se presenta la evolución de las emisiones de este subsector en donde se aprecia un crecimiento constante a lo largo del periodo con una TCMA de 6.13%.

Figura 29. Evolución de las emisiones por el uso de productos en equipos de refrigeración y aire acondicionado en Durango (GgCO₂e), 2010-2022



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2. Metodología

Las estimaciones consideran únicamente aquellas derivadas del uso de productos durante la vida útil de los equipos y durante la disposición final. Además de los hidrofluorocarbonos (HFC), se incluyen los clorofluorocarbonos (CFC) y los hidroclorofluorocarbonos (HCFC) de manera indicativa, es decir, que no se reportan en el Inventario.

La categoría [2F1] se estima de acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 (IPCC 2006c) con un enfoque metodológico nivel 2 (Tier2) de acuerdo al árbol de decisión publicado en las mismas Directrices (Figura 7.6, cap 7, vol 3).

5.4.3. Datos de actividad (DA)

Los DA considerados para la estimación de las emisiones procedentes de la subcategoría [2F1] se basan en la cantidad de equipos utilizados en los sectores de la refrigeración y aire acondicionado y en la determinación del consumo de estos. Asimismo, no se dispone de datos de recuperación/destrucción de los gases en esta subcategoría.

5.4.4. Factores de emisión (FE)

Los FE y parámetros utilizados para la estimación de las emisiones de [2F1] provienen de la SEMARNAT con base en juicio de experto y son valores relacionados con las prácticas comunes durante las actividades de servicio.

5.4.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Se estima la incertidumbre mediante el “Método 1: Propagación de error” por categorías, tendencias y GEI para el año 2010 y 2022, descrito en el capítulo 4 de las Directrices del IPCC 2006 (IPCC 2006a). La incertidumbre de los FE se tomó de las Directrices 2006 (Vol3. Cap7) (IPCC 2006c)

Para la incertidumbre de los DA para la subcategoría de refrigeración y aire acondicionado residencial se estimó en 25.65 y para refrigeración y aire acondicionado no residencial se estimó en 27.92.

5.4.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

5.4.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Revisar la serie temporal para obtener datos más precisos

5.5. Manufactura y utilización de otros productos [2G]

5.5.1. Descripción de la categoría

El hexafluoruro de azufre (SF_6) se usa como aislante eléctrico en interruptores de potencia en subestaciones encapsuladas de los sistemas de transmisión de electricidad de la CFE. No se obtuvo información suficiente para ser considerado en el presente inventario.

5.6. Otros [2H]

5.6.1. Descripción de la categoría

Como se mencionó anteriormente en Durango existen industrias de alimentos y bebidas de acuerdo al IPCC la industria alimenticia puede emitir óxido nitroso (N_2O) debido al uso de propelentes en productos a presión (como las latas de crema batida). En el rubro médico, este gas se emplea como anestésico y analgésico en humanos y animales. Otro sector importante que puede generar emisiones de GEI es la matanza de ganado, aves y otros animales comestibles.

Otra industria que opera dentro del Estado de Durango es la industria de celulosa y papel pero no se contó con información suficiente para su estimación en el presente inventario.

6. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (ASOUT) [3]

6.1. Visión general del sector (Agricultura)

El sector [3] ASOUT¹ se divide en: [3A] Ganado, [3B] Tierra, [3C] Fuentes agregadas y fuentes de emisión distintas al CO₂ de la tierra y [3D] Otros. En primer término, agrupada como Agricultura, se presenta la información de las categorías [3A] y [3C], y posteriormente la que corresponde a UTCUTS² categoría [3B] Tierra y [3D] Otros.

Las emisiones del sector Agricultura en 2022 se contabilizaron en 4,927.42 GgCO₂e, lo que representó el 37.32% de las emisiones del IEEGYCE (sin absorción). La categoría con mayor contribución es la fermentación entérica [3A1] con el 60.55% de las emisiones del sector una TMCA de 1.18%, le sigue la categoría de suelos gestionados [3C4] + [3C5] con una contribución del 16.43% y una TMCA de 2.83% y 3.68% respectivamente.

El sector presenta un incremento en sus emisiones de GEI durante el periodo de análisis, con una TMCA de 0.16%, siendo las emisiones por la quema de biomasa [3C1] las de mayor TMCA con 49.01%.

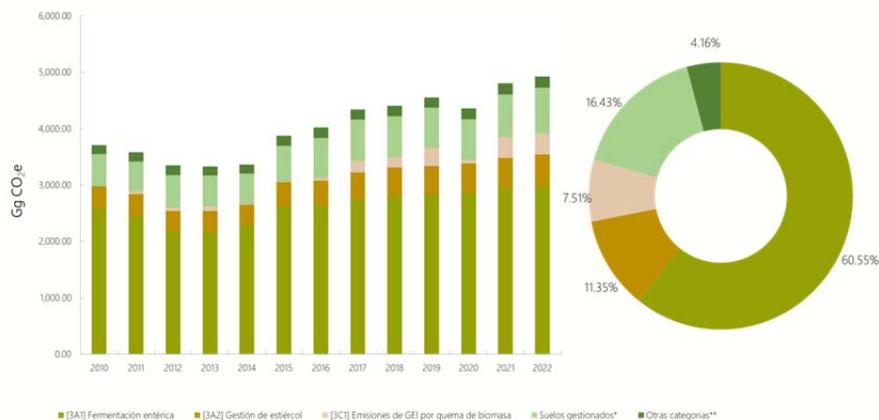
El total de absorciones para este sector se estima en -13,123.01 GgCO₂e, de las cuales -8,834.36 GgCO₂e se absorben en tierras forestales [3B1], -61.36 en tierras de cultivo que permanecen como tal [3B2a], -1,323.02 en Praderas que permanecen como tal [3B3a] y -2,904.27 se absorben en productos de madera recolectada [3D1].

En la Figura 30, se presentan las emisiones del sector ASOUT con desglose por categorías. Se observa, en el periodo histórico, que hay una tendencia de aumento en prácticamente todas las subcategorías de este sector. Las emisiones debidas a los animales [3A] aumentan debido al aumento del inventario ganadero. La tendencia de las actividades agrícolas [3C] se relaciona con el aumento en la superficie cultivada y el uso de fertilizantes.

¹ En inglés, AFOLU, por Agriculture, Forestry and Other Land Use.

² Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura. En inglés, LULUCF por *Land use, Land-use change, and Forestry*.

Figura 30. Evolución de las emisiones para el sector Agricultura [3A] y [3C]



*[3C4] Emisiones directas de los N₂O de los suelos gestionados + [3C5] Emisiones indirectas
**[3C3] aplicación de urea + [3C6] Emisiones indirectas de los N₂O de la gestión del estiércol

Fuente: Elaboración propia.

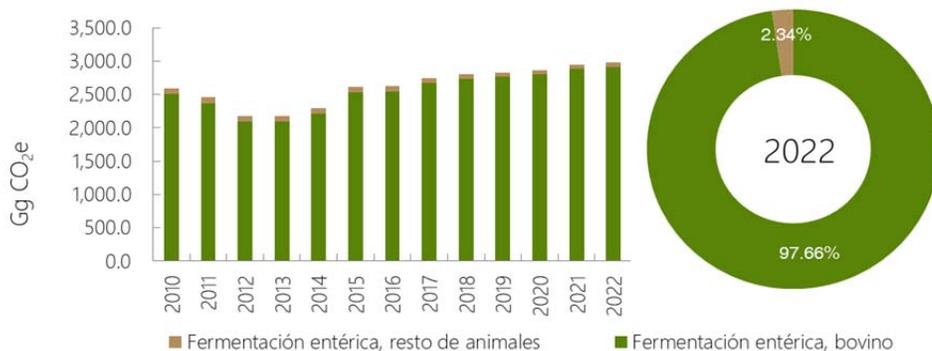
6.2. Fermentación entérica [3A1]

6.2.1. Descripción de la categoría

Las emisiones de CH₄ se generan por los procesos metabólicos de la digestión de los carbohidratos contenidos en el alimento del ganado. En esta actualización se reportan las emisiones para el ganado bovino (para carne y leche), caballos, burros y mulas, porcino, ovino, caprino y aves.

Las emisiones de metano asociadas a la fermentación entérica [3A1] en 2022 se estimaron en 2,983.7 Gg CO₂e, las cuales muestran un incremento del 1.18% respecto al año 2010. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 31, donde se observa un incremento en las emisiones, motivado por el crecimiento del hato ganadero, principalmente de bovinos.

Figura 31. Emisiones de CH₄ de la fermentación entérica [3A1] (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

6.2.2. Datos de actividad (DA)

El DA es el número medio de efectivos ganaderos de cada especie y subcategoría en cada año. La fuente de información es el inventario ganadero del Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). Adicionalmente, esta fuente provee de información del número de animales, peso promedio por tipo de ganado, así como del volumen de producción de leche y carne para el ganado bovino.

Respecto al ganado porcino, se consideraron dos tipos de sistemas de producción: 1) Traspatio o familiar, que se asumió en un 30% de la población conforme a las publicaciones de SAGARPA sobre la situación actual y perspectivas de la producción de carne de porcino en México, y 2) Comercial, que se asumió como el resto de la población que no se encuentra en traspatio, es decir, en un 70%. Para el caso de caballos, mulas y asnos, la información se obtuvo a través de consulta directa al SIAP a través de INIFAP.

La Tabla 32, muestra el número absoluto de la población anual, reportada en el SIAP, por especie y año, así como su evolución en el periodo histórico (2010-2022). Se observa que las poblaciones de todas las especies se reducen y se incrementan los bovinos; mientras que los ovinos y porcinos muestran una tendencia decreciente mucho menor que el resto de las especies.

6.2.3. Factores de emisión (FE)

Los FE para el ganado bajo el nivel metodológico 1, fueron los dictados por defecto en el cuadro 10.10 del Refinamiento 2019. Para el ovino, el caprino y el porcino, el cuadro 10.10 proporciona valores para baja productividad. Para la selección de los FE se consideró el peso promedio de cada especie. En el caso del porcino se tomó el valor de alta productividad para el porcino comercial y de baja para el familiar.

Se estimaron los FE nivel 2 para la categoría de gestión de excretas según la metodología Tier 2 del Refinamiento 2019. La estimación del FE se realizó mediante las ecuaciones del IPCC (IPCC 2006d) con datos nacionales y estatales. Para las categorías de caballos, burros y mulas el nivel de FE fue 1, ya que no se contaron con datos de productividad para estimar el nivel 2.

6.2.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre del DA (número de animales) se tomó de lo referido en las Directrices 2006 (vol. 4, cap. 10) y se cifró en 24.1%. Respecto a los FE, la incertidumbre se tomó conforme a la recomendación de las Directrices 2006 (vol. 4, cap. 10), siendo de 36%. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología.

Tabla 32. Población por especie (Número de cabezas)

Especie	Año												
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bovino carne	1,214.15	1,125.23	947.57	951.50	1,012.68	1,186.98	1,182.85	1,257.71	1,281.05	1,295.25	1,301.57	1,328.36	1,347.74
Bovino leche	244.38	245.82	252.81	250.97	261.99	276.79	282.76	291.87	299.32	303.00	314.72	334.11	332.05
Caprino	316.59	323.30	315.17	311.19	310.85	309.91	311.98	304.20	299.66	283.65	279.36	279.88	278.92
Ovino	83.58	85.33	83.58	72.76	74.99	75.31	75.46	77.68	73.58	61.32	62.55	63.34	61.15
Caballos	37.54	33.67	29.62	46.80	22.94	36.63	35.79	16.64	16.33	16.75	14.76	14.32	31.88
Mulas y asnos	18.07	43.75	40.71	16.52	17.25	27.54	26.81	11.41	11.17	11.42	9.94	9.60	8.84
Porcino (traspatio)	54.00	53.12	48.66	46.09	42.05	41.31	38.98	43.16	41.47	43.97	44.45	42.60	39.12
Porcino (comercial)	125.99	123.96	113.55	107.53	98.12	96.40	90.96	100.70	96.77	102.60	103.71	99.41	91.28
Ave-carne-huevo	34,000.37	34,717.17	35,592.07	35,669.02	36,599.39	36,232.78	30,942.76	29,412.10	29,670.38	30,338.00	29,670.01	30,275.68	28,668.62
Guajolote	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porcino Total	179.98	177.08	162.21	153.62	140.17	137.71	129.95	143.85	138.24	146.56	148.16	142.01	130.39

Fuente: Elaboración propia.

6.2.5. QA/QC de la categoría y verificación

La información del número de efectivos del SIAP está sometida a controles de revisión específicos propios. Los FE de nivel 2 estimados generan resultados cercanos a lo reportado nacionalmente para el Estado, por lo que se consideró que los generados en esta actualización son válidos para su implementación en el cálculo de emisiones de este inventario. El cálculo de emisiones de las especies ganaderas sigue los principios generales de QA/QC.

Las modificaciones observadas en la tendencia de las emisiones y los cálculos efectuados han sido revisados y se consideran justificados.

6.2.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría

No se prevén planes de mejora a corto plazo en esta categoría.

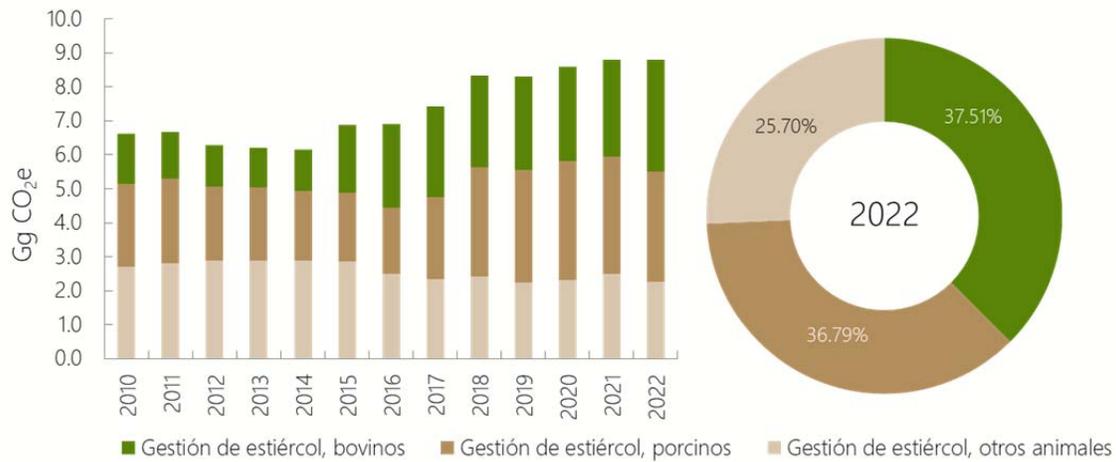
6.3. Gestión de estiércol [3A2]

6.3.1. Descripción de la categoría

El manejo de las excretas (considerando heces y orina) de las diferentes especies ganaderas genera emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O).

En 2022, las emisiones asociadas al manejo de excretas en esta subcategoría [3A2] se estimaron en 559.11 GgCO₂e, 45.52% más que en 2010 y con una TMCA de 3.18%. La Figura 32, se muestra la tendencia de las emisiones a lo largo del periodo inventariado; en ésta se observa un crecimiento constante en las emisiones que, al igual que para la subcategoría [3A1], proviene del incremento del número de efectivos, principalmente de bovinos.

Figura 32. Emisiones de gestión de estiércoles [3A2] (Gg CO₂e)



Nota: Otros animales incluye las categorías de ovino, caprino y aves. Fuente: Elaboración propia.

6.3.2. Metodología

En esta categoría se estiman las emisiones directas de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) debidas al manejo de los estiércoles. Las emisiones indirectas de N₂O se incluyen dentro del apartado "Otras categorías y fuentes de la agricultura".

La metodología aplicada es la recomendada en el Refinamiento 2019, cap. 10, vol. 4, al cual pertenecerán las figuras y ecuaciones a menos que se señale lo contrario. Conforme a estos lineamientos y con base en los árboles de decisiones de las figuras 10.3 y 10.4, se utilizó un enfoque metodológico nivel 1 para las especies analizadas; además, se consideran parámetros nacionales debido a la falta de información local.

6.3.3. Datos de actividad (DA)

El DA es el número medio de efectivos ganaderos de cada especie y subcategoría en cada año que comparte con las estimaciones de fermentación entérica. Una descripción detallada de la fuente de información se incluye en el apartado "Metodología".

Además de los datos de población de las especies ganaderas, se utilizaron datos de las temperaturas promedio estatales publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Los sistemas de manejo del estiércol y su proporción por especie ganadera se muestran en la Tabla 33. La información proviene del Inventario Nacional. Los tipos de sistemas se describen en la tabla 10.18 del Refinamiento 2019.

Tabla 33. Distribución de los sistemas de manejo de estiércol por animal (%)

Especie	Distribución de Sistemas de Manejo de Excretas							TOTAL
	Estabulado/Traspatio/Campo/Potrero	Piso de rejilla	Lagunas aerobias	Biodigestor	Corral	Excretas	Cama profunda sin paja	
Bovino carne	0.68	-	-	0.02	0.30	-	-	100%
Bovino leche	0.68	-	-	-	0.32	-	-	100%
Caprino	0.88	-	-	-	0.12	-	-	100%
Ovino	0.75	-	-	-	0.25	-	-	100%
Caballos	1	-	-	-	-	-	-	100%
Mulas y asnos	1	-	-	-	-	-	-	100%
Porcino (traspatio)	0.30	0.35	0.35	-	-	-	-	100%
Porcino (comercial)	0.30	0.35	0.35	-	-	-	-	100%
Ave	-	-	-	-	-	0.50	0.50	100%
Guajolote	-	-	-	-	-	0.5	0.5	100%
Porcino	0.3	0.35	0.35	-	-	-	-	100%

Fuente: Elaboración propia.

6.3.4. Factores de emisión (FE)

Para las especies ganaderas estimadas, se estimaron los FE nivel del con base en los procedimientos establecidos en el Refinamiento 2019. Para ello, se estimaron datos específicos del Estado para la producción de sólidos volátiles (VS), la tasa de excreción de nitrógeno (NEXT) y la fracción de excreción anual por sistema de manejo (MST,S), los cuales se obtuvieron mediante la información de la revisión bibliográfica mencionada en el apartado metodológico de la subcategoría [3A1] Fermentación entérica (ver sección Metodología).

6.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre del DA (número de animales) se tomó de lo referido en las Directrices 2006 (vol. 4, cap. 10) y se cifró en 24.1%. Respecto a los FE, la incertidumbre se tomó conforme a la recomendación de las Directrices 2006 (vol. 4, capítulos 10 y 11), siendo de 36% para CH₄.

La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica.

6.3.6. QA/QC de la categoría y verificación

La información del número de efectivos de las distintas especies ganaderas de SIAP está sometida a controles de revisión específicos propios.

Los parámetros (VS, NEXT, MST, S) usados en las estimaciones de nivel 2 fueron contrastados con los parámetros publicados en el inventario nacional, obteniendo resultados similares y en proporción tanto al Estado.

El cálculo de emisiones de esta subcategoría sigue los principios generales de QA/QC.

6.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

- Implementación del enfoque de nivel 2 para la estimación general del ganado porcino y bovino dada su relevancia.

6.4. Emisiones de GEI por quema de biomasa [3C1]

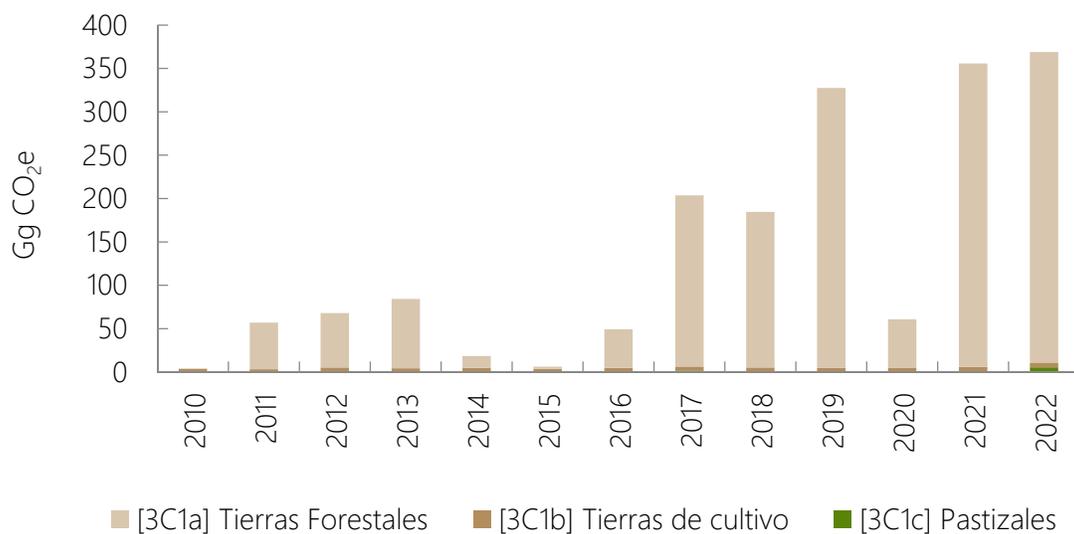
6.4.1. Descripción de la categoría

Quema de biomasa [3C1], es una actividad generadora de gases y compuestos contaminantes como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), carbono negro, compuestos orgánicos volátiles (VOC por sus siglas en inglés) y GEI como CO₂, CH₄ y N₂O. En esta subcategoría del inventario se calculan las emisiones de CH₄ y N₂O producidos por: [3C1a] Quema de biomasa en tierras forestales; [3C1b] Quema de residuos agrícolas en campos de cultivo, y [3C1c] Quema de praderas (no se han identificado quemaduras de biomasa en otros usos del suelo). Las pérdidas de carbono en [3C1a] y [3C1c] ya están consideradas dentro de los cambios del stock de carbono de [3B] Tierra. Las quemaduras en la categoría [3C1b] se asume que se producen en cultivos anuales y que la biomasa se recupera ese mismo año. Por tanto, las emisiones de CO₂ se reportan como IE ("included elsewhere") y NA ("not applicable").

En 2022, las emisiones de quema de biomasa se estimaron en 370.25 GgCO₂e con una TMCA de 49.01%. Esto responde a la composición de usos de suelo estatales, así como a la distribución de las masas forestales y zonas agrícolas. Se presenta en la Figura 33, la distribución de las quemaduras registradas, donde predominan las referentes a quema de tierras forestales.

Es importante mencionar que la incidencia de quema de biomasa en tierras forestales y praderas, no siguen un patrón establecido; es decir, la quema por incendios forestales está condicionado a factores de disponibilidad de combustibles y factores de origen de ignición, por lo que el registro anual puede variar dependiendo de las condiciones. Los datos publicados por CONAFOR indican que los incendios registrados entre el año 2021 y 2022 se incrementaron significativamente, a pesar de que en años previos no existieran registros de quema.

Figura 33. Emisiones de quema de biomasa [3C1] (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

6.4.2. Metodología

La metodología utilizada para las subcategorías [3C1a] Emisiones por quema de biomasa en tierras forestales y [3C1c] Praderas se alinea con lo descrito en el cap. 2, vol. 4 de las Directrices 2006. Conforme al árbol de decisiones de este capítulo (Figura 2.6) se utilizó la metodología nivel 1 y se aplicó la ecuación 2.27.

6.4.3. Datos de actividad (DA)

Para el cálculo de emisiones de esta subcategoría se emplearon datos sobre incendios forestales provenientes de los reportes mensuales de CONAFOR, los cuales registran las áreas afectadas por incendios que fueron combatidos por año y por estrato siniestrado de vegetación. Esta información se homologó a las coberturas vegetales declaradas por INEGI en sus series de uso de suelo y vegetación VII.

Para caracterizar y cuantificar la biomasa y materia orgánica muerta de estos estratos por tipo de vegetación, se usaron principalmente los métodos propuestos en el "Sistema de clasificación y caracterización de combustibles forestales" (FCCS, por sus siglas en inglés) (Ottmar et al. 2007, Riccardi et al. 2007) y de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por United States Environmental Protection Agency). Se establecieron cuatro categorías de combustible: horizonte de fermentación; hojas —MLC fino y pequeño (<7.62 cm) y MLC grueso (>7.62 cm)—; hierbas, y arbustos; de tal manera que, dependiendo del estrato afectado, se asignó la masa disponible para realizar el proceso de combustión.

6.4.4. Factores de emisión (FE)

Los FE utilizados para este informe provienen de los valores por defecto provistos por el Cuadro 2.5 de las Directrices 2006 para bosques extra tropicales, tropicales, sabanas y pastizales.

6.5. Emisiones por quema de biomasa en tierras de cultivo [3C1b]

Estas emisiones incluyen las emisiones de GEI procedentes de las quemaduras de los residuos agrícolas de las cosechas. La metodología más adecuada para implementar fue la de nivel 1 de las Directrices 2006 (ecuación 2.27), conforme al árbol de decisiones del cap. 2, vol. 4 de las Directrices 2006 (Figura 2.6).

6.5.1. Datos de actividad (DA)

Para el cálculo de emisiones de esta subcategoría de emisión se utilizó como fuente de información la estadística de superficies sembradas, cosechadas y rendimientos de cultivos reportados en el SIAP.

Se determinó que los residuos agrícolas que se queman representan 10%, con base en las recomendaciones del IPCC (2000) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés; 2017). La biomasa quemada se determinó mediante el producto de la superficie quemada (ha), el rendimiento (ton/ha) y el índice cultivo/residuo (ICR) desarrollado para diversos cultivos en México por Valdez- Vázquez et al. (2010).

Como factor de combustión (CF) se aplicó la fracción de oxidación por defecto (90%) establecida en las Directrices 2006. En la Tabla 34, se muestran las superficies incendiadas por cultivo, con datos provenientes del SIAP, se presentan los 10 más representativos

Tabla 34. Superficies incendiadas por tipo de cultivo (Ha)

Cultivo	2022
Frijol	19,168.98
Avena forrajera en verde	12,310.79
Maíz grano	9,472.83
Maíz forrajero en verde	6,702.4
Alfalfa verde	3,228.895
Sorgo forrajero en verde	2,886.7
Cebada grano	1,111.35
Pastos y praderas	972.629
Trigo grano	255.125
Chile seco	246.02

Fuente: Elaboración propia.

6.5.2. Factores de emisión (FE)

Los FE de metano (CH_4) para la quema de residuos agrícolas provienen del estudio (Múgica-Álvarez, 2016) para el maíz (factor de g/kg MS quemada de 2.29 para CH_4 y 0.07 para N_2O). Para el resto de los cultivos y las emisiones de N_2O se usa el FE por defecto de las Directrices 2006 (Cuadro 2.5, vol. 4, cap. 2).

6.5.3. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre del DA (superficie quemada) se calculó en 86.19% y 8.77% para la superficie cultivada incendiada.

La incertidumbre de los FE utilizados para estimar las categorías [3C1a] y [3C1c] se tomó de los provistos por el Cuadro 2.5 del IPCC (IPCC 2006d), por tipo de gas y categoría, estando en un rango de 0.9% a 2.0% para las emisiones de CH_4 y de 0.07% y 0.10% para las de N_2O . Para la categoría [3C1b] la incertidumbre proviene de lo reportado por Múgica-Álvarez (2016) por tipo de cultivo de maíz 0.20%.

La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica.

6.5.4. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

6.5.5. Mejoras previstas específicas de cada categoría

No se prevén planes de mejora a corto plazo en esta categoría.

6.6. Suelos gestionados [3C4 y 3C5]

6.6.1. Descripción de la categoría

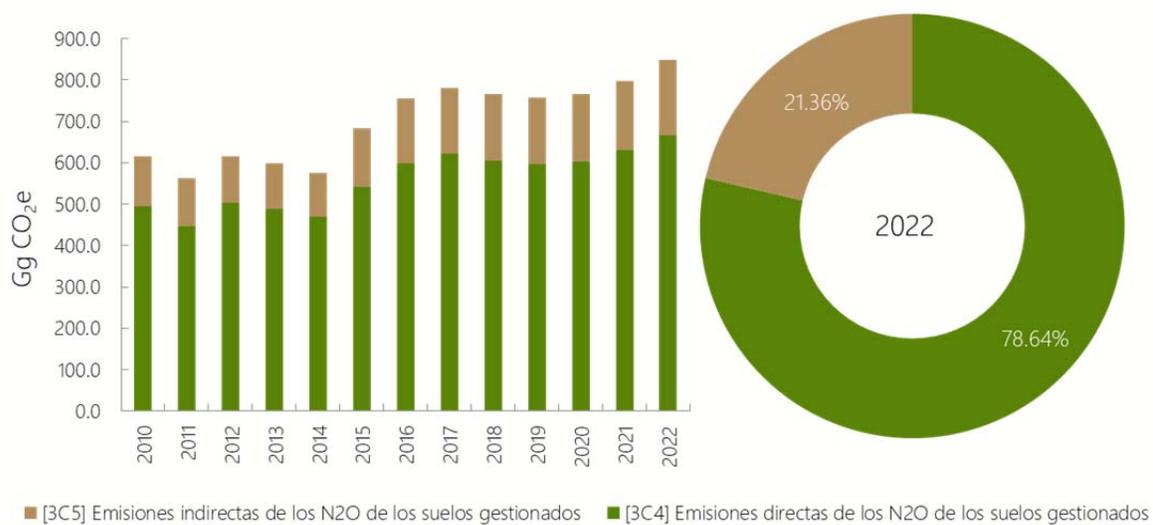
Estas categorías integran las emisiones directas e indirectas de N_2O debidas a las aportaciones de nitrógeno en los suelos gestionados derivadas de las actividades agrícolas. De forma natural, el óxido nitroso (N_2O) es generado mediante procesos de nitrificación y desnitrificación, por lo que, al aumentar la disponibilidad del nitrógeno en el suelo, la producción de N_2O que es emitido a la atmósfera se ve incrementada. Las emisiones indirectas de N_2O se originan a partir de la pérdida del nitrógeno aplicado en los suelos por dos vías principales: 1) volatilización y posterior deposición de compuestos nitrogenados como amoníaco (NH_3) y óxidos de nitrógeno (NO_x); y 2) lixiviación y escurrimiento.

En 2022, las emisiones directas e indirectas de suelos gestionados (categorías [3C4] y [3C5]) contabilizaron 809.34 Gg CO_2e (633.41 y 175.93 Gg CO_2e , respectivamente), lo que supone un

incremento de 42.7% (39.7% y 54.4%) respecto al año 2010. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 34.

Asimismo, es importante destacar el incremento de todas las variables analizadas, es decir los datos asociados al uso de fertilizantes nitrogenados. La Tabla 35, muestra las superficies sembradas, cosechadas y producción de los cultivos, así como la superficie fertilizada estimada.

Figura 34. Emisiones directas e indirectas de N₂O en los suelos gestionados, [3C4] y [3C5] (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 35. Estadísticas de producción agrícola y superficie fertilizada calculada

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Superficie sembrada (miles de hectáreas)	732.29	695.28	745.84	701.60	745.30	731.75	707.33	707.15	670.64	576.41	702.27	646.74	599.59
Superficie cosechada (miles de hectáreas)	658.99	481.76	714.42	690.01	734.91	708.82	695.44	697.94	630.66	565.36	689.80	640.13	589.89
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Producción (millones de toneladas)	6.78	5.12	8.56	7.89	8.26	7.02	8.36	8.50	8.59	7.67	7.49	9.12	9.66
Superficie fertilizada estimada (miles de hectáreas)	417.35	360.97	424.64	415.66	340.87	389.54	423.06	465.41	382.21	400.24	400.24	368.59	341.71

Fuente: Elaboración propia.

6.6.2. Metodología

Las emisiones directas e indirectas de N_2O en los suelos gestionados se estiman con la metodología de nivel 1 del Refinamiento 2019 (cap. 11, vol. 4), conforme a los árboles de decisión (Figuras 11.2 y 11.3), lo que resulta en la aplicación de las ecuaciones 11.1, 11.9 y 11.10.

En la presente actualización del inventario se consideraron las siguientes fuentes de incorporación de nitrógeno: fertilizantes sintéticos nitrogenados (FSN); estiércol depositado en pasturas y praderas por animales en pastoreo (FPRP), y residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) de cultivos (FCR).

En general en el país, los estiércoles tratados en granja no tienen como destino su aplicación a los cultivos. Los estiércoles sólidos se acumulan en la granja, mientras que los líquidos son vertidos a las aguas. No se han estimado las emisiones de mineralización. Los histosoles no ocurren (NO) en México.

6.6.3. Datos de actividad (DA)

A continuación, se describen los DA por fuentes de incorporación de nitrógeno.

6.7. Fertilizantes sintéticos nitrogenados (FSN)

El DA es la cantidad de nitrógeno aplicado a los suelos proveniente de fertilizantes sintéticos. Este dato se calculó a partir de la superficie fertilizada estatal y las dosis de fertilizante por Estado recomendadas en las agendas técnicas agrícolas estatales por cultivo publicadas por el INIFAP (2021). Se asume que del total de superficie fertilizada con urea el 46% de los kilogramos de fertilizante estimados corresponde al componente de nitrógeno (Morales, et al, 2021).

6.7.1. Estiércol depositado en pasturas y praderas por animales en pastoreo (FPRP)

El estiércol depositado por animales en pastoreo se estima según la metodología de la subcategoría [3A2] Gestión de estiércol.

6.7.2. Residuos agrícolas (aéreos y subterráneos) reincorporados al suelo en tierras de cultivo (FCR)

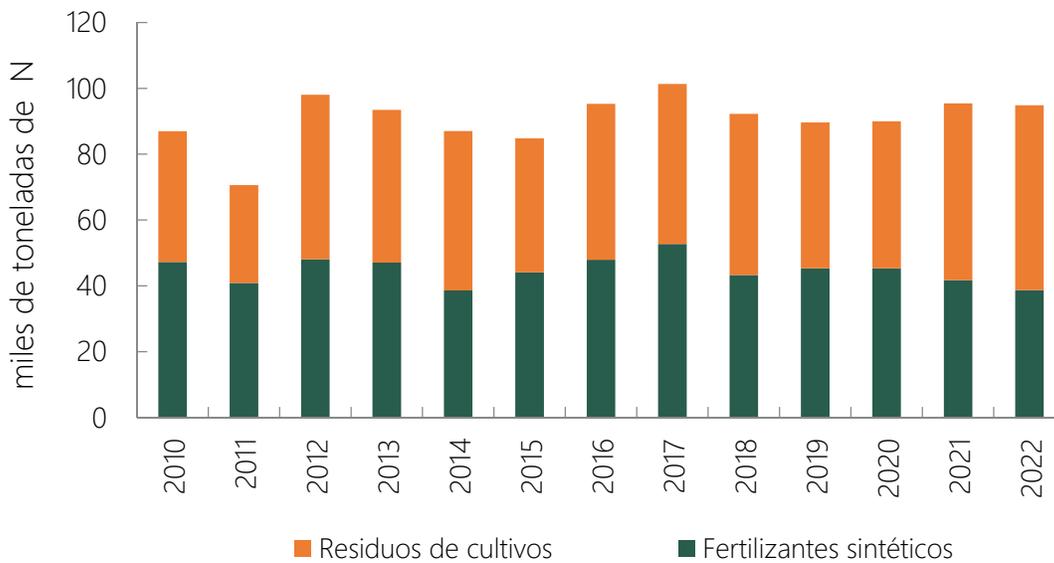
Para esta fuente de nitrógeno se definieron 23 cultivos, se incluyen los cinco grupos de cultivos que recomiendan las Directrices 2006 en el apartado 11.2.1.3.

Los insumos utilizados para el cálculo del nitrógeno contenido en los residuos de los cultivos de acuerdo con las ecuaciones 11.6 y 11.7 del Refinamiento 2019 fueron: a) estadísticas de

superficies cosechadas y producción en verde de cultivos reportados en el SIAP, b) valores por defecto del Cuadro 11.1A del refinamiento a las Directrices del IPCC (IPCC 2019), con excepción de los índices cultivo: residuo disponibles para algunos cultivos del país (Valdez-Vázquez et al., 2010); c) fracción de residuos predeterminado; d) cantidad total anual de residuo de cultivo, determinada en el inventario nacional; e) fracción de biomasa quemada, la cual se asumió en 10% de acuerdo con el manual de buenas prácticas del IPCC (2000), y f) factores de combustión conforme al Cuadro 2.6 del vol. 4, cap. 2 de las Directrices 2006.

En la Figura 35, se muestra la evolución de los insumos de nitrógeno a los suelos gestionados

Figura 35. Insumos de nitrógeno a los suelos gestionados (miles t N)



Fuente: Elaboración propia.

6.7.3. Factores de emisión (FE)

Respecto a las emisiones directas, para las fuentes de nitrógeno FSN, FPRP y FCR, se utilizaron los FE desagregados que se muestran en los Cuadros 11.1 y 11.1A del Refinamiento 2019. Para definir las condiciones de humedad para la selección de los factores, se obtuvieron los datos de precipitación media anual estatal reportados por el Sistema Meteorológico Nacional (SMN, 2021). Para el cálculo de las emisiones indirectas se debe calcular la deposición atmosférica y la estimación de la volatilización de NH₃ y NO_x.

Para ello se utilizaron los FE desagregados por tipo de fertilizante que se señalan en el cuadro 11.3 (vol. 4, cap. 11) del Refinamiento 2019.

6.7.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre de los DA se tomó conforme a la recomendación de las Directrices 2006, siendo de 30%. La incertidumbre de los FE se tomó de los datos provistos en los cuadros 11.1 y 11.3 del Refinamiento 2019. Las incertidumbres estuvieron en un rango entre 0.013% y 0.019% para las emisiones de nitrógeno por fertilizantes en clima húmedo, de 0.0% a 0.026% para las emisiones de nitrógeno por FPRP en climas húmedos. Para la volatilización, la incertidumbre del FE estuvo en un rango de entre 0.011% y 0.017% para clima húmedo. Asimismo, se consideró la incertidumbre de las fracciones de volatilización y lixiviación (FRACGASF por tipo de fertilizante, FRACGASM y FRACLEACH) que se señalan en la tabla 11.3. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica.

6.7.5. QA/QC de la categoría y verificación

Se realizó una comparación entre las cantidades estimadas y su proporción entre las cantidades reportadas a nivel estatal y nacional, se considera que son acordes.

Los DA y FE de esta subcategoría siguen los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción (pág. 21).

6.7.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

- Refinamiento de las estimaciones de lixiviación y escorrentía teniendo en cuenta la diferenciación del clima húmedo para el valor de FRACLEACH.
- Revisión detallada de los supuestos de uso de los estiércoles en granja en relación con su aplicación al campo y estimación de sus emisiones dentro de estas categorías, si fuera necesario.
- Actualización de los cálculos para incluir las emisiones por mineralización.

6.8. Otras fuentes de emisión [3C2, 3C3, 3C6, 3C7]

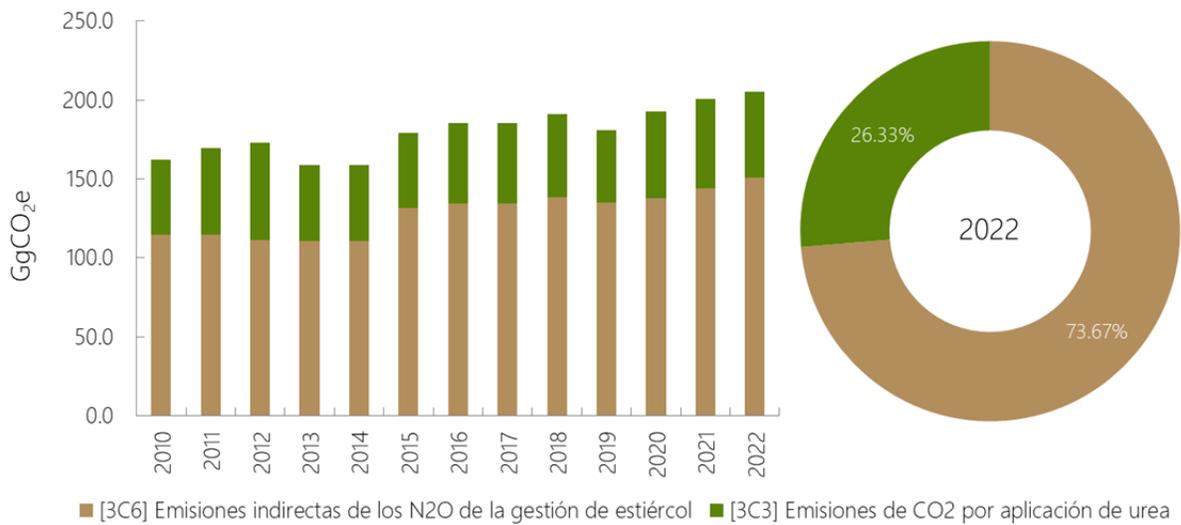
6.8.1. Descripción de la categoría

En este apartado se incluye la información sobre las subcategorías: [3C2] Emisiones de CO₂ por encalado, [3C3] Emisiones de CO₂ por aplicación de urea, [3C6] Emisiones indirectas de los N₂O de la gestión del estiércol y [3C7] Emisiones de CH₄ por cultivo del arroz. Las dos primeras reflejan las emisiones derivadas de agregaciones directas a los suelos gestionados como es el caso de carbonatos en forma de cal (p. ej., piedra caliza cálcica (CaCO₃) o dolomita (CaMg(CO₃)₂) y la incorporación de urea a los suelos durante la fertilización. La tercera, [3C6], se relaciona con la volatilización, escurrimiento y lixiviación del nitrógeno contenido en el estiércol mientras es almacenado y tratado antes de su aplicación al suelo. Y la última, [3C7], considera las emisiones de metano (CH₄) debidas a la descomposición anaeróbica de la materia

orgánica en los arrozales producida en los suelos por bacterias metanógenas y su transporte del suelo hacia la atmósfera

Según la disponibilidad de información, únicamente se estimaron las categorías [3C3] y [3C6], ya que el SIAP no reporta cultivo de arroz. En 2022, la suma de emisiones de estas dos subcategorías alcanzó un total de 204.99 Gg CO₂e (151.01 y 53.98 Gg CO₂e respectivamente), lo que representa un incremento del 26.5% respecto al año 2010. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 36. En ambos casos ([3C3] y [3C6]), las emisiones presentan un incremento durante el periodo de 2010 a 2022 con una TMCA de 1.06% y 2.33% respectivamente.

Figura 36. Emisiones de otras fuentes del sector agrícola (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

6.8.2. Metodología

En esta actualización, las emisiones por uso de urea [3C3] se estiman bajo los lineamientos de las Directrices 2006 (cap. 11, vol. 4); mientras que para las emisiones indirectas de N₂O de la gestión del estiércol [3C6] se aplicaron las metodologías recogidas en el Refinamiento 2019 (vol. 4, capítulos 10 y 5 respectivamente). Conforme a los árboles de decisiones correspondientes a cada una de estas subcategorías (Figuras 11.4, 11.5, 10.4 y 5.2, respectivamente) se eligió la metodología nivel 1 como la más adecuada; sin embargo, debido a la disponibilidad de la información.

Para estimar la subcategoría [3C3], se asume que la superficie fertilizada emplea urea; esta superficie es retomada del SIAP, así como con las dosis de fertilizantes indicadas en las Agendas Técnicas del INIFAP por cultivo para el Estado y reportes del FIRA.

6.8.3. Datos de actividad (DA)

Para las emisiones indirectas de N₂O de la gestión del estiércol [3C6], el DA es la cantidad de nitrógeno excretado en cada tipo de manejo, el cual se obtuvo conforme a los insumos descritos en el apartado [3A2] Gestión de estiércol. Se consideraron los mismos tipos de manejo y de especies que para la subcategoría [3A2].

Particularmente, para la categoría [3C2] la fuente de información (Servicio Geológico Mexicano) no presenta información que indique las causales de los patrones de producción de calcita y dolomita, por lo que la serie histórica se ve mermada en su consistencia; se presentan datos únicamente de 2012 a 2020 con años reportados en cero. Específicamente, para el año base (2022) no se reporta producción de calcita y dolomita.

Para la categoría [3C7], el SIAP no reporta el cultivo.

6.8.4. Factores de emisión (FE)

Para la aplicación de urea, se usó el FE por defecto de CO₂ de las Directrices 2006 (0.20 t C/t urea).

Para las emisiones indirectas de N₂O de la gestión del estiércol, para el nitrógeno de los animales con metodología de nivel 1, se utilizaron los valores por defecto de parámetros y FE señalados en los Cuadros 10.19, 10.22, 10.23 y 11.3 del Refinamiento 2019. Para los animales con metodología nivel 2 (bovino), los FE han sido estimados conforme a lo dictado en el Refinamiento 2019, utilizando datos específicos del país para la tasa de excreción de nitrógeno y la fracción de la excreción anual, obtenidos mediante la información de la revisión bibliográfica mencionada en el apartado metodológico de la subcategoría [3A1] Fermentación entérica (véase sección Metodología).

6.8.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Las incertidumbres de los DA fueron los previstos por defecto por el IPCC en las Directrices 2006 (IPCC 2006a) para todas las subcategorías, para [3C3] fue de 0.5% y [3C6] de 1.57%.

Se utilizaron los valores señalados en los cuadros 10.19, 10.22, 10.23 y 11.3 para las emisiones de la subcategoría [3C6] y de los cuadros 5.11, 5.11A, 5.12 y 5.12 para [3C7] del Refinamiento 2019 (IPCC 2019) y de las Directrices 2006 (IPCC 2006d).

La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica.

6.8.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC.

6.8.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

No se prevén planes de mejora a corto plazo para el resto de las categorías.

6.9. UTCUTS

6.9.1. Descripción de la categoría Tierra [3B]

En este informe, las estimaciones del subsector UTCUTS consideran las emisiones y sumideros de las categorías de las Directrices 2006 y su Refinamiento 2019 de [3B] Tierra y [3D] Otros.

Las estimaciones de [3B] Tierra se realizaron utilizando las Directrices del IPCC 2006 (IPCC 2006d) y comprenden el periodo de 1993 al 2022. Se reportan los flujos de CO₂ relacionados con las tierras y el cambio de uso del suelo, particularmente:

- Tierras forestales y praderas que permanecen
- Tierras forestales convertidas a otros usos del suelo (deforestación)
- Otros usos del suelo convertidos en tierras forestales y praderas
- Pérdida de praderas
- Otros usos de suelo convertidos en otras tierras (humedales, asentamientos, cultivos y otras tierras).

Las emisiones netas del sector [3B] Tierra en 2022 fueron de -8,844.73 Gg de CO₂e y en la Tabla 36, se presentan las emisiones/absorciones de GEI desglosadas por subcategoría y tipo de transición. Se observa que la mayor emisión de GEI en 2022 se originó por la conversión de Tierras forestales que pasan a Praderas y Tierras de cultivo, y ocasionan la liberación de 1,264.19 Gg CO₂e, por el contrario, la permanencia de tierras forestales permitió la absorción de -8,898.54 Gg CO₂e (Tabla 21). Los valores negativos corresponden a absorciones y los positivos a emisiones.

Tabla 36. Emisiones de GEI por subcategoría de [3B] Tierra y por tipo de transición (GgCO₂e), 2022

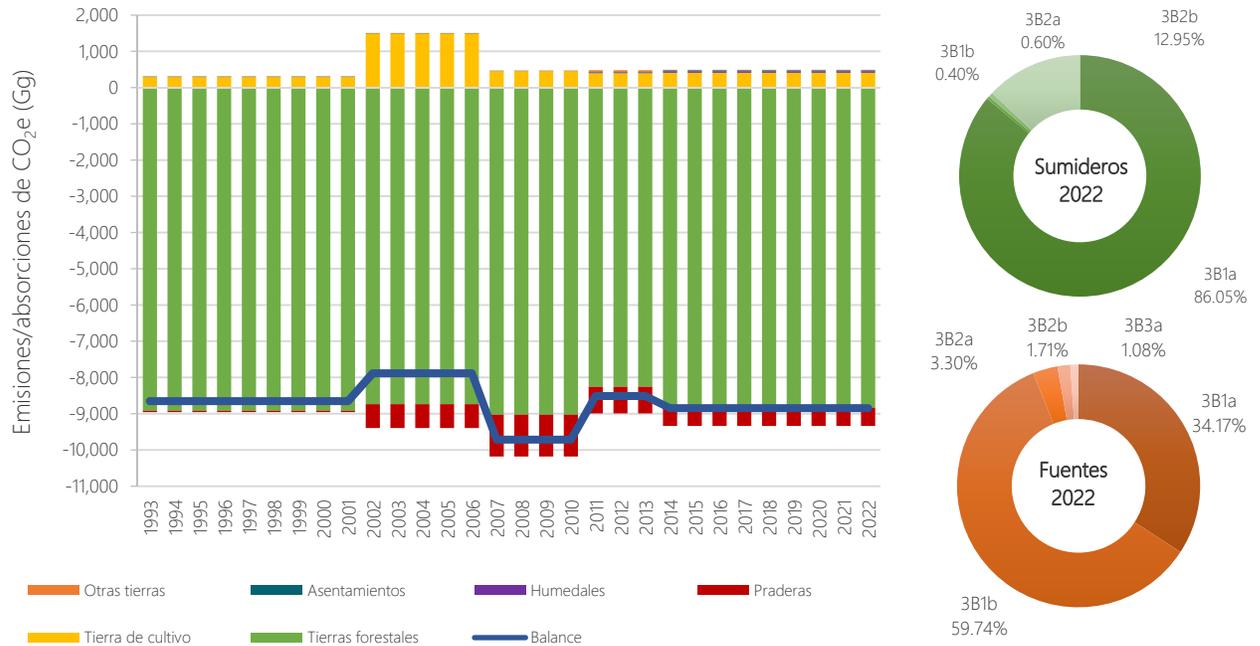
Código del IPCC	Subcategoría/transición	Emisiones netas (Gg de CO ₂ e)
3B1	Tierras forestales	-8,834.36
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal	-8,793.13
	FL-FL Tierras forestales que permanecen como tierras forestales	-8,898.54
	FLd-FL Tierras forestales que se recuperan	-174.16
	FL-FLd Tierras forestales degradadas	279.57
3B1b	Tierras convertidas a tierras forestales	-41.23

Código del IPCC	Subcategoría/transición		Emisiones netas (Gg de CO ₂ e)
	CL-FL	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	-19.34
	GL-FL	Praderas convertidas en tierras forestales	-21.89
3B2	Tierra de cultivo		408.14
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tal		-61.36
	RCL-RCL	Tierras de cultivo que permanecen, agricultura perenne	-61.36
3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo		469.50
	FL-CL	Tierras forestales que pasan a Tierras de cultivo	402.60
	GL-CL	Praderas que pasan a Tierras de cultivo	66.90
3B3	Praderas		-502.19
3B3a	Praderas que permanecen como tal		-1323.02
	GL-GL	Praderas que permanecen como tal	-1323.02
3B3b	Tierras convertidas en praderas		820.83
	FL-GL	Tierras forestales que pasan a Praderas	861.59
	RCL-GL	Tierras de cultivo que pasan a Praderas	-40.77
3B4	Humedales		45.28
3B4b	Tierras convertidas en humedales		45.28
	FL-WL	Tierras forestales que pasan a Humedales	0.72
	GL-WL	Praderas que pasan a Humedales	44.56
3B5	Asentamientos		23.54
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos		23.54
	FL-SL	Tierras forestales que pasan a Asentamientos	4.28
	GL-SL	Praderas que pasan a Asentamientos	19.27
3B6	Otras tierras		14.86
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras		14.86
	FL-OL	Tierras forestales que pasan a Otras tierras	7.54
	GL-OL	Praderas que pasan a Otras Tierras	7.32
Total [3B] Tierra			-8,844.73

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 37, se presentan las emisiones y sumideros en CO₂e de [3B] Tierra con desglose por uso del suelo. Las absorciones de CO₂ estimadas proceden principalmente de la permanencia de las tierras forestales. Las absorciones totales en 2022 disminuyeron 1.9% respecto a 2010, alcanzando -10,218.74 Gg CO₂e.

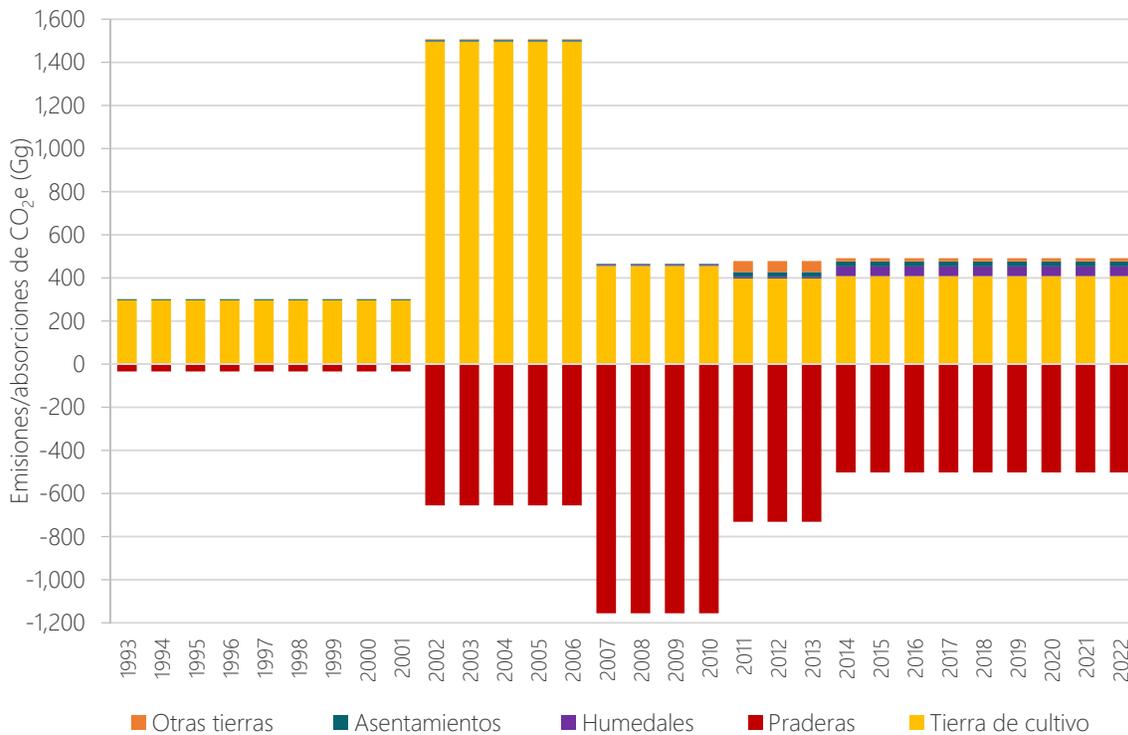
Figura 37. Evolución de las emisiones de CO₂e del subsector [3B] Tierra



Fuente: Elaboración propia.

La Figura 38, es la misma información sin [3B1] Tierras forestales (dominante en los sumideros) para poder apreciar el comportamiento del resto de usos del suelo. Se observa que la mayor parte de las emisiones provienen de la pérdida de la biomasa de las Tierras forestales principalmente hacia Praderas (59.7%). La segunda fuente de emisiones deriva de la deforestación de Tierras forestales hacia Tierras de cultivo (34.2%).

Figura 38. Evolución de las emisiones de CO₂e del subsector [3B] Tierra sin [3B1] Tierras forestales



Fuente: Elaboración propia.

6.9.2. Definición de Tierra [3B]

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, hay seis categorías generales, consideradas como la base para la estimación y declaración de emisiones y absorciones de GEI derivadas del uso de suelo y de los cambios de uso de suelo. Los usos del suelo pueden considerarse como categorías de primer nivel que representan generalidades y cubren la totalidad de la superficie, con subcategorías que describen circunstancias especiales significativas para la estimación de las emisiones y de las que se dispone de datos (INECC-SEMARNAT, 2018).

Las seis categorías generales definidas por el IPCC, con las que se puede reportar y estimar el carbono almacenado y las emisiones y absorciones de GEI asociadas con las actividades del sector [3B] Tierra se muestran en la Tabla 37.

Tabla 37. Definiciones de las categorías de [3B] Tierra de acuerdo con el IPCC, 2006

Categoría IPCC ³	Definición
Tierras forestales (FL)	Esta categoría incluye toda la tierra con vegetación boscosa coherente con los umbrales utilizados para definir las tierras forestales en el inventario de gases de efecto invernadero, es decir, con una cobertura del dosel superior al 10%, con especies leñosas de más de 4 metros de altura o que potencialmente podrían alcanzar in situ, y con una extensión mínima de 1 hectárea.
Tierras de cultivo (CL)	Esta categoría incluye la tierra cultivada, incluidos los arrozales y los sistemas de agrosilvicultura donde la estructura de la vegetación se encuentra por debajo de los umbrales utilizados para la categoría de tierras forestales. Son los terrenos o tierras destinadas a la agricultura perenne o anual.
Praderas (GL)	Esta categoría incluye las tierras de pastoreo y los pastizales que no se consideran tierras de cultivo. Incluye también los sistemas con vegetación boscosa y otra vegetación no arbórea, como las hierbas y la maleza que están por debajo de los valores (cobertura del dosel menor al 10%). La categoría también incluye todos los pastizales, desde las tierras sin cultivar hasta las zonas de recreo, así como los sistemas silvo-pastoriles, coherentes con las definiciones nacionales.
Humedales (WL)	Incluye las tierras cubiertas de agua durante todo el año como las presas, terrenos destinados a la piscicultura, acuicultura y cuerpos de agua.
Asentamientos (SL)	Esta categoría incluye toda la tierra desarrollada, incluidas las infraestructuras de transporte (caminos y carreteras) y los asentamientos humanos de cualquier tamaño.
Otras tierras (OL)	Esta categoría incluye el suelo desnudo, roca y todos los terrenos descubiertos de vegetación y que no son asentamientos.

Fuente: Elaboración propia.

6.9.3. Enfoque para representar superficies, y bases de datos de Tierra [3B]

Las emisiones se calcularon por el método de diferencias de existencias de carbono de las tierras forestales de México por cada año durante el periodo de análisis, mediante las ecuaciones propuestas en las Directrices 2006. El área de contabilidad (escala estatal) fue definida en función de la superficie cubierta por las cinco principales fuentes de insumos utilizados para estimar las emisiones: las series de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación (Series II, III, IV, V, VI y VII), escala 1: 250,000, elaboradas por INEGI.

³ Las abreviaturas provienen de los nombres en inglés, que son de uso internacional para efectos de los inventarios hechos con la metodología del IPCC: Tierras forestales: Forest lands (FL); Praderas: Grass lands (GL); Tierras agrícolas o de cultivo: Crop lands (CL); Humedales: Wetlands (WL); Tierras con asentamientos humanos: Settlements (S), y Otras tierras: Other lands (OL).

En México, la cartografía oficial de las series del INEGI se basa sobre un sistema de clasificación particular para las condiciones del territorio mexicano que agrupa los diferentes tipos de uso de suelo y vegetación. Por ello, es necesario homologar las claves de INEGI con la clasificación recomendada por IPCC. Para la homologación de las claves de tipos de vegetación, se usó la estructura jerárquica de INEGI, ya que tiene la ventaja de estar desagregada y puede agruparse con base en criterios biológicos y cumplir con los requerimientos de IPCC.

De acuerdo con lo anterior, se definieron 25 clases de uso de suelo y vegetación para el Estado de Durango, y se agrupan como: Tierras forestales (16); Praderas (4); Tierras agrícolas (2); Humedales (1); Asentamientos humanos (1), y Otras tierras (1) (Tabla 38).

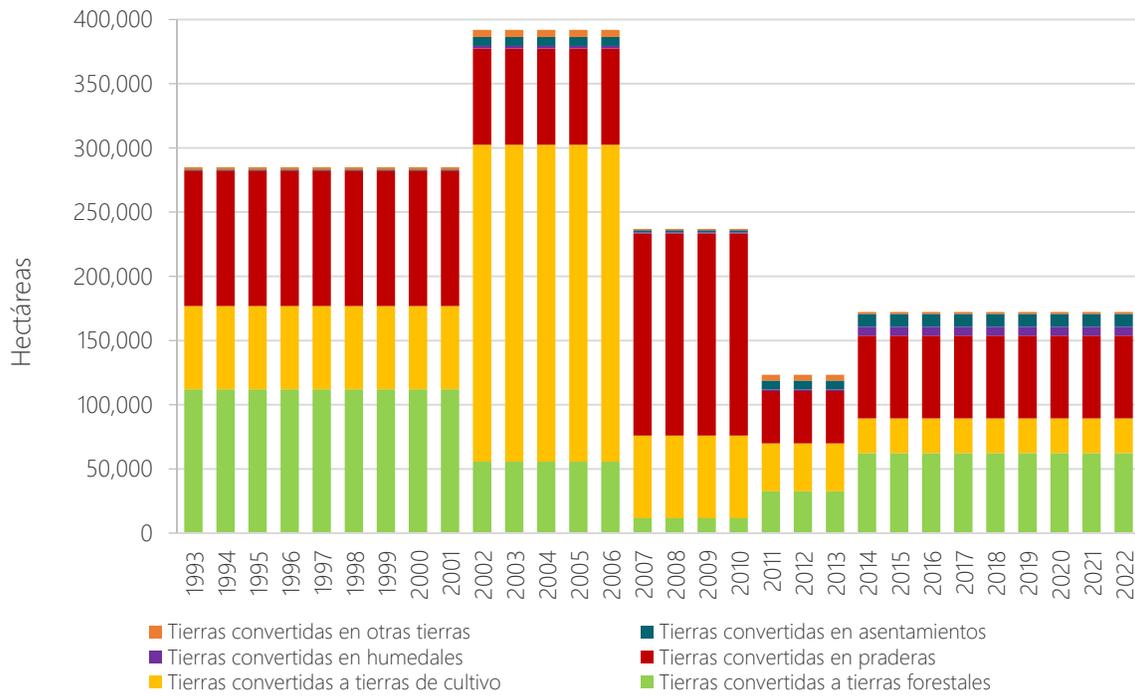
Tabla 38. Correspondencia entre las clases de las series del INEGI y las categorías del IPCC

Categoría IPCC	Clave agrupación	Agrupación INECC-CONAFOR	Superficie (ha)
Tierras Forestales (FL)	BC	Bosque cultivado	312.36
	BCO/P	Bosque de coníferas primario	2,869,710.14
	BCO/S	Bosque de coníferas secundario	818,163.24
	BE/P	Bosque de encino primario	1,028,868.72
	BE/S	Bosque de encino secundario	428,067.01
	BM/P	Bosque mesófilo primario	595.64
	EOTL/P	Especial otros tipos leñosos primario	19,016.29
	EOTL/S	Especial otros tipos leñosos secundario	15,199.51
	MXL/P	Matorral xerófilo leñoso primario	313,855.11
	MXL/S	Matorral xerófilo leñoso secundario	30,061.53
	SC/P	Selva caducifolia primario	455,619.70
	SC/S	Selva caducifolia secundario	98,185.68
	SSC/P	Selva subcaducifolia primario	24,335.01
	SSC/S	Selva subcaducifolia secundario	917.95
	VHL/P	Vegetación hidrófila leñosa primario	2,033.51
	VHL/S	Vegetación hidrófila leñosa secundario	639.45
Praderas (GL)	MXnL/P	Matorral xerófilo no leñoso primario	2,022,936.37
	MXnL/S	Matorral xerófilo no leñoso secundario	376,657.34
	P	Pastizales	2,329,728.50
	VHnL/P	Vegetación hidrófila no leñosa primario	823.04
Tierras de cultivo (CL)	CL	Agricultura anual	1,231,700.91
	RCL	Agricultura perenne	39,891.43
Humedales (WL)	H2O	Cuerpo de agua	45,645.74
Asentamientos (SL)	S	Asentamientos	49,460.16
Otras tierras (OL)	OL	Otras tierras	10,696.14

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 39, se muestran las superficies por uso diferenciado de las áreas que se encuentran en transición. Las superficies en transición son el valor acumulado de los cambios anuales entre dos usos de los 20 últimos años en línea con los requisitos de estimación de las Directrices 2006.

Figura 39. Evolución de las superficies en cambio de uso



Fuente: Elaboración propia.

6.9.4. Descripción de la categoría [3B1]

Las emisiones en Tierras forestales (FL), incluidos tres de los cinco reservorios de carbono⁴, se calcularon mediante diferencias de carbono y comparando años consecutivos durante los cinco periodos (1993-2001, 2002-2006, 2007-2010, 2011-2013 y 2014-2017). [3B1] Tierras forestales, es un sumidero que en 2022 alcanzó -8,834.36 Gg de CO₂e, y en los últimos 20 años, se observa una pérdida del 1% de las absorciones, particularmente por la disminución de la cobertura vegetal hacia praderas (GL) y tierras de tierras de cultivo (CL). [3B1a] Tierras forestales que permanecen, es el principal sumidero con el 96% de las absorciones para la categoría Tierras forestales (Figura 40).

⁴ Biomasa aérea, biomasa subterránea y hojarasca (mantillo).

Figura 40. Emisiones y absorciones de [3B1] Tierras forestales (Gg de CO₂e), 1993-2022



Fuente: Elaboración propia.

6.9.5. Metodología

Las Tierras forestales [3B1] se clasifican en dos secciones y las emisiones/absorciones se calculan por separado:

- [3B1a] Tierras forestales que permanecen como Tierras forestales (FF);
- [3B1b] Tierras convertidas en tierras forestales (CONVL-FL).

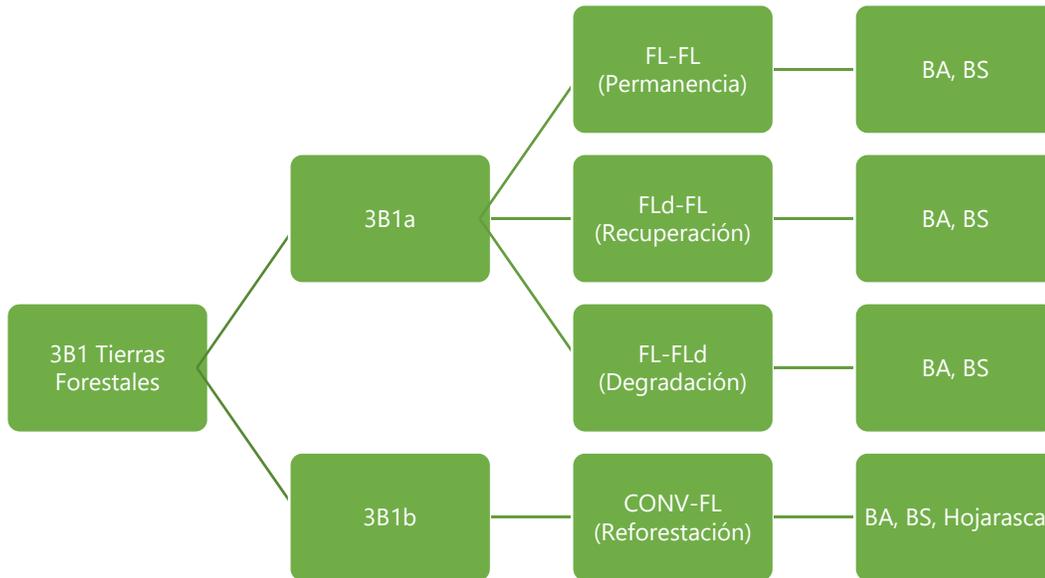
La estimación se generó con la información geoespacial de las cartas de Uso de Suelo y Vegetación (Series II, III, IV, V, VI y VII), escala 1: 250,000, elaboradas por INEGI, y su dinámica de cambio de suelo para el periodo 1993-2017.

Para estimar las emisiones/absorciones de CO₂ provenientes de los cambios de superficie del suelo entre los periodos, se debe multiplicar la superficie por el factor de emisión por tipo de vegetación para las transiciones:

1. FL-FL: Tierras forestales que permanecen como Tierras forestales.
2. FLd-FL: Tierras forestales que se recuperan.
3. FL-FLd: Tierras forestales que se degradan
2. CONVL-FL: Tierras convertidas que cambian a Tierras forestales.

Para las Tierras forestales que permanecen como tal, las superficies de datos de actividad se contabilizaron con la totalidad del área del periodo, ya que, durante ese periodo, no hay transiciones ni cambios en esa superficie. Implica la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de dos de los cinco reservorios de carbono (biomasa aérea y biomasa subterránea) y para las Tierras convertidas a Tierras forestales, se estimó además las existencias de carbono de la hojarasca (Figura 41).

Figura 41 Subcategorías, fuente (transiciones) y reservorios de [3B1] Tierra forestales



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del reservorio de carbono en los depósitos de hojarasca, por defecto, el IPCC supone que las existencias de carbono en los terrenos que cambian a Tierras forestales hay ganancia propia e incorporación de carbono que se recupera en forma lineal durante los siguientes 20 años. Para obtener un factor de emisión anual se dividió el factor de emisión de recuperación entre 20 años, de acuerdo con las recomendaciones del IPCC (INECC-SEMARNAT, 2018).

Las existencias anuales de carbono forestal fueron estimadas a nivel de clases de uso de suelo de acuerdo con la descripción de la vegetación del INEGI (Tabla 38), para luego ser agregadas al nivel del estrato principal de interés que son las transiciones o subcategorías.

En general, los cambios en las existencias de carbono dentro de un estrato se estiman sumando los cambios de todos los reservorios, como se muestra en la siguiente Ecuación 1:

Ecuación 1. Cambios en las existencias anuales de carbono para una subcategoría de uso de la tierra como la suma de los cambios de cada uno de los estratos dentro de la categoría

$$\Delta C_{LUi} = \Delta C_{AB} + \Delta C_{BB} + \Delta C_{DW} + \Delta C_{LI} + \Delta C_{SO} + \Delta C_{HWP}$$

Dónde:

- ΔC_{LUi} = Cambio en las existencias de carbono para un estrato de una categoría de uso de la tierra.
- AB= Biomasa aérea
- BB= Biomasa subterránea
- DW= Madera muerta
- LI= Hojarasca
- SO= Suelo
- HWP= Productos de madera recolectada

6.9.6. Datos de actividad (DA)

El DA es la superficie de [3B1a] Tierras forestales que permanecen y las [3B1b] Tierras convertidas en tierras forestales. La fuente de información se ha explicado anteriormente en el apartado 3.8.1.2 “Enfoque para representar superficies, y bases de datos de Tierra [3B]”.

6.9.7. Factores de emisión (FE)

Se usaron los factores de emisión publicados por el INECC-SEMARNAT (2018) y calculados por la CONAFOR para el INEGYCEI 1990-2015. Estos factores de emisión usan clases específicas de la cobertura del suelo de la Series II, III, IV, V y VI, del INEGI, y para la Serie VII se calcularon los factores de emisión usando el crecimiento medio anual de los factores de emisión de las Series II a la VI (Ver archivo “Factores de emisión AFOLU_3B_Tierra” para más detalles de los cálculos).

En Durango la importancia de los cultivos perennes principalmente de frutales caducifolios es principalmente por manzano, nogal pecanero (nuez) y durazno, en la región de los valles, de acuerdo con el último Censo Agropecuario del INEGI (INEGI 2023). Estos cultivos se realizan a través de huertas bajo condiciones de riego y de temporal. Es por lo anterior, se utilizó el valor por defecto de las Directrices del IPCC, para la tasa de crecimiento de la biomasa leñosa aérea, del sistema de huertas en terrenos plantados con vegetación leñosa, a menudo árboles frutales (Cuadro 5.3, Vol. 4 de las Directrices del IPCC 2019). Particularmente el de las tierras de cultivo anuales se aplica las consideraciones del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC y se asumió en balance.

6.9.8. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Las Incertidumbres para los FE se tomaron del INEGYCEI 1990-2015 (INECC-SEMARNAT, 2018), y se promediaron por clase de uso de suelo y vegetación. La incertidumbre de los DA (superficies) proviene de la evaluación de la variabilidad de las superficies por clase de vegetación y se cifra en 45.13% para la subcategoría [3B1] Tierras forestales. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una misma cobertura geográfica.

6.9.9. QA/QC de la categoría y verificación

La información básica de la que se extrae está sometida a controles de revisión específicos dentro del INEGI como del INECC, así como los estándares de calidad del CMM para la elaboración de inventarios de GEI. Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC.

6.9.10. Mejoras previstas específicas de cada categoría

No se prevén planes de mejora a corto plazo para esta categoría

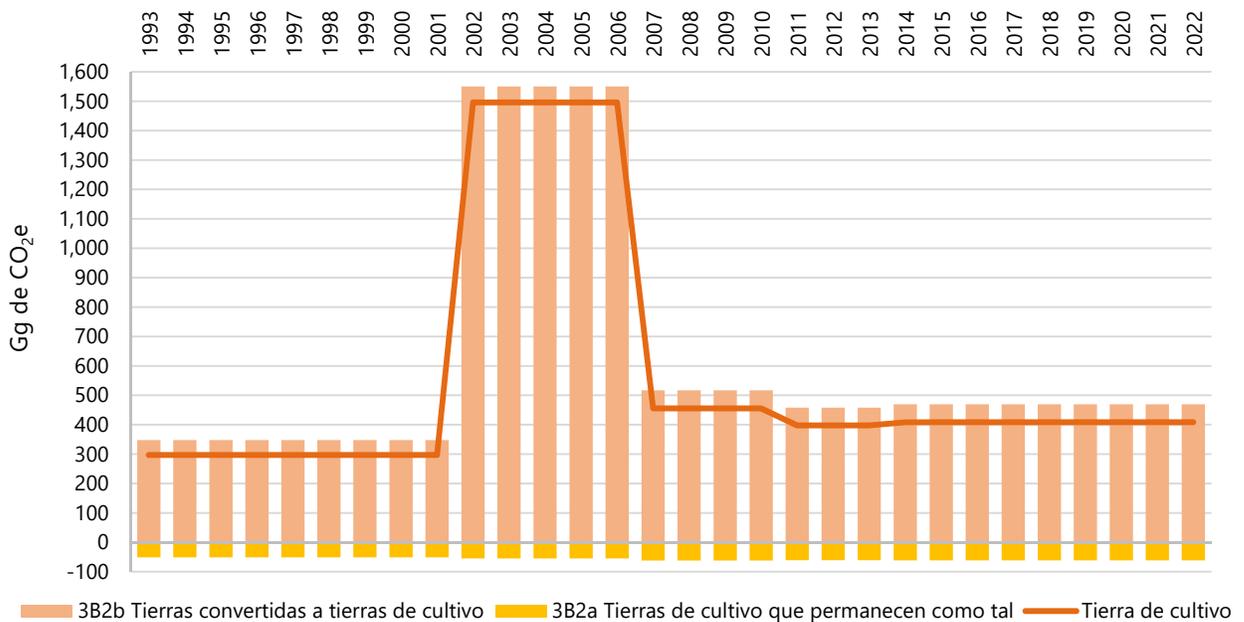
6.10. Tierras de cultivo y pastizales [3B2 y 3B3]

6.10.1. Descripción de las categorías

La subcategoría [3B2] Tierras de cultivo que permanecen, es un sumidero que en 2022 alcanzó -61.36 Gg de CO₂e, cantidad 17% mayor que la del año 2000. Por su parte, [3B2b] Tierras convertidas en tierras de cultivo es una fuente neta de emisiones que en 2022 alcanzó 469.50 Gg de CO₂e, y con un incremento del 26% comparado hace más de 20 años (Figura 42).

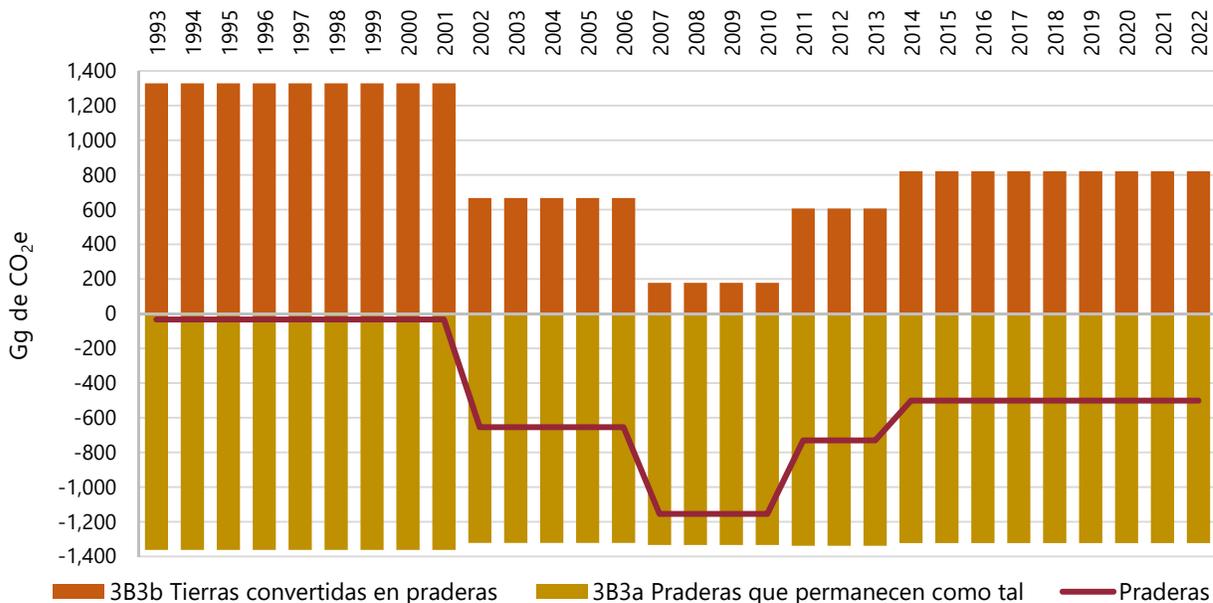
De la misma forma, [3B3b] Tierras convertidas en praderas es una fuente neta de emisiones que se compensa con el sumidero [3B2a] Praderas que permanecen, ya que en 2022 alcanzó -1,323.02 Gg de CO₂e, comparada con los 820.83 Gg de CO₂e de [3B3b]. La evolución de las emisiones netas a lo largo del periodo se muestra en la Figura 43.

Figura 42. Emisiones y absorciones [3B2] Tierras de cultivo (Gg de CO₂e), 1993-2022



Fuente: Elaboración propia.

Figura 43. Emisiones y absorciones [3B3] Praderas (Gg de CO₂e), 1993-2022



Fuente: Elaboración propia.

6.10.2. Metodología

Las Tierras de cultivo [3B2] se clasifican en dos secciones y las emisiones/absorciones se calculan por separado:

- [3B2a] Tierras de cultivo que permanecen como tales (RCL)
- [3B2b] Tierras convertidas en tierras de cultivo (CONVL-FL).

Para estimar las emisiones/absorciones de CO₂ provenientes de los cambios de superficie del suelo entre los periodos, se debe multiplicar la superficie por el factor de emisión por tipo de vegetación para las transiciones:

1. RCL-RCL: Tierras de cultivo que permanecen como tierras cultivadas (agricultura perenne).
2. FL-CL: Tierras forestales que pasan a Tierras de cultivo.
3. GL-CL: Praderas que pasan a Tierras de cultivo.

Los terrenos agrícolas permanentes (RCL) consideran solamente la superficie de agricultura perenne que permanece como tal en el periodo analizado. No se incluye agricultura anual debido a que es de otro sector. Las tierras convertidas a Tierras de cultivo, implica la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de cinco depósitos de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo).

Para el caso de Praderas [3B3] se clasifican en dos secciones y las emisiones/absorciones se calculan por separado:

- [3B3a] Praderas que permanecen como Praderas (GL-GL).
- [3B3b] Tierras Forestales que pasan a Praderas (FL-GL).

Para las praderas que permanecen como tales, las emisiones y absorciones de carbono se basan en la estimación de los cambios en las prácticas de gestión de las existencias de carbono. Para las tierras convertidas en Praderas, las emisiones y absorciones de carbono se basan en la estimación de los efectos de la sustitución de un determinado tipo de vegetación por la vegetación del pastizal.

Para las Praderas que permanecen como tal, las superficies de datos de actividad se contabilizaron con la totalidad del área del periodo, ya que, durante ese periodo, no hay transiciones ni cambios en esa superficie. Implica la estimación de los cambios producidos en las existencias de carbono de dos de los cinco depósitos de carbono (biomasa aérea y biomasa subterránea) y para las Tierras forestales que cambian a Praderas, se estimaron las existencias de carbono de los cinco depósitos.

Para estimar las emisiones/absorciones de CO₂ provenientes de los cambios de superficie del suelo entre los periodos, se debe multiplicar la superficie por el factor de emisión por tipo de vegetación para las diferentes transiciones (GL-GL y FL-GL).

En general, los cambios en las existencias de carbono para Tierras de cultivo [3B2] y Praderas [3B3], se estiman sumando los cambios de todos los reservorios, como se ha explicado anteriormente de la Ecuación 1 en el apartado 6.9.5 "Metodología" de la subcategoría [3B1] Tierras forestales.

6.10.3. Datos de actividad (DA)

El DA es la superficie de tierras de cultivo y praderas que permanecen y en conversión. La fuente de información se ha explicado anteriormente en el apartado 3.8.1.2 "Enfoque para representar superficies, y bases de datos de Tierra [3B]".

6.10.4. Factores de emisión (FE)

Se usaron los factores de emisión publicados por el INECC-SEMARNAT (2018) y calculados por la CONAFOR para el INEGYCEI 1990-2015. Estos factores de emisión usan clases específicas de la cobertura del suelo de la Series II, III, IV, V y VI, del INEGI, y para la Serie VII se calcularon los factores de emisión usando el crecimiento medio anual de los factores de emisión de las Series II a la VI (Ver archivo "Factores de emisión AFOLU_3B_Tierra" para más detalles de los cálculos). Particularmente el de las tierras de cultivo anuales se aplica las consideraciones del Refinamiento 2019 de las Directrices del IPCC y se asumió en balance.

6.10.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Las Incertidumbres para los FE se tomaron del INEGYCEI 1990-2015 (INECC-SEMARNAT, 2018), y se promediaron por clase de uso de suelo y vegetación. La incertidumbre de los DA (superficies) proviene de la evaluación de la variabilidad de las superficies por clase de vegetación y se cifra en 2.56% para la categoría [3B2] Tierras de cultivo, y en 104.95% [3B3] Praderas. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una misma cobertura geográfica.

6.10.6. QA/QC de la categoría y verificación

La información básica de la que se extrae está sometida a controles de revisión específicos dentro del INEGI como del INECC, así como los estándares de calidad del CMM para la elaboración de inventarios de GEI. Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC.

6.10.7. Mejoras previstas específicas de cada subcategoría

No se prevén planes de mejora a corto plazo para esta categoría.

6.11. Otros usos de la tierra [3B4, 3B5 y 3B6]

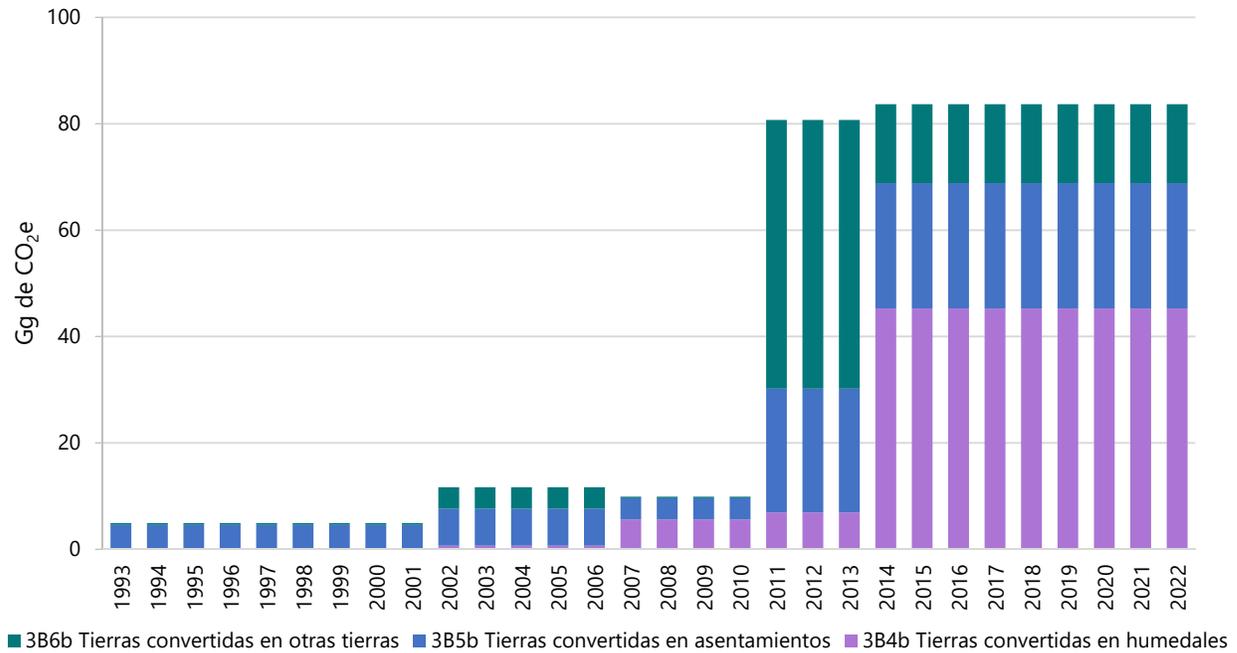
6.11.1. Descripción de la categoría

En este apartado se incluye la información sobre las categorías: [3B4] Humedales, [3B5] Asentamientos y [3B6] Otras tierras.

Las emisiones de estas fuentes durante 2022 fueron de 45.28 Gg de CO₂e para Humedales, 23.54 Gg de CO₂e para Asentamientos, y de 14.86 Gg de CO₂e para Otras tierras.

La evolución de las emisiones netas a lo largo del periodo se muestra en la Figura 44. Estas emisiones derivan principalmente de cambios de praderas y tierras forestales hacia estas tres subcategorías.

Figura 44. Emisiones y absorciones de [3B4] Humedales, [3B5] Asentamientos y [3B6] Otras tierras (Gg de CO₂e), 1993-2022



Fuente: Elaboración propia.

6.11.2. Metodología

Los Humedales [3B4] se divide en dos secciones y las emisiones y las absorciones se calculan por separado:

- [3B4a] Humedales que permanecen como Humedales (WL-WL).
- [3B4b] Tierras convertidas en Humedales (CONVL-SL).

Para los humedales que permanecen como tal [3B4a] incluye zonas de extracción de turba y la tierra que está cubierta o saturada de agua durante todo el año (presas, terrenos destinados a la piscicultura, acuicultura y cuerpos de agua) o durante parte de éste (por ejemplo, las turberas). Esta subcategoría no se realizó ninguna estimación ya que no se cuentan con datos tan específicos para el país para tierras anegadas y manejo de turberas.

Para los cambios sucedidos de tierras que pasan a Humedales [3B4b], se estimaron las existencias de carbono de los cinco depósitos (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo). Los cambios sucedidos en esta transición pierden todo el carbono almacenado en la vegetación inicial.

Para la categoría Asentamientos [3B5] se clasifican en dos secciones y las emisiones/absorciones se calculan por separado:

- [3B5a] Asentamientos que permanecen como Asentamientos (SL-SL).
- [3B5b] Tierras convertidas en Asentamientos (CONVL-SL).

Los asentamientos que permanecen como tales incluye el arbolado urbano, vegetación herbácea perenne, como el césped y las plantas de los jardines, los árboles de los asentamientos rurales, los jardines de las haciendas y áreas rurales (IPCC, 2006c).

Para los cambios sucedidos de tierras que pasan a Asentamientos [3B5b], se estimaron las existencias de carbono de los cinco depósitos (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo). Los cambios sucedidos en esta transición pierden todo el carbono almacenado en la vegetación inicial.

Finalmente, para Otras Tierras [3B6], esta categoría comprende suelo desnudo, roca, hielo, bancos de arena, minas a cielo abierto, desiertos y todas las áreas de tierra no gestionadas desprovistas de vegetación que no entran en las otras categorías. De acuerdo a las clases de INEGI, en esta categoría se integran las áreas sin vegetación aparente y las desprovistas de vegetación.

La subcategoría Otras tierras [3B6] se clasifican en dos secciones y las emisiones/absorciones se calculan por separado:

- [3B6a] Otras tierras que permanecen como tales (OL-OL).
- [3B6b] Tierras convertidas en Otras tierras (CONVL-OL).

De acuerdo con IPCC (2006) y su Refinamiento (2019), las superficies de otras tierras que permanecen como tales [3B6a] deben incluirse en la matriz de cambios de uso de la tierra, sólo para la verificación de la superficie total y no para estimar emisiones/absorciones.

Para los cambios sucedidos de tierras que cambian a Otras tierras [3B6b], se estimaron las existencias de carbono de los cinco depósitos (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, hojarasca y materia orgánica del suelo). Los cambios sucedidos en esta transición pierden todo el carbono almacenado en la vegetación inicial.

Para estimar las emisiones/absorciones de CO₂ provenientes de los cambios de superficie del suelo entre los periodos, se debe multiplicar la superficie por el factor de emisión por tipo de vegetación para las diferentes transiciones:

1. FL-OL, Tierras forestales que pasan a Otras tierras.
2. GL-OL, Praderas que pasan a Otras tierras.

En general, los cambios en las existencias de carbono para Tierras de cultivo [3B2] y Praderas [3B3], se estiman sumando los cambios de todos los reservorios, como se ha explicado

anteriormente de la Ecuación 1 en el apartado 6.9.5 “Metodología” de la subcategoría [3B1] Tierras forestales.

6.11.3. Datos de actividad (DA)

El DA es la superficie de humedales, asentamientos y otras tierras que permanecen y en conversión. La fuente de información se ha explicado anteriormente en el apartado 3.8.1.2 “Enfoque para representar superficies, y bases de datos de Tierra [3B]”.

6.11.4. Factores de emisión (FE)

Se usaron los factores de emisión publicados por el INECC-SEMARNAT (2018) y calculados por la CONAFOR para el INEGYCEI 1990-2015. Estos factores de emisión usan clases específicas de la cobertura del suelo de la Series II, III, IV, V y VI, del INEGI, y para la Serie VII se calcularon los factores de emisión usando el crecimiento medio anual de los factores de emisión de las Series II a la VI (Ver archivo “Factores de emisión AFOLU_3B_Tierra” para más detalles de los cálculos).

6.11.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

Las Incertidumbres para los FE se tomaron del INEGYCEI 1990-2015 (INECC-SEMARNAT, 2018), y se promediaron por clase de uso de suelo y vegetación. La incertidumbre de los DA (superficies) proviene de la evaluación de la variabilidad de las superficies por clase de vegetación y se cifra en 0.35% para la categoría [3B4] Humedales, 0.14% para [3B5] Asentamientos y de 0.09% para [3B6] Otras tierras. La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una misma cobertura geográfica.

6.11.6. QA/QC de la categoría y verificación

La información básica de la que se extrae está sometida a controles de revisión específicos dentro del INEGI como del INECC, así como los estándares de calidad del CMM para la elaboración de inventarios de GEI. Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC.

6.11.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

No se prevén planes de mejora a corto plazo para esta categoría.

6.12. Productos de madera recolectada [3D]

6.12.1. Descripción de la categoría

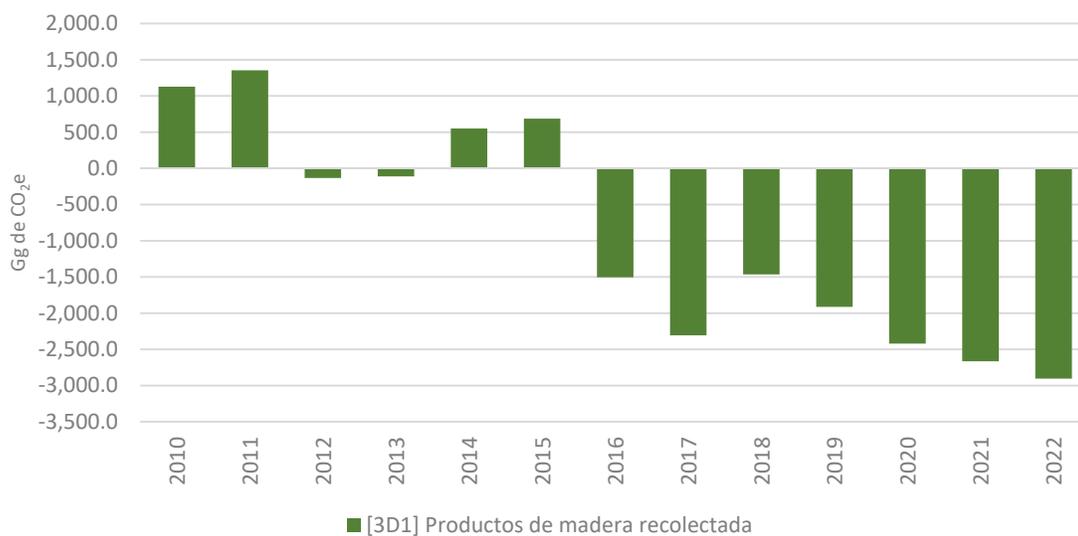
De acuerdo a las directrices del IPCC 2006, gran parte de la madera cosechada de las tierras forestales, de cultivo y de otros tipos de uso de la tierra permanece en los productos durante períodos de tiempo de diferente duración, se debe estimar y declarar el aporte de estos

productos de madera recolectada (PMR) a las emisiones/absorciones de CO₂ de ASOUT anuales. PMR incluye todo el material de madera (incluida la corteza) que se abandonan en los sitios de recolección, La broza y otro material que queda en los sitios de recolección deben considerarse materia orgánica muerta en la categoría correspondiente de uso de la tierra y no PMR, los PMR constituyen un reservorio de carbono.

En esta categoría se estiman las emisiones y absorciones de CO₂ de productos de madera en el Estado de Durango como son: en rollo, aserrada, paneles, papel y cartón, pulpa de madera, recuperación de papel, astillas y partículas, carbón de leña y residuos de madera.

Los Productos de madera recolectada (PMR) [3D1], en el caso del Estado de Durango, en 2022, presenta una absorción de - 2,904.3 Gg CO₂e, en 2010 fue un emisor neto con 1,128 Gg CO₂e. La evolución de las emisiones netas a lo largo del periodo se muestra en la Figura 45.

Figura 45. Emisiones/absorciones de [3D1] Productos de madera recolectada en Durango



Fuente: Elaboración propia.

6.12.2. Metodología

La fuente de información fue FAOSTAT (2021) y la metodología descrita en las Directrices IPCC 2006 y su Refinamiento 2019, que estima las emisiones y absorciones de los cambios en las existencias de carbono depositados en los productos de madera bajo un enfoque de Tier 1.

6.12.3. Datos de actividad (DA)

El DA es la cantidad de madera en productos semifinalizados⁵ que entra en el depósito de PMR en cada año. La fuente de información son los Anuarios Estadístico de la Producción Forestal publicados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. La Tabla 39 muestra la evolución de las entradas de productos semifinalizados por año.

Tabla 39. Datos de productos de madera

Productos maderables (miles m3r)	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Aserrío	1,053.70	1,005.21	1,034.29	1,297.22	1,166.03	917.74	1,219.61	1,207.43	1,220.37	1,230.00	1,251.07	1,272.15	1,293.22
Celulosa	165.89	158.89	297.89	200.71	182.29	262.06	394.74	593.92	377.28	493.10	533.20	573.29	613.39
Chapa y triplay	138.99	132.91	246.93	174.65	154.07	216.73	286.04	272.87	266.23	297.37	314.85	332.34	349.83
Postes	75.19	71.19	6.13	91.67	85.91	12.18	13.76	13.11	12.72	1.74	42.53	42.55	42.57
Leña	17.98	17.32	18.87	17.37	18.81	13.79	0.00	41.34	41.92	31.37	33.47	35.58	37.69
Carbón	35.95	34.65	44.40	34.74	37.63	47.67	71.24	71.70	151.65	112.23	122.90	133.58	144.25
Durmientes	96.43	92.44	300.21	113.38	105.26	273.94	371.53	358.92	448.21	449.18	491.01	532.84	574.67
TOTAL	1,584.12	1,512.61	1,948.72	1,929.74	1,750.00	1,744.12	2,356.92	2,559.30	2,518.38	2,614.98	2,789.04	2,922.33	3,055.62

6.12.4. Factores de emisión (FE)

Los parámetros de estimación se presentan en la Tabla 40, los cuales son valores por defecto de las tablas 12.1, 12.2 y 12.3 del Refinamiento 2019 (vol. 4, cap. 12).

Tabla 40 Parámetros de estimación de las variaciones del depósito de PMR

	Madera aserrada	Tableros a base de madera	Papel y cartón
Densidad	Mg/m ³	Mg/m ³	
Fracción de carbono	t C/t m.s.	t C/t m.s.	
Factor de conversión de carbono	Mg C/m ³	Mg C/m ³	Mg C/m ³
Vida media	años	años	años

6.12.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre del DA proviene de la estimación de los propios datos y se cifra en un 28%. La incertidumbre de los FE se tomó de las Directrices 2006 (vol. 4, cap. 10, pág. 37). La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología y completa al tener una cobertura geográfica estatal.

⁵ Madera aserrada, tableros a base de madera y papel y cartón

6.12.6. QA/QC de la categoría y verificación

La información básica de la que se extrae está sometida a controles de revisión específicos propios. Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC.

6.12.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se prevén las siguientes mejoras: Generar estadística de importaciones y exportaciones por producto.

7. [4] Residuos

7.1. Visión general del sector

En esta sección se contabilizan las emisiones de GEI por el tratamiento y eliminación de los residuos sólidos y de las aguas residuales domésticas e industriales. Los gases que se emiten principalmente en este sector son metano (CH_4), debido a la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaeróbicas; dióxido de carbono (CO_2) por la incineración y quema a cielo abierto de residuos y óxido nitroso (N_2O) en las descargas de las aguas residuales.

Para el Estado de Durango las categorías a estimar son:

- [4A] Eliminación de residuos sólidos
- [4C] Incineración y quema abierta de residuos
- [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales

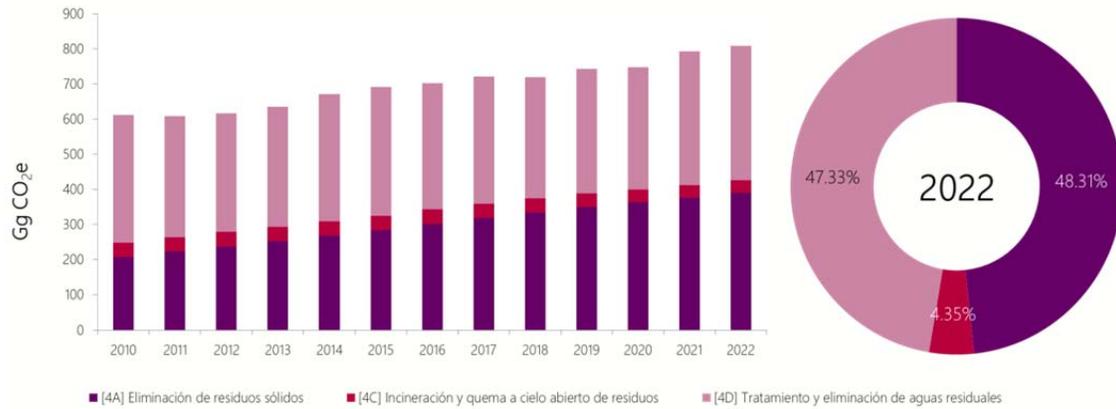
Las emisiones del sector [4] Residuos en 2022 se contabilizaron en 808.33 Gg CO_2e , lo que representó el 6.12% de las emisiones del IEEGYCEI (sin absorción). El sector presenta un incremento en sus emisiones de GEI durante el periodo de análisis con una TMCA de 2.34%, siendo el subsector [4A] Eliminación de residuos sólidos el de mayor crecimiento con una TMCA de 5.43% y el tratamiento y eliminación de aguas residuales [4D] con una TMCA de 0.42%, ambos subsectores están estrechamente ligados con el crecimiento poblacional, lo que implica un incremento en la generación de residuos sólidos y en la generación de aguas residuales.

La categoría Eliminación de residuos sólidos [4A] contribuye con el 2.96% de las emisiones del IEEGYCEI (sin absorción), seguido por el tratamiento y eliminación de aguas residuales [4D] con el 2.90%, el resto proviene por la quema a cielo abierto de los residuos sólidos [4C2] con el 0.27%.

El principal GEI es el metano (CH_4) generado principalmente [4A] y [4D], seguido por el óxido nitroso (N_2O) emitido durante la eliminación de aguas residuales [4D].

En la Figura 46, se presenta la evolución de las emisiones de las categorías para el sector [4] Residuos así como su contribución en el año 2022.

Figura 46. Evolución de las emisiones de GEI de la categoría [4] Residuos.

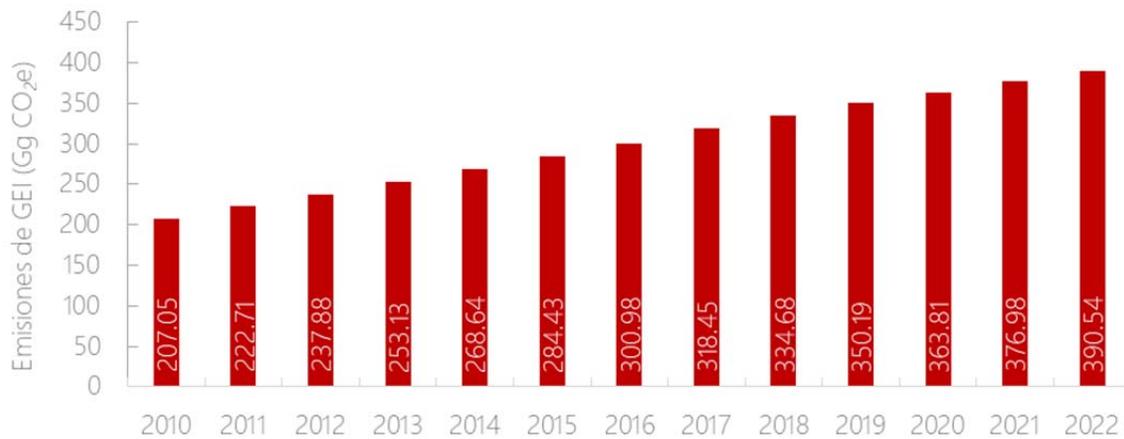


Fuente: Elaboración propia.

7.2. Eliminación de residuos sólidos [4A]

En 2022, la eliminación de residuos sólidos contabilizó 390.54. Gg CO₂e. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 47. A lo largo de todo el periodo 2010-2022 se registraron 69 sitios de disposición final, de los cuales tres concentran el 75% de los residuos confinados en la entidad: el relleno sanitario de Durango con el 37%, el relleno sanitario de Gómez Palacio con 28%, y el relleno sanitario de Lerdo con 10%.

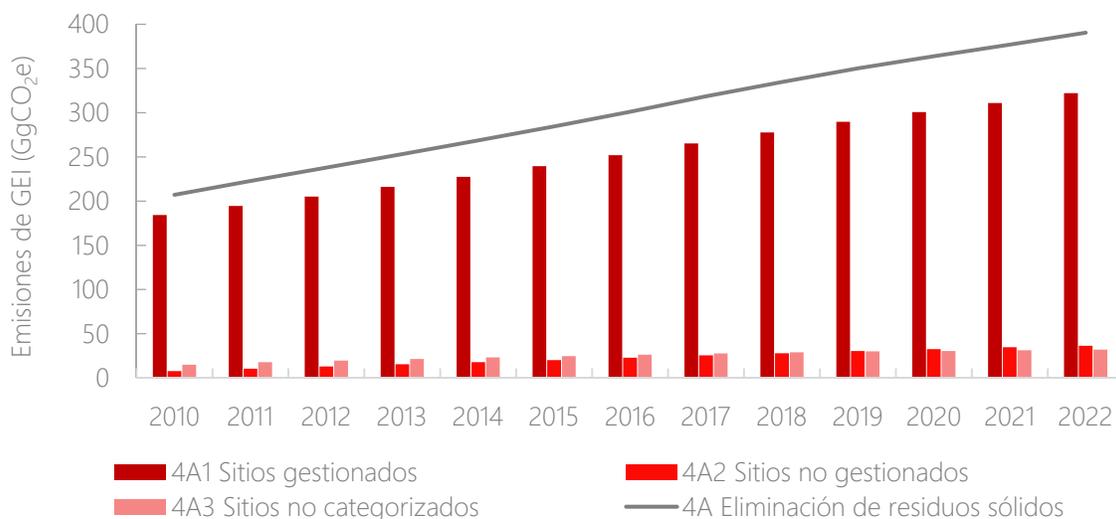
Figura 47. Emisiones de [4A] Eliminación de residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones se duplicaron en comparación con las del año 2010, a una tasa de crecimiento media anual (TCMA) de 5.4%. De acuerdo con la clasificación de los sitios de disposición final, el 82.5% de las emisiones corresponde a la subcategoría 4A1 Sitios gestionados, el 9.3% a la subcategoría 4A2 Sitios no gestionados y el 8.2% a la subcategoría 4A3 Sitios no categorizados (Figura 48 y Tabla 41).

Figura 48. Emisiones de [4A] por subcategoría



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 41. Emisiones de [4A] por subcategoría

Año	4A1 Sitios gestionados		4A2 Sitios no gestionados		4A3 Sitios no categorizados		4A Eliminación de residuos sólidos	
	Emisiones (Gg)		Emisiones (Gg)		Emisiones (Gg)		Emisiones (Gg)	
	CH ₄	CO ₂ e	CH ₄	CO ₂ e	CH ₄	CO ₂ e	CH ₄	CO ₂ e
2010	6.58	184.33	0.28	7.75	0.53	14.97	7.39	207.05
2011	6.95	194.49	0.37	10.43	0.64	17.79	7.95	222.71
2012	7.32	205.07	0.47	13.09	0.70	19.72	8.50	237.88
2013	7.72	216.08	0.56	15.54	0.77	21.51	9.04	253.13
2014	8.13	227.53	0.64	17.90	0.83	23.22	9.59	268.64
2015	8.55	239.45	0.72	20.24	0.88	24.74	10.16	284.43

Año	4A1 Sitios gestionados		4A2 Sitios no gestionados		4A3 Sitios no categorizados		4A Eliminación de residuos sólidos	
	Emisiones (Gg)		Emisiones (Gg)		Emisiones (Gg)		Emisiones (Gg)	
	CH ₄	CO ₂ e	CH ₄	CO ₂ e	CH ₄	CO ₂ e	CH ₄	CO ₂ e
2016	9.00	251.87	0.82	22.88	0.94	26.23	10.75	300.98
2017	9.47	265.16	0.91	25.53	0.99	27.76	11.37	318.45
2018	9.92	277.69	1.00	27.97	1.04	29.02	11.95	334.68
2019	10.34	289.62	1.09	30.40	1.08	30.17	12.51	350.19
2020	10.74	300.64	1.17	32.70	1.09	30.48	12.99	363.81
2021	11.10	310.85	1.24	34.80	1.12	31.33	13.46	376.98
2022	11.50	322.05	1.30	36.32	1.15	32.17	13.95	390.54

Fuente: Elaboración propia.

7.2.1. Metodología

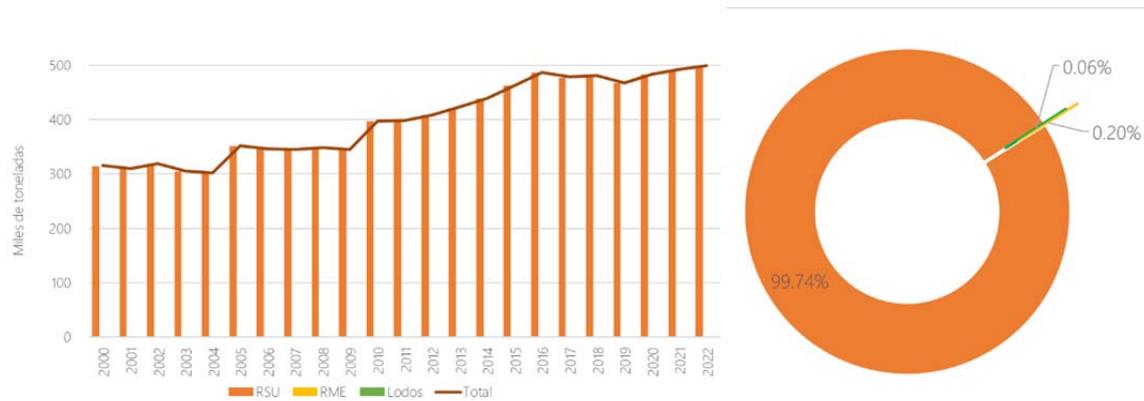
Se utilizó la metodología de las Directrices 2006, complementada con algunos aspectos incluidos en el Refinamiento 2019. Se hizo un enfoque metodológico Tier 2 con parámetros nacionales como el Modelo Mexicano de Biogás y la composición de los residuos, siguiendo el árbol de decisión de la Figura 3.1 del capítulo. 3, vol. 5, de las Directrices 2006.

7.2.2. Datos de actividad (DA)

Se empleó la cantidad de residuos sólidos urbanos y de manejo especial depositados en los 69 sitios de disposición final, la cual se cuantificó en 504,966 toneladas anuales de residuos, de las cuales el 99.74% corresponde a residuos sólidos urbanos (RSU) y el resto a residuos de manejo especial (RME) con 0.06% y lodos procedentes de plantas de tratamiento (0.20%), (Figura 49).

La fuente de información de los datos de residuos depositados es la proporcionada por los municipios y la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango (SRNMAD). La serie temporal 2000-2022 se complementa información del Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD) del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2011, 2017, 2019 y 2020, e interpolaciones con base en el comportamiento poblacional reportado en los Censos de Población y Vivienda 2000, 2010 y 2020, el Censo de Población y Vivienda 2005 y la Encuesta Intercensal del 2015 de INEGI.

Figura 49. Cantidad de residuos eliminados en sitios de disposición final

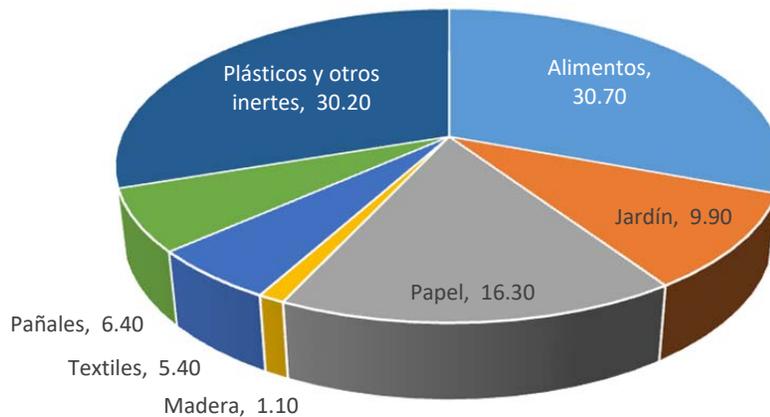


Fuente: Elaboración propia con datos municipales, de la SRNMAD e INEGI.

La fuente de información para los datos de composición de los residuos fue tomada del Inventario Nacional de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019 (SEMARNAT-INECC, 2022). En la Figura 50, se presenta la composición de los residuos que se consideraron para la contabilidad de emisiones en sitios de disposición final.

De acuerdo con la información consultada de los Censos Nacionales de Gobiernos Municipales y Delegacionales (CNGMD) de INEGI, así como de la SRNMAD, la clasificación de los sitios de disposición final corresponde en un 44% a sitios controlados anaeróbicos, 42% a sitios no gestionados poco profundos, 7% a sitios bien manejados semiaeróbicos y 7% a sitios no gestionados poco profundos (Tabla 42).

Figura 50. Composición de residuos (Porcentaje)



Fuente: SEMARNAT-INECC, 2022.

Tabla 42. Clasificación de los SDF de acuerdo con su infraestructura y condiciones de operación

Tipo de sitio	Número de sitios	Porcentaje
Bien manejado semiaeróbico	30	44%
Controlado anaeróbico	5	7%
Sitio no categorizado	5	7%
Sitio no gestionado poco profundo	229	42%
Total	69	100%

Fuente: Elaboración propia con datos municipales, de la SRNMAD e INEGI.

7.2.3. Parámetros de estimación

Los parámetros empleados en la estimación se obtuvieron de las Directrices 2006 y del Refinamiento 2019, así como datos del Modelo Mexicano del Biogás 2.0 (MMB) (U.S. EPA & SCS Engineers, 2009) (Tabla 43, Fuente: Elaboración propia

Tabla 44, Tabla 45 y Tabla 46).

Tabla 43. Parámetros empleados en la estimación de emisiones de [4A]

Parámetro	Fuente	Descripción/Valores
FCM (Factor de Corrección de Metano)	Refinamiento 2019 (tabla 3.1, cap. 3. Vol. 5.), (IPCC, 2019).	Tabla 2
COD (Carbono Orgánico Degradable)	Refinamiento 2019 (tabla 3.1, cap. 3. Vol. 5.), (IPCC, 2019).	Tabla 3
COD _f (Fracción de COD)	Refinamiento 2019 (tabla 3.1, cap. 3. Vol. 5.), (IPCC, 2019).	Tabla 3
K (tasa de generación de CH ₄)	MMB (US EPA & SCS Engineers, 2009).	Tabla 4
Composición de los residuos a nivel municipal o estatal	DSPM de Durango.	Figura 3

Parámetro	Fuente	Descripción/Valores
(F) Fracción de metano en biogás	Refinamiento 2019 (tabla 3.1, cap. 3. Vol. 5.), (IPCC, 2019).	Tabla 3.2, cap. 3, vol. 5, p. 3.16
(OX) Fracción de oxidación	Refinamiento 2019 (tabla 3.1, cap. 3. Vol. 5.), (IPCC, 2019).	Tabla 3.2, cap. 3, vol. 5, tabla 3.2, p. 3.17

Fuente: Elaboración propia

Tabla 44. Valores de FCM

Sitio de disposición	IPCC
Controlado anaeróbico	1
Bien manejado semiaeróbico	0.5
Sitio no gestionado poco profundo	0.4
Sitio no categorizado	0.6

Fuente: Refinamiento 2019 de las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Volumen 5 "Residuos", Capítulo 3, p. 3.13.

Tabla 45. Valores de COD y CODF empleados

Parámetro	Comida	Jardín	Papel	Madera y paja	Textiles	Pañales
DOC	0.15	0.2	0.4	0.43	0.24	0.24
DOCf	0.7	0.7	0.5	0.1	0.5	0.5

Fuente: Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático 2006 y 2019 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. Volumen 5 "Residuos", Capítulo 2.

Tabla 46. Valores del Índice de generación de metano (k)

k 1; Alimenticios, otros orgánicos y 20% de pañales	k 2; Vegetales, poda, papel higiénico	k 3; Papel, cartón y textiles	k 4; Madera, caucho, piel, huesos y paja	Lodos
0.1	0.05	0.02	0.01	0.185

Fuente: Modelo Mexicano de Biogás Versión 2.0, tomado del INEGYCEI 1990-2015, (INECC.-SEMARNAT, 2014).

7.2.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre del DA (datos de residuos y su composición) proviene del Cuadro 3.5, cap. 3, vol. 5 de las Directrices 2006, y se cifra en un 30% para datos de actividad, en 85.33% para los FE (factores de emisión y parámetros), y en 108.91% la incertidumbre combinada.

La serie se considera coherente en el tiempo una vez registrados los hechos que ocasionaron las variaciones registradas.

7.2.5. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC incluidos en la Introducción.

7.2.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

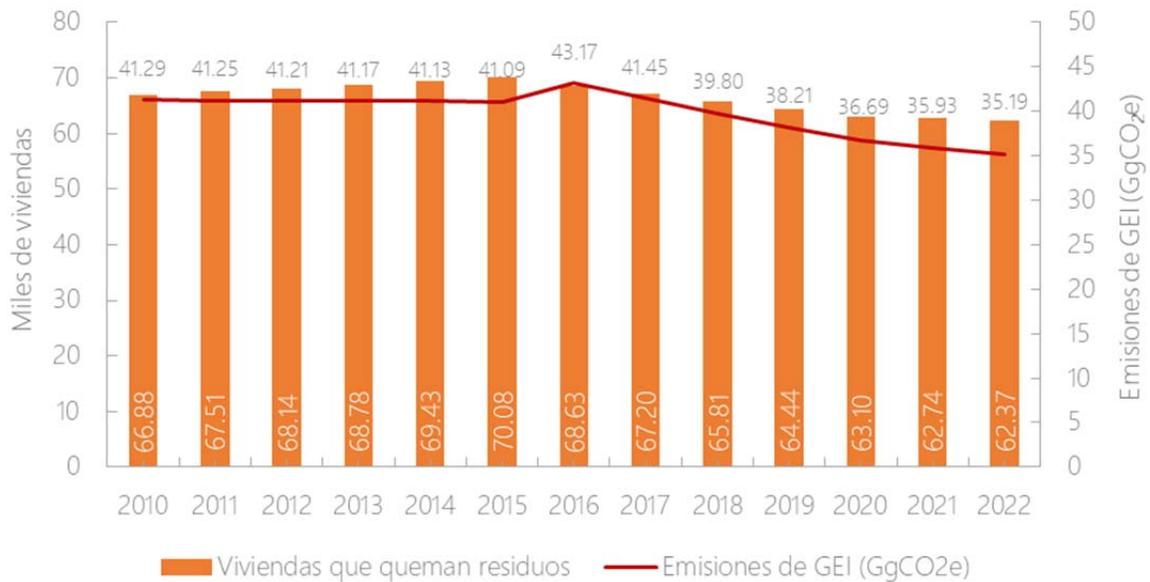
- Mantener un registro de la cantidad de residuos municipales depositados en todo tipo de SDF.
- Cuantificar el volumen de residuos incinerados en los SDF.
- Realizar estudios de generación per cápita de residuos que permita caracterizar las diferencias entre zonas rurales y urbanas.

7.3. Incineración y quema a cielo abierto de residuos sólidos [4C]

7.3.1. Descripción de la categoría

La categoría [4C] Incineración y quema a cielo abierto de residuos sólidos contabilizó 35.19 Gg CO_{2e} en 2022, cantidad que representó una reducción de 1.3% respecto a la de 2010. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 51, que corresponden a la única subcategoría registrada: [4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos.

Figura 51. Emisiones de [4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos



Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Metodología

La estimación empleó la metodología de las Directrices 2006 y el Refinamiento 2019. La quema a cielo abierto de residuos sólidos empleó el enfoque Tier 1, siguiendo el árbol de decisión de la Figura 5.1 del capítulo 5, vol. 5, de la Directrices 2006.

7.3.3. Datos de actividad (DA)

Los DA refieren la cantidad de residuos sólidos urbanos quemados a cielo abierto, estimados a partir de las viviendas que reportan esta práctica provista en los Censos y Conteos de Población y Vivienda (INEGI, 2005, 2010, 2015 y 2020). Se emplean también datos sobre la ocupación promedio de las viviendas de INEGI, y la generación per cápita de residuos, usando las referencias del Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos 2012, (SEMARNAT, 2012), el Programa de Prevención y Gestión Integral de Residuos del Estado de Durango 2011, (UJED, 2011), e información de la SRNMAD (2020).

La serie estadística de toneladas de residuos quemados se estima a partir de la interpolación de las estimaciones de los años 2010, 2015 y 2020, que cuentan con información censal o estadística sobre las viviendas que queman residuos.

7.3.4. Factores de emisión (FE)

Las emisiones de CO₂ de la incineración abierta de residuos sólidos, el contenido de materia seca, la fracción de carbono en materia seca y la fracción de carbono fósil en el carbono total se obtuvieron de los valores por defecto de las Directrices 2006 (tabla 2.4 y 2.5, vol. 2, cap. 5). Finalmente, el valor del factor de oxidación se obtuvo de los datos por defecto de las Directrices 2006 (tabla 5.2, vol. 5, cap. 5).

La estimación de las emisiones de CH₄ de la incineración abierta se llevó a cabo mediante la consideración de los FE por defecto de las Directrices 2006 (sección 5.4.2), mientras que la estimación de las emisiones de N₂O se realizó considerando el FE por defecto de las Directrices 2006 (IPCC, 2006e) (tabla 5.6, vol. 5, cap. 5).

7.3.5. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre de los DA (viviendas que queman residuos) se estimó a partir de los valores de error, coeficiente de variación y límites de confianza de las estadísticas de vivienda, y se cuantificó en 3.61%. La incertidumbre de los FE se tomó de las Directrices (IPCC, 2006d) (vol. 5, cap. 5, tablas 3.5): 286.83% para CO₂, y 10% para CH₄ y N₂O. La incertidumbre combinada se estimó en 22,294%.

7.3.6. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC.

7.3.7. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

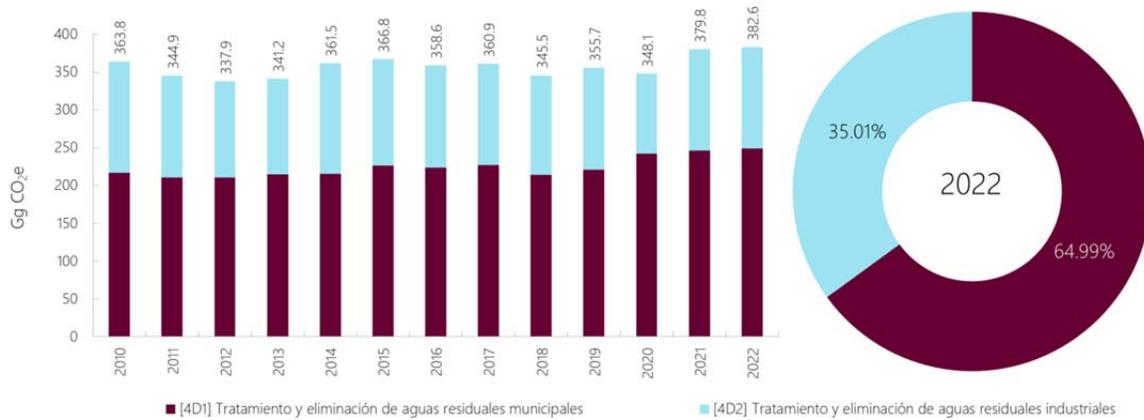
- Explorar la obtención de datos de residuos quemados a cielo abierto en sitios de disposición final.

7.4. Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales [4D]

En esta categoría se estiman las emisiones por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales, la generación de las aguas residuales está directamente relacionada con la población y el desarrollo económico del Estado. Los gases que se estiman en esta categoría son metano (CH₄) debido a la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas y el óxido nitroso (N₂O) asociado a la degradación de los compuestos nitrogenados en las aguas residuales, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) procedentes de las aguas residuales no se consideran en la Directrices del IPCC porque son de origen biogénico y no deben sumarse a las emisiones del inventario.

Durante 2022, las emisiones por el tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas e industriales [4D] contabilizaron 382.60 Gg CO₂e, lo que representa un aumento con una TMCA de 0.42% respecto al año 2010. La evolución de las emisiones a lo largo del periodo se muestra en la Figura 52, donde se puede observar que la categoría de mayor contribución es [4D1] Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas.

Figura 52. Emisiones de [4D] Tratamiento y eliminación de aguas residuales (Gg CO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones de las aguas domésticas tratadas [4D1a] son las de mayor contribución con el 64.46% a las emisiones totales de [4D], seguidas por las emisiones de las aguas industriales sin tratamiento [4D2b] con el 22.11%, en conjunto las aguas residuales tratadas en Durango contribuyen con el 77.35% a las emisiones de [4D].

7.4.1. Metodología

La metodología usada es las descritas en las Directrices 2006 y es completada con algunos elementos del Refinamiento 2019. Se usó Tier 1 mejorado para el cálculo de las emisiones de CH₄ de las PTAR de acuerdo con la disponibilidad de información, siguiendo el árbol de decisión de las Directrices 2006 (cap. 6, vol. 5.).

Las emisiones de esta subcategoría dependen del carbono orgánico degradable que se encuentra presente en las aguas residuales y del factor de emisión de metano. Para Durango se consideraron dos zonas económicas, rurales y urbanas introduciendo el factor de 1.25 para la población urbana y 1 para la población rural.

Para los factores de corrección de metano se utilizaron los datos publicados en el último Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019

(INEGyCEI 1990-2019) (INECC-SEMANAT, 2021), en el cual se indica que se utilizó un juicio de experto para obtener MCF específicos del país dependiendo del tipo de tratamiento.

Para la estimación de las emisiones de N₂O de aguas residuales domésticas se utilizó la metodología del Refinamiento 2019, (ecuaciones 6.7 y 6.9, cap. 6 del vol. 5), bajo el enfoque de nivel 1 (Tier 1), siguiendo el árbol de decisión del Refinamiento 2019 (Figura 6.4 del cap. 6, vol. 5).

7.4.2. Datos de actividad (DA)

Los datos de actividad parten de los caudales tratados en cada una de la PTAR domésticas e industriales, por tipo de tratamiento utilizado (ver Tabla 47). Los datos de demanda bioquímica de oxígeno (DBO (Tabla 48), demanda química de oxígeno (DQO) y caudales no tratados tanto domésticos como industriales, se obtuvieron a partir de la correlación de las aguas tratadas estatales y el PIB estatal (INEGI, 2021b) y la información publicada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2022) a nivel nacional.

Tabla 47. Datos de actividad para la estimación de emisiones en [4D]

Datos de actividad	Fuente	Descripción
Caudal tratado (m ³ /año)	CONAGUA	Información obtenida de reportes anuales 2010-2021
Caudal no tratado ARM (m ³ /año)	(CONAGUA, 2021)	Reportes anuales 2010 al 2021
Caudal no tratado ARI (m ³ /año)	(CONAGUA, 2021)	Reportes anuales 2010 al 2021
% DBO en lodos (sobre DBO removido)	(INECC-SEMARNAT, 2022)	Opinión de experto
Grado de utilización del sistema o tratamiento T _{ij} (%)	Estimación propia con base a (CONAGUA, 2021)	Reportes anuales 2010 al 2021
Población (habitantes)	(CONAPO, 2022)	Población 2010 al 2021
Consumo de proteína per cápita (kg/persona/año)	(FAOSTAT, 2022)	Datos específicos para México 2000 al 2022

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Porcentaje de DBO en lodos por tipo de tratamiento

Tecnología de tratamiento	% DBO en lodos		Consideraciones
	Sobre DBO		
	Alimentada	Removida	
Anaerobio	15%	20%	
Discos biológicos	35%	39%	
Lodos activados	40%	45%	Se considera lodos activados convencional (media-alta carga). No aplicar para PTAR con digestores anaerobios de lodos.
Tanque o fosa sépticos	12%	20%	Asumiendo que los lodos se purgan después de cada uno o dos años
No tratada	0%	0%	No aplica

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 53, se muestra el caudal de las aguas residuales domésticas e industriales tratadas y no tratadas en el Estado de Durango para el periodo de 2010 al 2022.

Figura 53. Volumen de aguas residuales domésticas e industriales tratadas y no tratadas



Fuente: Elaboración propia.

7.4.3. Factores de emisión (FE)

Los parámetros empleados para el cálculo de las emisiones de CH₄ y N₂O se enlistan en la Tabla 49.

Tabla 49. Parámetros empleados en la estimación de emisiones en [4D]

Parámetro	Fuente	Descripción/ubicación
Factor de corrección de metano (MCF)	Refinamiento (IPCC, 2019) y juicio de experto/ (INECC-SEMARNAT, 2022)	Específicos del país considerado para cada uno de los diferentes tipos de tratamientos
Capacidad máxima de producción de metano	Directrices (IPCC, 2006e) / (INECC-SEMARNAT, 2022)	Específicos del país considerado para cada uno de los diferentes tipos de tratamientos
Tratamiento de aguas residuales fracciones de eliminación de nitrógeno (N _{REM}), según tipo de tratamiento	Refinamiento (IPCC, 2019)	
DQO industrias	(CONAGUA, (IPCC, 2006), PIB estatal, (INECC-SEMARNAT, 2022)	
I recolectadas (población urbana y rural)	Directrices (IPCC, 2006e), Refinamiento (IPCC, 2019)	1.25 (población urbana) /1.0 (población rural)
Bo (kgCH ₄ /kgDBO)	Refinamiento (IPCC, 2019)	0.6 kgCH ₄ /kgDBO (debido a que en México no se dispone de datos específicos, se usa el valor más alto recomendado)
Factor de conversión (kgDQO/kgDBO)	Directrices (IPCC, 2006e)	2.4 kgDQO/kgDBO
FNON-CON	Refinamiento (IPCC, 2019)	1.04 para Latinoamérica
FNPR (kgN/kg de proteína)	Directrices (IPCC, 2006e), Refinamiento (IPCC, 2019)	0.16 kgN/kg de proteína

Parámetro	Fuente	Descripción/ubicación
FIND-COM	Directrices (IPCC, 2006e), Refinamiento (IPCC, 2019)	1.25
EF _{EFLUENT} (kg N ₂ O-N/kg N)	Directrices (IPCC, 2006e)	0.005

Fuente: Elaboración propia.

Los factores de corrección de metano (MCF) considerados para determinar los factores de emisión de CH₄ han sido los reportados por defecto en la Directrices de 2006 y para otros casos se utiliza la opinión o juicio de experto reportado en el INEGYCEI 1990-2019 (INECC-SEMARNAT, 2022). (Ver Tabla 50). En la Tabla 51 se presenta la demanda bioquímica de oxígeno (DQO) para el sector industrial.

Tabla 50. MCF específicos del país considerado para cada uno de los diferentes tipos de tratamiento en Durango

Tecnología de tratamiento	MCF	Fuente
Anaerobio	0.8	(IPCC, 2006e)
Discos biológicos o biódiscos	0.06	(Noyola, 2018)
Tanque o fosa sépticos	0.50	(IPCC, 2019e)
Lodos activados (flujos menores a 100 l/s)	0.06	(Noyola, 2018)
No tratada	0.10	(IPCC, 2006e)
Bo=capacidad máxima de producción de metano=0.6 kgCH ₄ /kg DBO; FE=Bo*MCF (kgCH ₄ /kgDBO)		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 51. Parámetros de DQO de las industrias en Durango

Industria	DQO (kg/m ³)	Fuente
Bebidas no alcohólicas	3.3	CONAGUA
Alimenticio	3.3	
Carnes y aves	4.1	

Industria	DQO (kg/m ³)	Fuente
Producción de almidón	10	(IPCC, 2006e)
Producción de lácteos	2.7	
Rastros	8.0	(CIATEJ, 2009)

Fuente: Elaboración propia.

7.4.4. Incertidumbres y coherencia de las series temporales

La incertidumbre de los datos de actividad (DA) y de los factores de emisión (FE) para aguas residuales domésticas e industriales tratadas y no tratadas, provienen de los datos por defecto de las Directrices 2006 (IPCC 2006e), vol. 5, cap. 6, Tablas 6.7 y 6.10.

En el caso de los datos específicos para México (TIER 2), la incertidumbre del factor de emisión se reporta en Noyola et al. (2018). La serie se considera coherente en el tiempo al emplearse la misma metodología.

7.4.5. QA/QC de la categoría y verificación

Esta categoría sigue los principios generales de QA/QC conforme al sistema de gestión de calidad (SGC) Se incluyen las mejoras metodológicas del Refinamiento 2019

De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019, los MCF empleados para la estimación del presente inventario son los más adecuados a las condiciones de operación de las PTAR en México y se utilizan factores de producción de lodos expresados como DBO con base en opinión de experto.

7.4.6. Mejoras previstas específicas de cada categoría

Se planean las siguientes mejoras:

- Mejora de la información sobre los caudales de aguas residuales industriales y sus sistemas de tratamiento.
- Mejora de la información sobre las características fisicoquímicas de los caudales de aguas residuales domésticas e industriales.

8. Carbono Negro (CN)

A continuación, se incluye la descripción metodológica de los cálculos de las emisiones de carbono negro (CN) en las categorías donde se contabiliza.

8.1. Industrias de la energía [1A]

8.1.1. Metodología

Para el cálculo de las emisiones de carbono negro se utilizaron métodos de nivel 1, que estima las emisiones como una fracción de las emisiones de material particulado de $2.5\mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$), derivadas de la quema de combustibles. Los datos de actividad (consumo de combustibles) fueron los mismos utilizados para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Con respecto a los factores de emisión, éstos se tomaron del Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 (INECC-SEMARNAT, 2018), los cuales incluyen factores de emisión de $\text{PM}_{2.5}$ y los porcentajes (share) de relación entre CN y $\text{PM}_{2.5}$, para cada combustible y actividades de uso final de la energía.

Los factores de emisión utilizados correspondieron a los presentados por el INECC en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 (INECC-SEMARNAT, 2018) descritos más adelante. Para el cálculo de las emisiones de $\text{PM}_{2.5}$ y CN se utilizaron las siguientes ecuaciones.

Ecuación 1. Emisiones de $\text{PM}_{2.5}$

$$Emisiones_{\text{PM}_{2.5}} = \Sigma (Combustible_j * FE_{\text{PM}_{2.5}j})$$

Donde:

$Emisiones_{\text{PM}_{2.5}}$ = Emisiones de $\text{PM}_{2.5}$ en (kg)

$Combustible_j$ = Dato de actividad/consumo de combustible tipo j en (TJ)

$FE_{\text{PM}_{2.5}j}$ = Factor de emisión de $\text{PM}_{2.5}$ por tipo de combustible j , (en su caso, por tipo de actividad) (kg/TJ)

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI

Ecuación 59. Emisiones de CN

$$EmisionesCN = \Sigma (Emisiones_{PM_{2.5}} * SH_j)$$

Donde:

EmisionesCN = Emisiones de Carbono Negro en (kg)

EmisionesPM_{2.5} = Emisiones de PM_{2.5} en (kg)

SH_j = Porcentaje = Porcentaje de relación de CN/PM_{2.5} por tipo de combustible y (puede aplicar igualmente por tipo de actividad/sector)

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 INEGYCEI

8.1.2. Elección de los factores de emisión

Los FE y los porcentajes de CN/PM_{2.5} se tomaron del INEGYCEI 1990-2019 (INECC-SEMARNAT, 2022) y a su vez éstos provienen de los perfiles de especiación de la Junta de Recursos del Aire de California.³⁷ En las Tabla 52, Tabla 53, Tabla 54, Tabla 55, Tabla 56, Tabla 57 y Tabla 58, se presentan los parámetros y FE empleados para cada subcategoría y fuente de emisión.

Tabla 52. Factores de emisión de CN para la fuente de emisión [1A1a]

Combustible	FE PM _{2.5} (kg/TJ)	SHARE CN/PM _{2.5}
Gas natural	3.22	20%
Combustóleo	86.74	20%
Diésel	6.46	20%
Gas LP	2.78	7%
Coque de petróleo	22.50	14%
Carbón	8.95	14%
Gas residual	3.22	20%

Fuente: INEGYCEI 1990-2019

Tabla 53. Factores de emisión para las fuentes de emisión [1A1b] y [1A1c]

Combustibles	PM _{2.5} (kg/TJ)	SHARE CN/PM _{2.5}
Gas LP	2.78	7%
Gasolinas	7.38	15%
Querosenos	6.59	20%
Diésel	6.51	20%
Combustóleo	89.24	20%
Gas natural	3.09	20%

Fuente: INEGyCEI 1990-2019

Tabla 54. Factores de emisión para las fuentes de emisión [1A1b] y [1A1c]

Combustible	PM _{2.5} (kg/TJ)
Coque carbón	36.76
Carbón	14.77
Coque de petróleo	36.76
Gas LP	2.77
Diésel	6.57
Combustóleo	87.84
Gas seco	3.21
Bagazo	939.76

Fuente: INEGyCEI 1990-2019

Tabla 55. Porcentaje de relación entre carbono negro y PM_{2.5} para los diferentes sectores industriales

Sector	CN/PM _{2.5}	Dato de actividad*
Industria	5%	Industria de caleras, siderurgia, química
	30%	Combustión de bagazo

*Atmospheric Brown Clouds (ABC). Emission Inventory Manual.

Fuente: INEGyCEI 1990-2019

Tabla 56. Factores de emisión de CN y porcentaje de relación entre CN y PM_{2.5} para las fuentes de emisión [1A3a], [1A3c] y [1A3d]

Combustibles	PM _{2.5} (kg/TJ)	CN/PM _{2.5}
Gasolinas y naftas	7.38	0.15
Turbosina	6.85	0.48
Diésel	6.51	0.264
Gas licuado	2.97	0.252
Gas seco	3.09	0.141
Combustóleo	7.38	0.15

Fuente: INEGyCEI 1990-2019

Tabla 57. Factores de emisión de CN y correlación CN/PM_{2.5} para la fuente de emisión [1A3b]

Combustible	Catalizador	Año	PM _{2.5} (kg/TJ)	CN/PM _{2.5}
Gasolinas y naftas	sin controlar	1990 y ant	7.38	0.15
Gasolinas y naftas	catalizador dos vías	1991 a 1993	7.38	0.15
Gasolina	catalizador tres vías	1994 y post	7.38	0.15
Diésel transporte	todos	todos	74.25	0.69
Diésel agropecuario	todos	todos	193.28	0.6
Gas seco	todos	todos	3.09	0.141
Gas licuado	todos	todos	2.97	0.252

Fuente: INEGyCEI 1990-2019

Tabla 58. Factores de emisión de CN y porcentaje de relación entre carbono negro y PM2.5 para la subcategoría [1A4]

	FE PM _{2.5} (kg/TJ)	FEPM _{2.5} (Gg/PJ)	Share BV PM _{2.5}
[1A4a] Comercial			
Gas licuado	536.36	0.54	7%
Diésel	2.55	0.002	20%
Gas seco	0.80	0.0008	20%
Combustóleo	89.24	0.089	20%
[1A4b] Residencial			
Leña	464.59	0.4646	17%
Gas licuado	536.37	0.5364	7%
Queroseno	2.46	0.0025	20%
Gas seco	0.80	0.0008	20%
[1A4c] Agricultura			
Gas licuado	536.37	0.54	7%
Queroseno	2.46	0.002	20%
Diésel	2.55	0.003	20%

Fuente: INEGyCEI 1990-2019

8.2. Quema de biomasa [3C1]

La quema de biomasa incluye los incendios no provocados, los incendios forestales, la quema prescrita (quema a cielo abierto) y la quema de residuos agrícolas.

Se estimaron en 2022, 1.25 Gg de CN, donde la mayor aportación corresponde a la quema de biomasa en tierras forestales, con el 76% de las emisiones, seguido de las emisiones generadas por quema de biomasa en tierras de cultivo (21%) y en mucha menor proporción las emisiones por quema de biomasa en praderas.

Se estima una tasa de crecimiento de 17% anual; sin embargo, la incidencia de quema de biomasa en tierras forestales y praderas, no siguen un patrón establecido, en comparación con la quema en tierras de cultivo, que está en relación directa con la superficie sembrada.

8.2.1. Metodología

Método de nivel 1. Se tiene un solo factor de emisión por unidad de superficie, superficie quemada y un factor de especiación.

Estimaciones de carbono negro para quema a cielo abierto, nivel 1

Dónde:

E_{CN} = Emisiones de carbono negro

A = Superficie quemada (ha)

$FE_{PM_{2.5}}$ = Factor de emisión de $PM_{2.5}$ por área (ha)

$FS_{CN/PM_{2.5}}$ = Factor de especiación para convertir $PM_{2.5}$ en carbono negro

Método de nivel 2. Tiene factores de emisión basados en la biomasa y características específicas del combustible.

Estimaciones de carbono negro para quema a cielo abierto, nivel 2

Dónde:

E_{CNk} = Emisiones de carbono negro de bioma k

0.45 = Fracción de carbono en el combustible

A_k = Superficie quemada (ha) de bioma k

B_k = Carga de combustible (masa de combustible por superficie de bioma k)

a_k = Fracción de biomasa superficial para bioma k

b_k = Eficiencia de combustión (fracción de combustible quemado para bioma k)

$FE_{PM_{2.5}}$ = Factor de emisión de $PM_{2.5}$ para bioma k (emisiones por masa de carbono en el combustible [kg/kg-C en combustible])

$FS_{CN/PM_{2.5}}$ = Factor de especiación para convertir $PM_{2.5}$ en carbono negro para bioma k

8.2.2. Quema de biomasa [3C1b]

En este caso, se utilizaron los datos establecidos en el estudio realizado por el INECC en 2016: Determinación de factores de emisión de Dióxido de Carbono (CO_2), partículas en suspensión de 2.5 y 10 micras ($PM_{2.5}$ y PM_{10}) y contaminantes de vida corta, Metano (CH_4) y Carbono negro por prácticas de quema agrícola.

En este estudio se describe los procedimientos realizados para obtener los factores de emisión, específicos para México, basados en mediciones obtenidas en simulaciones de condiciones de una quema abierta para las variedades agrícolas cultivadas en el país para alfalfa, algodón, caña de azúcar, cebada, frijol, maíz, sorgo y trigo.

Para obtener la cantidad de materia de residuos agrícolas incinerados, se utiliza la siguiente ecuación:

Biomasa incinerada en campos de residuos agrícolas

Dónde:

r_{ic} = Masa de residuo agrícola incinerado en campo (ton)

P = Producción agrícola del cultivo

R_{cr} = Relación residuo-cultivo

f_{ms} = Fracción de materia seca

f_{dic} = Fracción de cultivo incinerado en campo

f_{ox} = Factor de oxidación (fracción de carbono que no se oxida), valor de 0.90 para residuos agrícolas

Datos de actividad (DA)

Los datos de actividad (número de hectáreas consumidas por incendios forestales y estimación de residuos agrícolas) fueron los mismos utilizados para el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero.

8.2.3. Factores de emisión (FE)

Los factores de emisión obtenidos por el INECC son (Tabla 59):

Tabla 59. Factores de emisión de partículas PM_{2.5}, PM₁₀ y CN para los principales cultivos en México

Quema de residuos	FE PM ₁₀ (g PM ₁₀ /Kg)	FE CN - PM ₁₀ (g CN/kg)	FE PM _{2.5} (g PM _{2.5} /Kg)	FE CN - PM _{2.5} (g CN/kg)	FE g del contaminantes/kg de residuo (EPA) PM _{2.5}
Alfalfa	11.11	0.25	9.98	0.24	23
Algodón	13.37	0.47	8.22	0.41	4.53
Caña de azúcar	1.81	0.37	1.19	0.34	12.95
Cebada	1.77	0.24	1.19	0.22	11
Frijol	2.75	0.19	2.24	0.19	22
Maíz	3.3	0.19	2.7	0.18	12

Quema de residuos	FE PM ₁₀ (g PM ₁₀ /Kg)	FE CN - PM ₁₀ (g CN/kg)	FE PM _{2.5} (g PM _{2.5} /Kg)	FE CN - PM _{2.5} (g CN/kg)	FE g del contaminantes/kg de residuo (EPA) PM _{2.5}
Sorgo	21.56	0.43	11.3	0.29	9
Trigo	4.07	0.35	2.54	0.24	18

Fuente: INECC, 2016.

Mientras que los elementos de residuos cultivos se presentan en la Tabla 60.

Tabla 60. Elementos para calcular la biomasa que se quema en cultivos

Cultivo	Relación residuo-cultivo	Fracción materia seca	Fracción de cultivo incinerado en campo
Alfalfa	0	0.903	0
Algodón	3	0.906	0.2
Caña de azúcar	0.15	0.895	0.72
Cebada	2.3	0.903	0.2
Frijol	1.3	0.919	0.2
Maíz	1.5	0.919	0.2
Sorgo	1.5	0.914	0
Trigo	1.5	0.891	0.2

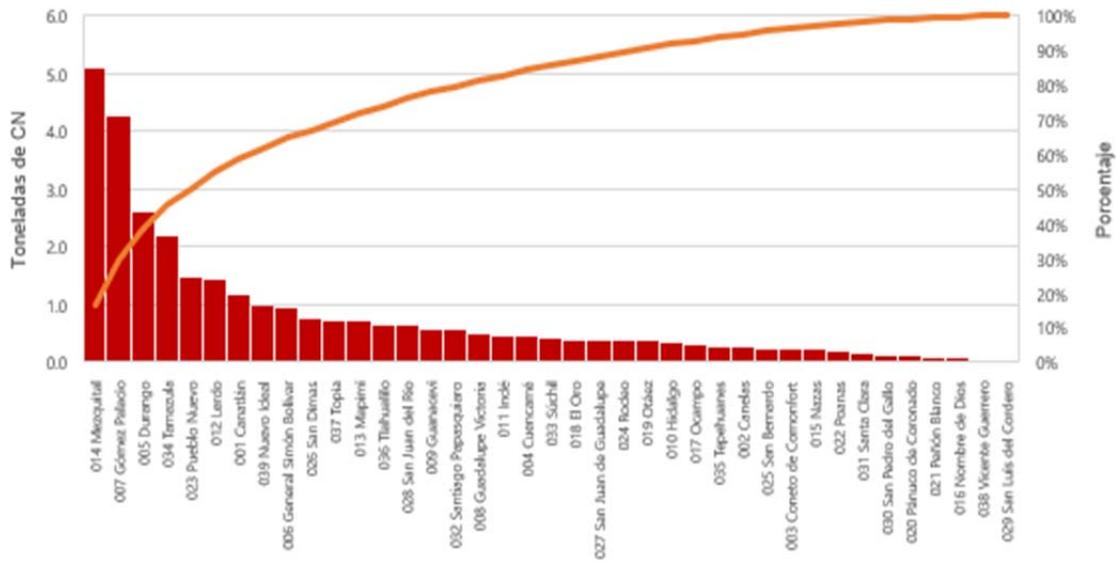
Fuente: INECC, 2016.

8.3. Quema a cielo abierto de residuos sólidos [4C2]

8.3.1. Descripción de la categoría

Las emisiones de carbono negro por la quema abierta de residuos se cuantificaron en 28.53 toneladas y observan una tasa de reducción de 1.1% frente a las emisiones de 2010, cuando se estimaron 32.52 toneladas en 2010. Como se observa en la Figura 54, el 60% de las emisiones corresponden a cinco municipios: Mezquital (18%), Gómez Palacio (15%), Durango (9%), Tamazula (8%), Lerdo y Pueblo Nuevo (5%).

Figura 54. Emisiones de [4C2] Quema a cielo abierto de residuos sólidos por municipio



Fuente: Elaboración propia.

8.3.2. Metodología

Se utilizó el FE de acuerdo con la Ecuación 3 de las Directrices 2006 (vol. 3, cap. 5). Para la cuantificación de estas emisiones sólo se considera la composición de carbono fósil de los residuos quemados a cielo abierto, y se excluyen los residuos de origen biogénico como los residuos de jardinería y alimentos.

8.3.3. Datos de actividad (DA)

Los datos de actividad empleados son la generación per cápita de residuos y el porcentaje de viviendas que queman residuos, obtenidos de los Censos de Población y Vivienda 2010 y 2020, la Encuesta Intercensal 2015 de INEGI, así como el Programa para la Gestión Integral de Residuos del Estado de Durango 2011 e información proporcionada por la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango.

8.3.4. Factores de emisión (FE)

En el caso del carbono negro (CN) se utilizó el FE de acuerdo con la Ecuación 3 de las Directrices 2006 (vol. 3, cap. 5). Para la cuantificación de estas emisiones solo se considera la composición de carbono fósil de los residuos quemados a cielo abierto, y se excluyen los residuos de origen biogénico como los residuos de jardinería y alimentos.

El FE se obtuvo mediante una investigación realizada en México tomando en cuenta las características y circunstancias nacionales (Christian et al., 2010); el resultado fue un FE de 0.646 g CN/t de residuos quemados a cielo abierto.

9. Anexos

9.1. Anexo I: Categorías Clave

Código	Categoría	GEI a evaluar	Emisiones o absorciones del año t (Gg CO ₂ e) $E_{x,t}$	Valor absoluto de emisiones y absorciones del año t (Gg CO ₂ e) $ E_{x,t} $	Evaluación del nivel $L_{x,t}$	Total acumulativo de la evaluación del nivel
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal	CO ₂	-8,793.13	8,793.13	31.71%	31.71%
1A1a	Industrias de la energía. Generación eléctrica	CO ₂	3,313.07	3,313.07	11.95%	43.65%
3A1	Fermentación entérica	CH ₄	2,983.73	2,983.73	10.76%	54.41%
3D1	Productos de madera recolectada	CO ₂	-2,904.27	2,904.27	10.47%	64.89%
1A3b	Transporte terrestre	CO ₂	2,764.05	2,764.05	9.97%	74.85%
3B3a	Praderas que permanecen como tal	CO ₂	-1,323.02	1,323.02	4.77%	79.62%
3B3b	Tierras convertidas en praderas	CO ₂	820.83	820.83	2.96%	82.58%
3C4	Directas N ₂ O por manejo de suelos	N ₂ O	667.07	667.07	2.41%	84.99%
3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo	CO ₂	469.50	469.50	1.69%	86.68%
4A1	Sitios de eliminación de desechos gestionados	CH ₄	322.05	322.05	1.16%	87.84%
3A2	Manejo de excretas	N ₂ O	311.30	311.30	1.12%	88.97%
1A2d	Industria de la pulpa, papel e imprenta	CO ₂	292.51	292.51	1.05%	90.02%
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.	CO ₂	265.84	265.84	0.96%	90.98%
3A2	Manejo de excretas	CH ₄	247.81	247.81	0.89%	91.87%
3C1a	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras forestales	CH ₄	236.80	236.80	0.85%	92.73%
3C5	Indirectas N ₂ O por manejo de suelos	N ₂ O	175.93	175.93	0.63%	93.36%
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	CH ₄	173.24	173.24	0.62%	93.98%
3C6	Indirectas N ₂ O por SME	N ₂ O	151.01	151.01	0.54%	94.53%
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	CH ₄	123.33	123.33	0.44%	94.97%
3C1a	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras forestales	N ₂ O	123.53	123.53	0.45%	95.42%
1A2j	Industria de la Madera	CO ₂	121.59	121.59	0.44%	95.86%
1B2b	Transporte y almacenamiento de gas natural	CH ₄	102.62	102.62	0.37%	96.23%
1A3b	Transporte terrestre	N ₂ O	86.58	86.58	0.31%	96.54%
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	N ₂ O	75.42	75.42	0.27%	96.81%

Código	Categoría	GEI a evaluar	Emisiones o absorciones del año t (Gg CO ₂ e)	Valor absoluto de emisiones y absorciones del año t (Gg CO ₂ e)	Evaluación del nivel	Total acumulativo de la evaluación del nivel
			$E_{x,t}$	$ E_{x,t} $	$L_{x,t}$	
1A2i	Industria de la Minería y cantería	CO ₂	70.26	70.26	0.25%	97.07%
1A4a	Comercial/Institucional	CO ₂	69.44	69.44	0.25%	97.32%
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tal	CO ₂	-61.36	61.36	0.22%	97.54%
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado (comercios y servicios)	HFC	53.65	53.65	0.19%	97.73%
1A4b	Residencial	CO ₂	49.57	49.57	0.18%	97.91%
2C2	Producción de ferroaleaciones	CO ₂	47.76	47.76	0.17%	98.08%
3B4b	Tierras convertidas en humedales	CO ₂	45.28	45.28	0.16%	98.24%
3B1b	Tierras convertidas a tierras forestales	CO ₂	-41.23	41.23	0.15%	98.39%
4A2	Sitios de eliminación de desechos no gestionados	CH ₄	36.32	36.32	0.13%	98.52%
4A3	Sitios de eliminación de desechos no categorizados	CH ₄	32.17	32.17	0.12%	98.64%
3C3	Aplicación de urea	CO ₂	53.98	53.98	0.19%	98.84%
1A2f	Minerales no metálicos	CO ₂	29.99	29.99	0.11%	98.94%
1A4b	Residencial	CH ₄	29.93	29.93	0.11%	99.05%
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	CO ₂	23.54	23.54	0.08%	99.14%
1A2a	Industria del Hierro y acero	CO ₂	22.52	22.52	0.08%	99.22%
1A3a	Aviación civil	CO ₂	22.46	22.46	0.08%	99.30%
1A2b	Industria de metales no ferrosos	CO ₂	18.70	18.70	0.07%	99.37%
4C2	Quema a cielo abierto de residuos	CO ₂	18.31	18.31	0.07%	99.43%
1A2m	Industrias no especificada	CO ₂	17.23	17.23	0.06%	99.49%
1A3b	Transporte terrestre	CH ₄	14.98	14.98	0.05%	99.55%
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	CO ₂	14.86	14.86	0.05%	99.60%
1A2c	Industria de productos químicos	CO ₂	14.74	14.74	0.05%	99.65%
4C2	Quema a cielo abierto de residuos	CH ₄	13.85	13.85	0.05%	99.70%
1A2l	Textiles y cueros	CO ₂	12.79	12.79	0.05%	99.75%
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado (residencial)	HFC	11.56	11.56	0.04%	99.79%
4D3	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	N ₂ O	10.60	10.60	0.04%	99.83%
1A2g	Equipo transporte	CO ₂	6.07	6.07	0.02%	99.85%
1A3c	Ferrocarril	CO ₂	4.31	4.31	0.02%	99.88%

Código	Categoría	GEI a evaluar	Emisiones o absorciones del año t (Gg CO2e) $E_{x,t}$	Valor absoluto de emisiones y absorciones del año t (Gg CO2e) $ E_{x,t} $	Evaluación del nivel $L_{x,t}$	Total acumulativo de la evaluación del nivel
3C1b	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras de cultivo	CH4	3.55	3.55	0.01%	99.87%
1A4b	Residencial	N ₂ O	3.78	3.78	0.01%	99.89%
1A2j	Industria de la Madera	N ₂ O	3.47	3.47	0.01%	99.91%
1A2k	Construcción	CO ₂	3.09	3.09	0.01%	99.92%
4C2	Quema a cielo abierto de residuos	N ₂ O	3.03	3.03	0.01%	99.93%
3C1c	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en pastizales	CH4	2.89	2.89	0.01%	99.94%
1A2j	Industria de la Madera	CH ₄	2.75	2.75	0.01%	99.95%
3C1c	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en pastizales	N ₂ O	2.50	2.50	0.01%	99.96%
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado (sector industrial)	HFC	1.84	1.84	0.01%	99.97%
1A1a	Industrias de la energía. Generación eléctrica	CH ₄	1.61	1.61	0.01%	99.97%
1A1a	Industrias de la energía. Generación eléctrica	N ₂ O	1.54	1.54	0.01%	99.98%
2C2	Producción de ferroaleaciones	CH ₄	1.15	1.15	0.00%	99.98%
3C1b	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras de cultivo	N ₂ O	0.98	0.98	0.00%	99.98%
1A4c	Agropecuario	CO ₂	0.80	0.80	0.00%	99.99%
2C5	Producción de plomo	CH ₄	0.59	0.59	0.00%	99.99%
1A5	Sector no especificado	CO ₂	0.49	0.49	0.00%	99.99%
1A3c	Ferrocarril	N ₂ O	0.45	0.45	0.00%	99.99%
2D1	Uso de lubricantes	CO ₂	0.30	0.30	0.00%	99.99%
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.	N ₂ O	0.29	0.29	0.00%	99.99%
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.	CH ₄	0.19	0.19	0.00%	100.00%
1A4a	Comercial/Institucional	CH ₄	0.18	0.18	0.00%	100.00%
1A3a	Aviación civil	N ₂ O	0.16	0.16	0.00%	100.00%
1A2i	Industria de la Minería y cantería	N ₂ O	0.15	0.15	0.00%	100.00%
1A2d	Industria de la pulpa, papel e imprenta	CH ₄	0.14	0.14	0.00%	100.00%
1A2d	Industria de la pulpa, papel e imprenta	N ₂ O	0.14	0.14	0.00%	100.00%
1B2a	Transporte de gas LP	CO ₂	0.09	0.09	0.00%	100.00%
1A2i	Industria de la Minería y cantería	CH ₄	0.08	0.08	0.00%	100.00%
1B2b	Transporte y almacenamiento de gas natural	CO ₂	0.06	0.06	0.00%	100.00%

Código	Categoría	GEI a evaluar	Emisiones o absorciones del año t (Gg CO2e) $E_{x,t}$	Valor absoluto de emisiones y absorciones del año t (Gg CO2e) $ E_{x,t} $	Evaluación del nivel $L_{x,t}$	Total acumulativo de la evaluación del nivel
1A4a	Comercial/Institucional	N ₂ O	0.06	0.06	0.00%	100.00%
1A2h	Maquinaria	CO ₂	0.03	0.03	0.00%	100.00%
1A2c	Industria de productos químicos	N ₂ O	0.03	0.03	0.00%	100.00%
1A2c	Industria de productos químicos	CH ₄	0.02	0.02	0.00%	100.00%
1A2f	Minerales no metálicos	N ₂ O	0.02	0.02	0.00%	100.00%
1A2k	Construcción	N ₂ O	0.02	0.02	0.00%	100.00%
1A2f	Minerales no metálicos	CH ₄	0.02	0.02	0.00%	100.00%
1A2k	Construcción	CH ₄	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2a	Industria del Hierro y acero	N ₂ O	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2a	Industria del Hierro y acero	CH ₄	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2b	Industria de metales no ferrosos	CH ₄	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2b	Industria de metales no ferrosos	N ₂ O	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2m	Industrias no especificada	CH ₄	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2m	Industrias no especificada	N ₂ O	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A3c	Ferrocarril	CH ₄	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2l	Textiles y cueros	CH ₄	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A2l	Textiles y cueros	N ₂ O	0.01	0.01	0.00%	100.00%
1A3a	Aviación civil	CH ₄	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A2g	Equipo transporte	N ₂ O	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A2g	Equipo transporte	CH ₄	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A5	Sector no especificado	N ₂ O	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A5	Sector no especificado	CH ₄	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A4c	Agropecuario	CH ₄	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A4c	Agropecuario	N ₂ O	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1B2a	Transporte de gas LP	CH ₄	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A2h	Maquinaria	CH ₄	0.00	0.00	0.00%	100.00%
1A2h	Maquinaria	N ₂ O	0.00	0.00	0.00%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

9.2. Anexo II Evaluación de Incertidumbre

Clave	Nivel	Emisiones / absorciones 2022 (Gg)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones en el año 2022	rango	
1	Energía	7,348.99	3.40	7,098.87	7,599.10
1A	Actividades de quema del combustible	7,246.21	3.38	7,001.55	7,490.88
1A1	Industrias de la energía	3,316.22	5.66	3,128.62	3,503.82
1A1a	Producción de electricidad y calor	3,316.22	5.66	3,128.62	3,503.82
1A2	Industrias de la manufactura y la construcción	882.74	2.55	860.26	905.23
1A2a	Hierro y acero	22.54	5.11	21.39	23.69
1A2b	Metales no ferrosos	18.72	5.03	17.78	19.66
1A2c	Sustancias químicas	14.78	3.04	14.33	15.23
1A2d	Pulpa, papel e imprenta	292.79	5.03	278.07	307.51
1A2e	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	266.33	3.61	256.71	275.94
1A2f	Minerales no metálicos	30.02	4.10	28.79	31.25
1A2g	Equipo de transporte	6.08	6.04	5.71	6.44
1A2h	Maquinaria	0.03	5.00	0.03	0.04
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	70.48	3.99	67.67	73.29
1A2j	Madera y productos de la madera	127.80	10.60	114.26	141.35
1A2k	Construcción	3.11	4.76	2.96	3.26
1A2l	Textiles y cueros	12.80	5.08	12.15	13.46
1A2m	Industria no especificada	17.25	4.79	16.42	18.07
1A3	Transporte	2,893.01	5.17	2,743.40	3,042.61
1A3a	Aviación civil	22.63	4.78	21.55	23.71
1A3b	Transporte terrestre	2,865.61	5.22	2,716.01	3,015.21
1A3c	Ferrocarriles	4.76	13.46	4.12	5.41
1A4	Otros sectores	153.75	27.44	111.57	195.93
1A4a	Comercial/Institucional	69.67	3.91	66.94	72.40
1A4b	Residencial	83.28	50.55	41.18	125.38
1A4c	Agricultura/Silvicultura/pesca/piscifactorías	0.80	5.00	0.76	0.84
1A5	Sector no especificado	0.50	0.05	0.50	0.50
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	102.77	50.53	50.84	154.69
1B2	Petróleo y gas natural	102.77	50.53	50.84	154.69
1B2a	Petróleo	0.09	15.05	0.07	0.10
1B2b	Gas natural	102.68	50.57	50.76	154.61
2	Procesos industriales y uso de productos	116.85	69.98	35.08	198.63
2C	Industria de los metales	49.50	24.61	37.32	61.68

Clave	Nivel	Emisiones / absorciones 2022 (Gg)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones en el año 2022	rango	
2C2	Producción de ferroaleaciones	48.90	24.90	36.72	61.08
2C5	Producción de plomo	0.59	22.36	0.46	0.73
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes	0.30	0.10	0.30	0.30
2D1	Uso de lubricantes	0.30	0.10	0.30	0.30
2F	Uso de productos sustitutos de las SAO	67.05	120.60	-13.81	147.91
2F1	Refrigeración y aire acondicionado	67.05	120.60	-13.81	147.91
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado sector residencial	11.56	10.90	10.30	12.82
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado sector comercios y servicios	53.65	120.10	-10.78	118.08
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado sector industrial	1.84	0.89	1.83	1.86
3	ASOUT	-6,821.59	150.58	3,450.20	-17,093.37
3	ASOUT sin 3B, 3D	4,927.42	27.00	3,597.19	6,257.66
3A	Ganado	3,542.85	35.73	2,277.11	4,808.59
3A1	Fermentación entérica	2,983.73	41.57	1,743.53	4,223.94
3A2	Gestión de estiércol	559.11	45.25	306.14	812.09
3B	Tierra	-8,844.73	114.28	1,262.60	-18,952.07
3B1	Tierras forestales	-8,834.36	76.46	-2,079.69	-15,589.03
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tal	-8,793.13	76.46	-2,070.01	-15,516.25
3B1b	Tierras convertidas a tierras forestales	-41.23	0.20	-41.14	-41.31
3B2	Tierras de cultivo	408.14	109.10	-37.13	853.41
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tal	-61.36	-4.16	-63.92	-58.81
3B2b	Tierras convertidas a tierras de cultivo	469.50	109.02	-42.34	981.35
3B3	Praderas	-502.19	1,714.76	8,109.14	-9,113.52
3B3a	Praderas que permanecen como tal	-1,323.02	1,713.79	21,350.68	-23,996.71
3B3b	Tierras convertidas a praderas	820.83	-57.67	1,294.16	347.49
3B4	Humedales	45.28	67.68	14.63	75.92
3B4b	Tierras convertidas en humedales	45.28	67.68	14.63	75.92
3B5	Asentamiento	23.54	51.31	11.46	35.62
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	23.54	51.31	11.46	35.62
3B6	Otras tierras	14.86	56.06	6.53	23.19
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	14.86	56.06	6.53	23.19
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ de la tierra, no incluye 3C1	1,384.58	29.55	975.40	1,793.76
3C1	Emisiones de GEI por quema de biomasa	370.25	76.85	85.70	654.79

Clave	Nivel	Emisiones / absorciones 2022 (Gg)	Incertidumbre combinada como % del total de emisiones en el año 2022	rango	
3C1a	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras forestales	360.33	78.95	75.86	644.79
3C1b	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en tierras de cultivo	4.54	139.13	-1.78	10.85
3C1c	Emisiones de GEI por quemado de biomasa en Praderas	5.38	43.81	3.03	7.74
3C3	Aplicación de Urea	53.98	86.07	7.52	100.44
3C4	Emisiones directas de N ₂ O de los suelos gestionados	633.41	40.58	376.38	890.45
3C5	Emisiones indirectas de N ₂ O de suelos gestionados	175.93	62.19	66.52	285.34
3C6	Emisiones Indirectas de N ₂ O por SME	151.01	52.42	71.85	230.17
3D	Otros	-2,904.27	43.30	-1,646.60	-4,161.94
3D1	Productos de madera recolectada	-2,904.27	43.30	-1,646.60	-4,161.94
4	Residuos	808.33	77.58	186.81	1,429.86
4A	Eliminación de residuos sólidos	390.54	37.51	244.06	537.02
4A1	Sitios de eliminación de desechos gestionados	322.05	36.97	202.98	441.13
4A2	Sitios de eliminación de desechos no gestionados	36.32	4.35		
4A3	Sitios de eliminación de desechos no categorizados	32.17	4.57		
4C	Incineración y quema a cielo abierto de residuos	35.19	12.20	32.90	37.48
4C2	Incineración a cielo abierto de residuos	35.19	12.20	32.90	37.48
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	382.60	157.27	-219.13	984.33
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	248.67	228.98	-320.73	818.06
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	133.94	145.29	-60.67	328.54
Inventario (emisiones netas)		1,452.59	708.69	-8,841.69	11,746.86
Inventario (emisiones sin 3B, 3D)		13,201.59	11.32	11,707.59	14,695.59

Fuente: Elaboración propia.

9.3. Anexo III Fuentes estimadas y no estimadas

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
1	ENERGÍA	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A	Actividades de quema de combustible	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1	Industrias de la energía	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1a	Producción de electricidad y calor como actividad principal	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1ai	Generación de electricidad	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1aii	Generación combinada de calor y energía (CHP)	No Ocurre	-
1A1aiii	Plantas generadoras de energía	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1b	Refinación del petróleo	No Ocurre	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1c	Fabricación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas	No Ocurre	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1ci	Manufactura de combustibles sólidos	No Ocurre	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A1cii	Otras industrias de la energía	No Ocurre	-
1A2	Industrias manufactureras y de la construcción	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2a	Hierro y acero	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2b	Metales no ferrosos	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2c	Productos químicos	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2d	Pulpa, papel e imprenta	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2e	Procesamiento de los alimentos, bebida y tabaco	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2f	Minerales no metálicos	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2g	Equipo de transporte	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2h	Maquinaria	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2i	Minería (con excepción de combustibles) y cantería	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2j	Madera y productos de madera	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2k	Construcción	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A2l	Textiles y cuero	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
1A2m	Industria no especificada: manufacturas	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3	Transporte	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3a	Aviación civil	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3ai	Aviación internacional (Tanques de combustible internacional)	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3aii	Aviación de cabotaje	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3b	Transporte terrestre	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bi	Automóviles	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bi1	Automóviles de pasajeros con catalizadores tridireccionales	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bi2	Automóviles de pasajeros sin catalizadores tridireccionales	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bii	Camiones para servicio ligero	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bii1	Camiones para servicio ligero con catalizadores tridireccionales	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bii2	Camiones para servicio ligero sin catalizadores tridireccionales	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3biii	Camiones para servicio pesado y autobuses	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3biv	Motocicletas	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bv	Emisiones por evaporación procedentes de vehículos	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3bvi	Catalizadores basados en urea	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3c	Ferrocarriles	Estimada	CO2, CH4, N2O
1A3d	Navegación marítima y fluvial	No Ocurre	
1A3di	Navegación marítima y fluvial internacional (Tanques de combustible internacional)	No Ocurre	-
1A3dii	Navegación marítima y fluvial nacional	No Ocurre	-
1A3e	Otro tipo de transporte	No Ocurre	-
1A3ei	Transporte por gasoductos	No Ocurre	-
1A3eii	Todo terreno	No Ocurre	-
1A4	Otros sectores	Estimada	

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
1A4a	Comercial/Institucional	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A4b	Residencial	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A4c	Agricultura/Silvicultura/Pesca/Piscifactorías	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A4ci	Estacionario	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A4cii	Vehículos todo terreno y otra maquinaria	No Estimada	-
1A4ciii	Pesca (combustión móvil)	No Estimada	-
1A5	No especificado	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A5a	Estacionario	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1A5b	Móvil	No Estimada	-
1A5bi	Móviles (componente de aviación)	No Estimada	-
1A5bii	Móviles (componente de navegación marítima y fluvial)	No Estimada	-
1A5biii	Móviles (otros)	No Estimada	-
1A5c	Operaciones multilaterales	No Estimada	-
1B	Emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustibles	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
1B1	Combustibles sólidos	No Ocurre	-
1B1a	Minería carbonífera y manejo del carbón	No Ocurre	-
1B1ai	Minas subterráneas	No Ocurre	-
1B1ai1	Minería	No Ocurre	-
1B1ai2	Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	No Ocurre	-
1B1ai3	Minas subterráneas abandonadas	No Ocurre	-
1B1ai4	Quema en antorcha de metano drenado o conversión de metano en CO ₂	No Ocurre	-
1B1aii	Minas de superficie	No Ocurre	-
1B1aii1	Minería	No Ocurre	-
1B1aii2	Emisiones de gas de carbono posteriores a la minería	No Ocurre	-
1B1b	Combustión no controlada y vertederos para quema de	No Ocurre	-

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
	carbón		
1B1c	Transformación de combustibles sólidos	No Ocurre	-
1B2	Petróleo y gas natural	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2a	Petróleo	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2ai	Venteo	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2aii	Quema en antorcha	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2aiii	Todos los demás	No Estimada	
1B2aiii1	Exploración	No Estimada	
1B2aiii2	Producción y refinación	No Estimada	
1B2aiii3	Transporte	No Estimada	
1B2aiii4	Refinación	No Estimada	
1B2aiii5	Distribución de los productos del petróleo	No Estimada	
1B2aiii6	Otros	No Estimada	-
1B2b	Gas natural	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2bi	Venteo	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2bii	Quema en antorcha	Estimada	CO2, CH4, N2O
1B2biii	Todos los demás	No Ocurre	
1B2biii1	Exploración	No Estimada	
1B2biii2	Producción	No Estimada	
1B2biii3	Procesamiento	No Estimada	
1B2biii4	Transmisión y almacenamiento	No Estimada	
1B2biii5	Distribución	No Estimada	
1B2biii6	Otros (fuga)	No Estimada	
1B3	Otras emisiones provenientes de la producción de energía	No Ocurre	
1C	Transporte y almacenamiento de dióxido de carbono	No Ocurre	
1C1	Transporte de CO2	No Ocurre	

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
1C1a	Gasoductos	No Ocurre	
1C1b	Embarcaciones	No Ocurre	-
1C1c	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
1C2	Inyección y almacenamiento	No Ocurre	-
1C2a	Inyección	No Ocurre	-
1C2b	Almacenamiento	No Ocurre	-
1C3	Otros	No Ocurre	-
2	PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	Estimada	CO ₂ , HFE, HFC, HCFC, CFC, PFC, SF ₆
2A	Industria de los minerales	No estimada	
2A1	Producción de cemento	No estimada	
2A2	Producción de cal	No estimada	
2A3	Producción de vidrio	No estimada	
2A4	Otros usos de carbonatos en los procesos	No Ocurre	-
2A4a	Cerámicas	No Ocurre	-
2A4b	Otros usos de la ceniza de sosa	No Ocurre	-
2A4c	Producción de magnesia no metalúrgica	No Ocurre	-
2A4d	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
2A5	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
2B	Industria química	No Estimada	
2B1	Producción de amoníaco	No Ocurre	
2B2	Producción de ácido nítrico	No Ocurre	
2B3	Producción de ácido adípico	No Ocurre	-
2B4	Producción de caprolactama, glyoxal y ácido glyoxílico	No Ocurre	-
2B5	Producción de carburo	No Ocurre	-
2B6	Producción de dióxido de titanio	No Ocurre	-

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
2B7	Producción de ceniza de sosa	No Ocurre	-
2B8	Producción petroquímica y de negro de humo	No Estimada	
2B8a	Metanol	No Ocurre	-
2B8b	Etileno	No Ocurre	-
2B8c	Dicloruro de etileno y monómero de cloruro de vinilo	No Ocurre	-
2B8d	Óxido de etileno	No Ocurre	-
2B8e	Acrilonitrilo	No Ocurre	-
2B8f	Negro de humo	No Ocurre	-
2B9	Producción fluoroquímica	No Ocurre	-
2B9a	Emisiones de productos derivados	No Ocurre	-
2B9b	Emisiones fugitivas	No Ocurre	-
2B10	Otros (Producción de químicos básicos inorgánicos)	No Ocurre	-
2C	Industria de los metales	Estimada	CO2
2C1	Producción de hierro y acero	No Estimada	
2C2	Producción de ferroaleaciones	Estimada	CO2
2C3	Producción de aluminio	No Ocurre	-
2C4	Producción de magnesio	No Ocurre	-
2C5	Producción de plomo	Estimada	CO2
2C6	Producción de zinc	No Ocurre	-
2C7	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
2D	Uso de productos no energéticos de combustibles y de solvente	Estimada	CO2
2D1	Uso de lubricante	Estimada	CO2
2D2	Uso de la cera de parafina	No Estimada	-
2D3	Uso de solvente	No Estimada	-
2D4	Otros (sírvase especificar)	No Estimada	-

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
2E	Industria electrónica	No Ocurre	-
2E1	Circuito integrado o semiconductor	No Ocurre	-
2E2	Pantalla plana tipo TFT	No Ocurre	-
2E3	Productos fotovoltaicos	No Ocurre	-
2E4	Fluido de transporte y transferencia térmica	No Ocurre	-
2E5	Otros	No Ocurre	-
2F	Usos de productos como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono	Estimada	HFE, HFC, HCFC, CFC, PFC, SF6
2F1	Refrigeración y aire acondicionado	Estimada	HFE, HFC, HCFC, CFC, PFC, SF6
2F1a	Refrigeración y aire acondicionado estacionario	Estimada	HFE, HFC, HCFC, CFC, PFC, SF6
2F1b	Aire acondicionado móvil	No Estimada	-
2F2	Agentes espumantes	No Estimada	-
2F3	Productos contra incendios	No Estimada	-
2F4	Aerosoles	No Estimada	-
2F5	Solventes	No Estimada	-
2F6	Otras aplicaciones (sírvase especificar)	No Estimada	-
2G	Manufactura y utilización de otros productos	No Estimada	-
2G1	Equipos eléctricos	No Ocurre	-
2G1a	Manufactura de equipos eléctricos	No Ocurre	-
2G1b	Uso de equipos eléctricos	No Estimada	-
2G1c	Eliminación de equipos eléctricos	No Estimada	-
2G2	SF6 y PFC del uso de otros productos	No Estimada	-
2G2a	Aplicaciones militares	No Estimada	-
2G2b	Aceleradores	No Estimada	-
2G2c	Otros (sírvase especificar): Aislante térmico	No Estimada	-

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
2G3	N ₂ O del uso de productos	No Ocurre	-
2G3a	Aplicaciones médicas	No Ocurre	-
2G3b	Propulsor para productos presurizados y aerosoles	No Ocurre	-
2G3c	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
2G4	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
2H	Otros	No Estimada	-
2H1	Industria de la pulpa y del papel	No Estimada	-
2H2	Industria de la alimentación y la bebida	No Estimada	-
2H3	Otros	No Estimada	-
3	AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	Estimada	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
3A	Ganado	Estimada	CH ₄ y N ₂ O
3A1	Fermentación entérica	Estimada	CH ₄
3A1a	Ganado	Estimada	CH ₄
3A1ai	Vacas lecheras	Estimada	CH ₄
3A1aii	Otro ganado	No Estimada	-
3A1b	Búfalos	No Estimada	-
3A1c	Ovejas	Estimada	CH ₄
3A1d	Cabras	Estimada	CH ₄
3A1e	Camellos	No Estimada	-
3A1f	Caballos	No Estimada	-
3A1g	Mulas y asnos	No Estimada	-
3A1h	Cerdos	Estimada	CH ₄
3A1j	Otros (Ave carne/huevo y Guajolotes)	Estimada	CH ₄
3A2	Manejo de excretas	Estimada	CH ₄ y N ₂ O
3A2a	Ganado	Estimada	CH ₄ y N ₂ O

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
3A2ai	Vacas lecheras	Estimada	CH4 y N2O
3A2aii	Otro ganado	No Estimada	-
3A2b	Búfalos	No Estimada	-
3A2c	Ovejas	Estimada	CH4 y N2O
3A2d	Cabras	Estimada	CH4 y N2O
3A2e	Camellos	No Estimada	-
3A2f	Caballos	No Estimada	-
3A2g	Mulas y asnos	No Estimada	-
3A2h	Cerdos	Estimada	CH4 y N2O
3A2i	Aves de corral	Estimada	CH4 y N2O
3A2j	Otros (sírvese especificar)	Estimada	CH4 y N2O
3B	Tierra	Estimada	CO2
3B1	Tierras forestales	Estimada	CO2
3B1a	Tierras forestales que permanecen como tales	Estimada	CO2
3B1b	Tierras convertidas en tierras forestales	Estimada	CO2
3B1bi	Tierras de cultivo convertidas en tierras forestales	Estimada	CO2
3B1bii	Praderas convertidas en tierras forestales	Estimada	CO2
3B1biii	Humedales convertidos en tierras forestales	Estimada	CO2
3B1biv	Asentamientos convertidos en tierras forestales	No ocurre	-
3B1bv	Otras tierras convertidas en tierras forestales	Estimada	CO2
3B2	Tierras de cultivo	No Ocurre	-
3B2a	Tierras de cultivo que permanecen como tales	Estimada	CO2
3B2b	Tierras convertidas en tierras de cultivo	Estimada	CO2
3B2bi	Tierras forestales convertidas en tierras de cultivo	Estimada	CO2
3B2bii	Praderas convertidas en tierras de cultivo	Estimada	CO2
3B2biii	Humedales convertidos en tierras de cultivo	Estimada	CO2

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
3B2biv	Asentamientos convertidos en tierras de cultivo	No Ocurre	-
3B2bv	Otras tierras convertidas en tierras de cultivo	No Estimada	-
3B3	Praderas	Estimada	CO2
3B3a	Praderas que permanecen como tales	Estimada	CO2
3B3b	Tierras convertidas en praderas	Estimada	CO2
3B3bi	Tierras forestales convertidas en praderas	Estimada	CO2
3B3bii	Tierras de cultivo convertidas en praderas	Estimada	CO2
3B3biii	Humedales convertidos en praderas	Estimada	CO2
3B3biv	Asentamientos convertidos en praderas	Estimada	CO2
3B3bv	Otras tierras convertidas en praderas	Estimada	CO2
3B4	Humedales	Estimada	CO2
3B4a	Humedales que permanecen como tales	No Estimada	-
3B4ai	Bonales que permanecen como tales	No Estimada	-
3B4aii	Tierras inundadas que permanecen como tales	No Estimada	-
3B4b	Tierras convertidas en humedales	Estimada	CO2
3B4bi	Tierras convertidas para la extracción de turba	No Estimada	-
3B4biii	Tierras convertidas en tierras inundadas	No Estimada	-
3B4biii	Tierras convertidas en otros humedales	Estimada	CO2
3B5	Asentamientos	Estimada	CO2
3B5a	Asentamientos que permanecen como tales	No Estimada	-
3B5b	Tierras convertidas en asentamientos	Estimada	CO2
3B5bi	Tierras forestales convertidas en asentamientos	Estimada	CO2
3B5bii	Tierras de cultivo convertidas en asentamientos	No Estimada	-
3B5biii	Praderas convertidas en asentamientos	Estimada	CO2
3B5biv	Humedales convertidos en asentamientos	No ocurre	-
3B5bv	Otras tierras convertidas en asentamientos	No ocurre	-

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
3B6	Otras tierras	Estimada	CO2
3B6a	Otra tierra que permanece como tal	No Estimada	-
3B6b	Tierras convertidas en otras tierras	Estimada	CO2
3B6bi	Tierras forestales convertidas en otras tierras	Estimada	CO2
3B6bii	Tierras de cultivo convertidas en otras tierras	No Estimada	-
3B6biii	Pastizales convertidos en otras tierras	Estimada	CO2
3B6biv	Humedales convertidos en otras tierras	No Ocurre	-
3B6bv	Asentamientos convertidos en otras tierras	No Ocurre	-
3C	Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO2 en la tierra	Estimada	CH4 y N2O
3C1	Emisiones de la quema de biomasa	Estimada	CH4 y N2O
3C1a	Quemado de biomasa en tierras forestales	Estimada	CH4 y N2O
3C1b	Quemado de biomasa en tierras de cultivo	Estimada	CH4 y N2O
3C1c	Quemado de biomasa en pastizales	Estimada	CH4 y N2O
3C1d	Quemado de biomasa en todas las otras tierras	No Estimada	-
3C2	Encalado	No ocurre*	-
3C3	Aplicación de urea	Estimada	CO2
3C4	Emisiones directas de N2O de los suelos gestionados	Estimada	N2O
3C5	Emisiones indirectas de N2O de los suelos gestionados	Estimada	N2O
3C6	Emisiones indirectas de N2O resultantes de la gestión del estiércol	Estimada	N2O
3C7	Cultivo del arroz	No ocurre	-
3C8	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
3D	Otros	Estimada	CO2
3D1	Productos de madera recolectada	Estimada	CO2
3D2	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-
4	DESECHOS	Estimada	CH4, CO2, N2O

Código del IPCC	Nombre de la categoría	Estatus	Gases
4A	Eliminación de desechos sólidos	Estimada	CH4
4A1	Sitios de eliminación de desechos gestionados	Estimada	CH4
4A2	Sitios de eliminación de desechos no gestionados	Estimada	CH4
4A3	Sitios de eliminación de desechos no categorizados	Estimada	CH4
4B	Tratamiento biológico de los desechos sólidos	No Estimada	
4C	Incineración y quema abierta de desechos	Estimada	CO2, CH4, N2O
4C1	Incineración de desechos	No Estimada	
4C2	Quema abierta de desechos	Estimada	CO2, CH4, N2O
4D	Tratamiento y eliminación de aguas residuales	Estimada	CH4, N2O
4D1	Tratamiento y eliminación de aguas residuales domésticas	Estimada	CH4, N2O
4D2	Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	Estimada	CH4, N2O
4E	Otros (sírvase especificar)	No Estimada	-
5	OTROS	No Ocurre	-
5A	Emisiones indirectas de N2O de la deposición atmosférica de nitrógeno en NOx y NH3	No Ocurre	-
5B	Otros (sírvase especificar)	No Ocurre	-

*no ocurre en 2022

Fuente: Elaboración propia.

9.4. Anexo IV: Compuestos, unidades, siglas y acrónimos

Tabla 61. Compuestos

Compuesto	Descripción
C	Carbono
CFC	Clorofluorocarbonos
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
HFC	Hidrofluorocarbonos
N ₂ O	Óxido nitroso
NO _x	Óxidos de nitrógeno
PCF	Perfluorocarbonos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 62. Unidades

Símbolo o abreviatura	Significado
bpe	Barriles de petróleo equivalente
°C	Grado centígrado
G	Gramo
Gg	Gigagramo = 10 ⁹ gramos
h	Hora
ha	Hectárea
hab.	Habitante

Símbolo o abreviatura	Significado
J	Joule
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km ²	Kilómetro cuadrado
l	Litro
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
mb	Miles de barriles
mbp	Miles de barriles de petróleo
mbpce	Miles de barriles de petróleo crudo equivalente
mmbpce	Millones de barriles de petróleo crudo equivalente
mmmpc	Miles de millones de pies cúbicos
PJ	Petajoule = 10 ¹⁵ joules
PM _{2.5}	Material Particulado de 2.5 micrómetros o menos
TJ	Terajoule = 10 ¹² joules
ton, t	Tonelada (1,000 ton = 1Gg)
W	Watt
Wh	Watt hora

Fuente: Elaboración propia.

10. Acrónimos

ASA	Aeropuertos y Servicios Auxiliares
ASOUT	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra
AEA	Agencia Europea de Medio Ambiente
ARD	Aguas Residuales Domésticas
ARI	Aguas Residuales Industriales
CAED	Comisión del Agua del Estado de Durango
CAMIMEX	Cámara Minera de México
CENEGAS	Centro Nacional de Control de Gas
CFC	Clorofluorocarbonos
CH ₄	Metano
CO ₂	Dióxido de carbono
COA	Cedula de Operación Anual
CN	Carbono negro
CDA	Cédulas de Desempeño Ambiental
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONAPO	Consejo Nacional de Población
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DGAC	Dirección General de Aeronáutica Civil
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EEA	Agencia Europea de Medio Ambiente

EMEP	Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación
FE	Factor de Emisión
Gg	Gigagramo
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GIZ	Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional
Gg	Gigagramo
HCFC	Hidroclorofluorocarbonos
HFC	Hidrofluorocarbonos
IEGYCEI	Inventario de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
IEEGYCEI	Inventario Estatal de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
INEGYCEI	Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero
IMP	Instituto Mexicano del Petróleo
IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
Kg	Kilogramo
l	Litro
MM	Millones
N	Nitrógeno
N ₂	Dinitrógeno
N ₂ O	Óxido nitroso

NH ₃	Amoniaco
NH ₄	Amonio
NO _x	Óxido de nitrógeno
NO ₃	Nitrato
PCN	Poder calorífico neto
PEME	Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación
PIUP	Procesos Industriales y Uso de Productos
PM _{2.5}	Material Particulado de 2.5 micrómetros o menos
PTAR	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas
PTARI	Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SAF	Secretaría de Administración y Finanzas
SAGDR	Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural del Estado de Durango
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transporte
SDF	Sitios de Disposición Final
SEDECO	Servicio para el Desarrollo y la Construcción
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEDUMA	Secretaría de Desarrollo Urbano y Medio Ambiente
SEFOET	Secretaría de Fomento Económico y Trabajo
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SGM	Servicio Geológico Mexicano

SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SIE	Sistema de información Energética
SMN	Servicio Meteorológico Nacional
SRNMA	Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango
TMCA	Tasa Media de Crecimiento Anual
TEUS	Unidad de medida, equivalente a 20 pies
TJ	Terajoule
USCUSS	Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura

11. Referencias y literatura citada

Aldana A. D., Enríquez D. M., Elías V. Cooperación en el Caribe ante el sargazo (2020). *Ciencia. México ante el sargazo*, 71(4), 62-71. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/71_4/PDF/71-4_SARGAZO_RED.pdf

Andreae, M.O. & Merlet P. (2001). Emissions of trace gases and aerosols from biomass burning Global. *Biogeochemical Cycles*, 15(4). 955-966. [En línea] Disponible en: [Emission of trace gases and aerosols from biomass burning - Andreae - 2001 - Global Biogeochemical Cycles - Wiley Online Library](#)

ANIQ (2019). *Concentración de las Empresas de la Industria Química*. [En línea] Disponible en: <https://aniq.org.mx/anuario/2019/Capitulo2/concentracionEmpresas.html>

Bracho, R. et al. (2021). Evaluación energética de la península de Yucatán: Vías para un sistema energético limpio y sustentable. Golden, CO: Laboratorio Nacional de Energía Renovable. NREL/TP-7A40-81142. [En línea] Recuperado de: <https://www.nrel.gov/docs/fy21osti/81142.pdf> [Último acceso: Junio 2022].

BSM (2022). *Responsabilidad ambiental*. [En línea] Recuperado de: https://www.bsm.com.mx/resp_ambiental.html

Burgos, I.D. & Castro, A. (2010) Degradación anaerobia de los desechos sólidos de un rastro municipal del Estado de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

CEMEX (2022). *Canteras de Agregados*. [En línea] Disponible en: <https://www.cemexmexico.com/productos/agregados/plantas-y-oficinas>

CENACE. Demanda del Sistema Eléctrico Nacional [En línea] Recuperado de: [Demanda Regional \(cenace.gob.mx\)](#)

CENAGAS (2021). Cuarto de datos. Inyecciones y extracciones históricas. s.l.: s.n.

CMM (2015). Hacia una Estrategia Nacional de Eficiencia Energética para las Edificaciones de Hoteles y Restaurantes. [En línea] Recuperado de: <https://www.gob.mx/sectur/acciones-y-programas/ordenamiento-turistico-sustentable>

CONAFOR (2017). Iniciativa de Reducción de Emisiones (IRE) de México. Comisión Nacional Forestal. México. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/iniciativa-de-reduccion-de-emisiones>

CONAFOR (2020a) Informes de históricos de Incendios Forestales 1995 al 2015. Disponible en: [Incendios Forestales | Comisión Nacional Forestal | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](#)

CONAFOR (2020b) Informes de históricos de Incendios Forestales 2019 al 2023. Disponible en: [Reporte semanal de incendios 2023 | Comisión Nacional Forestal | Gobierno | gob.mx](https://www.gob.mx/Reporte_semanal_de_incendios_2023) (www.gob.mx)

CONAPO (2022). Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050 Recuperado de: [Datos Abiertos de México - Proyecciones de la Población de México y de las Entidades Federativas, 2016-2050](https://datos.gob.mx/Datos/Proyecciones-de-la-Poblacion-de-Mexico-y-de-las-Entidades-Federativas-2016-2050)

CONAFOR (2020). Conjunto de datos espaciales de localización de los cambios de cobertura del suelo de los periodos 2000-2003, 2003-2011, 2011-2014, y 2014-2016 para el Estado de Durango.

CONAFOR (2022). Conjunto de datos espaciales de localización de los cambios de cobertura del suelo para el periodo 2016-2020 del Estado de Durango.

CONAGUA (2019) Reporte del Clima en México. Reporte anual

CONUEE/ CRE/ GTZ (2009). *Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial en México*, México, D.F.: CONUEE/ CRE/ GTZ.

CRE (2022). *Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. [En línea] Recuperado de: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/centrales-electricas-de-generacion-distribuida>

EIA (2015). 2012 Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS). [En línea] Recuperado de: <https://www.eia.gov/consumption/commercial/data/2012/index.php?view=characteristics>

FAO (2002) Captura de carbono en los suelos para mejorar manejo de la tierra. Informe sobre recursos mundiales de suelo No. 96. Recuperado de: [Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra - Google Libros](https://books.google.com/books?id=96)

FAOSTAT 2022. Indicadores específicos de México. Recuperado de: [FAOSTAT](https://www.fao.org/faostat)

GIZ (2014). *Consumption & emission inventory of fluorinated greenhouse gases (CFC, HCFC and HFC) in Mexico*, Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Gobierno de la República (2015). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. [En línea] Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf

Gobierno de México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2022). México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019. Publicado por: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). Primera edición: 2022. Recuperado de:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737226/156_2022_INEGYCEI_1990-2019_NIR.pdf

Gray, Bisonó, Rojas, Veroneau y Slocum (2021). Caribbean-Wide, Negative Emissions Solution to Sargassum spp. Low-Cost Collection Device and Sustainable Disposal Method, *Phycology*, (1)4, 49-75 Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2673-9410/1/1/4>

Huerta, A., & Olea R. (2011) Instrumentos de la política ambiental de importancia para la porcicultura mexicana. Factibilidad y alternativas relevantes para su cumplimiento en el marco de las estrategias en materia de cambio climático, Universidad Nacional Autónoma de México.

IFADATA (2022). International Fertilizer Industry Association [Database] Disponible en: [IFADATA \(fertilizer.org\)](http://IFADATA(fertilizer.org))

INECC (2018a). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015. Anexos, Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

INECC (2020). Mapa de ruta tecnológica y potencial de mitigación del almacenamiento de energía a escala de servicios en México. Apéndice. 4. Potencial de tecnologías de almacenamiento de energía en México. Apéndice 4.1, Peninsular. [En línea] Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/590037/18_D4_Apendice_4.1_Estudio_de_Caso_Peninsular_ESPANOL_CGMCC.pdf [Último acceso: Mayo 2022].

INECC-IMP (2014). *Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México*, Ciudad de México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Disponible en: [Factores de emisión para los diferentes tipos de combustible fósiles que se consumen en México | Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](http://Factores_de_emisión_para_los_diferentes_tipos_de_combustible_fósiles_que_se_consumen_en_México_|_Instituto_Nacional_de_Ecología_y_Cambio_Climático_|_Gobierno_|_gob.mx_(www.gob.mx))

INECC-SEMARNAT (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2015 Instituto Nacional de Ecología Cambio Climático

INECC-SEMARNAT (2022). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero 1990-2019 Instituto Nacional de Ecología Cambio Climático

INEGI (2011). Censo de Población y Vivienda 2010. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2012). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2011. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2019). Censo Nacional de Gobiernos Municipales y Delegacionales 2018. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2014). La industria química en México 2013. Serie estadísticas sectoriales. [En línea] Recuperado de:

https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/sociodemografico/Quimica/2013/702825060503.pdf [Último acceso: Mayo 2022].

INEGI (2015). Encuesta Intercensal 2015. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2019). *Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018*. [En línea] Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/> [Último acceso: 2019].

INEGI (2021). Censo de Población y Vivienda 2020. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI (2022). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*. [En línea] Recuperado de: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>

INIFAP (2021) Agendas tecnológicas: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Recuperado de: [Agendas Tecnológicas | Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | Gobierno | gob.mx \(www.gob.mx\)](https://www.gob.mx/agendas-tecnologicas)

IPCC (2006a). *Volume 1, Chapter 5: Time series consistency. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía, L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.

IPCC (2006b). *Volume 2. Energy. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía, L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.

IPCC (2006c). *Volume 3. Industrial Processes and Product Use. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía, L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.

IPCC (2006d). *Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía, L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.

IPCC (2006e). *Volume 5. Waste. In 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Japan: Institute for Global Environmental Strategies. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendía, L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K.

IPCC (2019). *2019 Refinement to the 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. [En línea]. IPCC, Switzerland. Calvo Buendia, E., Tanabe, K., Kranjc, A., Baasansuren, J., Fukuda, M., Ngarize, S., Osako, A., Pyrozhenko, Y., Shermanau, P. and Federici, S. (eds). Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html> [Último acceso: Mayo 2022].

Kerdan, I., Morillón, D., Raslan, R. & Ruyssevelt, P. (2015). Modeling the energy and exergy utilization of the Mexican non-domestic sector: A study by climatic regions. *Energy Policy*, Issue 77, pp. 191-206.

Masera, O. (2010). *Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990-2024. Tercer informe: estimación de los consumos nacionales de leña y carbón vegetal para el periodo 2009-2024 (incluyendo la metodología de cálculo)*, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Investigaciones en Ecosistemas.

Ordoñez, B. & Hernández, T. (2006) Obtención de factores de emisión nacionales en el sector agrícola para disminuir incertidumbre en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

SE (2022). *Data México*. [En línea] México: Secretaría de Economía. Recuperado de: <https://datamexico.org/> [Último acceso: Mayo 2022].

SEMARNAT (2014). Norma Oficial Mexicana NOM-165-SEMARNAT-2013, Que establece la lista de sustancias sujetas a reporte para el registro de emisiones y transferencia de contaminantes. *DOF*, 24 Enero. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SEMARNAT (2015). Compromisos de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el periodo 2020-2030. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf

SEMARNAT (2020). Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos 2020. [En línea]. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>

SEMARNAT (2022). *Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC)*. [En línea] México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Recuperado de: <http://sinat.semarnat.gob.mx/retc/index.html>

SEMARNAT/UPM (2020a). *A Sustainable and climate-friendly Phase out of Ozone Depleting Substances (SPODS)*. Recuperado de: [Factsheet-EU-ELDZ-SPODS-Engl.indd \(giz.de\)](https://www.giz.de/pressroom/2020/2020-05-14-semarnat-upm-sustainable-and-climate-friendly-phase-out-of-ozone-depleting-substances-spods)

SENER/GIZ (2013). *Diseño de un benchmarking energético. Sector hotelero PyME y acompañamiento en su implementación en destinos turísticos mexicanos*, Ciudad de México: Secretaría de Energía, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Agencia de la GIZ en México.

SENER (2018a). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2018-2032, México: Secretaría de Energía.

SENER (2018b). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional. Base de datos de generación para PIIRCE. [En línea]. México: Secretaría de Energía. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sener/acciones-y-programas/programa-de-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-33462> [Último acceso: Junio 2022].

SENER (2022). *SIE*. [En línea] Recuperado de: <https://sie.energia.gob.mx/>

SGM (2009). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2008*. [En línea] Recuperado de: http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2008.pdf

SGM (2013). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana 2012*. [En línea] Recuperado de: http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/O_Anuario_2012_Edicion%202013.pdf [Último acceso: Mayo 2022].

SGM (2017). *Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2016*. [En línea] Recuperado de: http://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2016_Edicion_2017.pdf [Último acceso: Mayo 2022].

SGM (2021). *Anuario Estadísticos de la Minería Mexicana 2020*. [En línea] Recuperado de: https://www.sgm.gob.mx/productos/pdf/Anuario_2020_Edicion_2021.pdf [Último acceso: Mayo 2022].

SMN (2022). Temperaturas promedio estatales. Disponible en: [Temperatura \(conagua.gob.mx\)](http://Temperatura.conagua.gob.mx)

UNEP (2011). *2010 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee*, Nairobi: The United Nations Environment Programme (UNEP).

UNEP (2019). *2018 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Options Committee*, Nairobi: The United Nations Environment Programme (UNEP).

WRI-WBCSD (2003). GHG Protocol guidance on uncertainty assessment in GHG inventories and calculating statistical parameter uncertainty. [En línea] Recuperado de: <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>



Inventario Estatal
de Emisiones de Gases y Compuestos
de Efecto Invernadero de Durango, 2010 - 2022

DR. ESTEBAN VILLEGAS VILLAREAL
GOBERNADOR CONSTITUCIONAL DEL ESTADO DE DURANGO

MTRA. CLAUDIA ERNESTINA HERNÁNDEZ ESPINO
SECRETARIA DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE



Victoria de Durango, Dgo. Junio de 2024